

Agroecosistemas

Revista para la transformación agraria sostenible

• Volumen 11 • Número 1 • Enero-Abril • 2023



*La calidad de los suelos.
Productividad de los cultivos.*





CONSEJO EDITORIAL

Director (a)

Dr. C. Annette Lourdes Padilla Gómez

Editor (a)

MSc. Amarilys Suárez Alfonso

Consejo Científico Asesor

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

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

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

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

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

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

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

DrC. Sergio Rodríguez Rodríguez, Universidad de Granma, Cuba

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

DrC. Sergio Pérez Pérez, Universidad de Granma, Cuba

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

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

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

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

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

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

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

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

Dr. C. Ricardo Hernández Pérez, Lab. de 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 Efectos del biochar y humus en el desarrollo morfológico de mazorcas de cacao en un suelo ácido Salomón Barrezueta-Unda, Yaritza Chavez Gallegos	6
02 Efecto fitoremediador de azolla sp., en aguas contaminadas artificialmente con plomo y sembradas con arroz. Leonor Margarita Rivera Intriago , Byron Gonzalo Lapo Calderón, Holger Rogelio Rivera Intriago	13
03 Condiciones de bienestar animal en una finca del Cantón Machala, el Oro. Oliverio N. Vargas González, Denis Cristhofer Riofrio Riofrio, Wunster Favián Maza Valle.	20
04 Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. Bolívar Andrés Rogel Jarrín, Salomón Barrezueta-Unda, Rigoberto Miguel García Batista	29
05 Reciclaje de nutrientes que aportan al suelo las plantas cosechadas de banano. María Jose Aponte Barzallo, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	38
06 Rendimiento del cultivo de pepino (cucumis sativus L.) bajo condiciones de mulch plástico, Ecuador. Julissa Brigitte Erreyes-Jara, Jonathan Montoya-Alejandro, Ángel Eduardo Luna-Romero	44
07 Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (theobroma cacao L.) variedad nacional en etapa de vivero. Alberto Javier Echeverría Salazar, Julio Edwin Vega Armijos, Angel Eduardo Luna-Romero	52
08 Guía preventiva de la inocuidad en empresas destinadas a la producción de alimentos. Yurima Díaz Dorticós, Maritza Sánchez Arce	59
09 Sintropía: efectos en el comportamiento fitosanitario del cultivo de banano (musa x paradisiaca L.). Segundo Samuel Lalvay Lavay, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	67
10 Efectos en el comportamiento agronómico del banano bajo policultivo. Héctor Leonardo Escobar Pizarro, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	76
11 Efecto de la fertilización inyectada y diferentes dosis de enraizantes en el cultivo de banano. Hugo Nicolás Guamán Holguín, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	84
12 Evaluación en dos fases fenológicas del banano Gros Michel bajo dos sistemas de fertilización edáfica. Yelixa Leonela Condoy Campuzano, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	91
13 Evaluación de dos variedades de pitahaya bajo manejo integrado usando biocarbón y microorganismos eficientes. Joffre Alcívar León Toro, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	100
14 Las plantas como sustitutos naturales para el tratamiento de afecciones comunes en los seres humanos. Orlando Gualberto Rodríguez del Rey Piña, Annette Lourdes Padilla Gómez, Caridad Josefa Rivero Casanova, Orestes Raúl Zulueta Torres	107

15	Acompañamiento del Centro Universitario Municipal Abreus al proyecto de innovación agropecuaria local durante 2019-2021. María Rosa Núñez González, Erislandy José Becerra Fonseca.	117
16	Efecto de micro túneles y estufas en el comportamiento agronómico de dos cultivares de papa. Laura Yadira Bermeo Gualan, Katty Marisol Macas Nagua, José Nicasio Quevedo Guerrero.	124
17	Evaluación de la adaptación y producción de cultivares de fresa con efecto microtúnel en el cantón Chilla. Evelyn Gianella Riofrio Vega, Kerly Janella Pacheco Bermeo, Irán Rodríguez Delgado	132
18	Saccharomyces y Limosilactobacillus: Efectos en la calidad sensorial del licor de Cacao Clonal ccn-51. Bexsy Nathaly Tinimpaguay Cajamarca, José Nicasio Quevedo Guerrero, Edison Fabricio Vera Cruz.	138
19	Incidencia del intervalo de riego en sistema subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en banano. Heiner Fabian Aguilar Macas, Julio Chabla Carrillo, Edison Cueva Rivera.	145
20	Incremento del rendimiento a través de nuevos cultivares en la Empresa Azucarera 5 de Septiembre. Orelvis Naranjo Rangel, Héctor García Pérez, Reinaldo Requeiro Almeida.	151
21	Efecto de la aplicación de GNRH a diferentes días post inseminación en vacas Holstein mestizas Carlos Alberto Bustos-Marcial, Lourdes Anita Ulloa Ulloa.	156
22	Respuesta agronómica del cultivo de la guayaba (Psidium guajava, L) a la aplicación del Quitomax®. Luis Gustavo González Gómez, María Caridad Jiménez Arteaga, Exequiel Olivet Acosta.	163
23	Respuesta agronómica del cultivo de la caña de azúcar (Sacharum officinarum, L) bajo el efecto de Quitomax® María Caridad Jiménez Arteaga, Pilar Vázquez Esquinaci, Ian Carlos Rodríguez Licea.	172
	Normas de publicación	180

EDITORIAL

Dra. C Annette Padilla Gómez¹

E-mail: alpadilla@ucf.edu.cu

¹Universidad de Cienfuegos

El suelo es fundamental para el éxito de la agricultura. En él están las plantas y se obtienen sus nutrientes, que, proveerán a humanos y animales de alimentos. Por ello, cuanto más saludable sea, mejor para todos.

Existen distintos tipos de suelos y sus características no siempre son propicias para producir los nutrientes necesarios para el crecimiento saludable de las cosechas. El color, la textura, las propiedades químicas y el tamaño de las partículas que los componen son algunas de las fundamentales. La combinación de estos factores representará su nivel de fertilidad. Por lo tanto, la efectividad de la actividad agrícola se basa en el conocimiento de los suelos y en la solución de los problemas relacionados con sus características naturales.

El agricultor debe ser consciente que las labores de volteo del terreno generan problemas en su estructura. También deben tenerse en cuenta otros aspectos: el aporte externo de materia orgánica, la correcta rotación de la tierra para el favorecimiento de los cultivos, la fertilización adecuada, las necesidades del cultivo existentes y las medidas de agricultura ecológica son algunos de ellos.

Optimizar la fertilización, especialmente nitrogenada, teniendo en cuenta estos aspectos es un reto para la sostenibilidad de los sistemas. Un exceso de nitrógeno supone un riesgo ambiental, pues el exceso de este podría alojarse en el agua o la atmósfera y dañarla. Además, el precio de la fertilización es una parte importante del valor total de producción. Por todo ello, es primordial el análisis de suelos.

A parte de las medidas relacionadas con la disminución del laboreo, el agricultor puede incrementar los *inputs* (**son los factores o recursos que se requieren para realizar esa producción.**) de materia orgánica, bien a través del aporte de residuos o materiales orgánicos de origen externo o bien a través de un aumento del retorno al suelo de residuos de cosecha. Hay que considerar que el efecto de estas prácticas depende del clima.

Las publicaciones sobre los beneficios de la producción ecológica de cultivos herbáceos en zonas áridas o semiáridas pretenden alcanzar una producción sostenible. Determinados insumos se han sustituido por los propios residuos, las técnicas de rotación y la recuperación integral del equilibrio del agrosistema, mediante la reintroducción de cultivos mejorantes del suelo, como las leguminosas.

El volumen 11 número 1, que presenta la Revista Agroecosistemas, ofrece propuestas científicas en función del mejoramiento de la calidad de los suelos, con el objetivo de incrementar su productividad. Todo ello ahondará en el incremento de las producciones agrícolas, aspecto que el gobierno declara trascendente en la sociedad.

Así, proponemos la lectura de artículos como: *Efectos del biochar y humus en el desarrollo morfológico de mazorcas de cacao en un suelo ácido; Rendimiento del cultivo de pepino (cucumis sativus L.) bajo condiciones de mulch plástico, Ecuador; Guía preventiva de la inocuidad en empresas destinadas a la producción de alimentos; Evaluación en ambas fases fenológicas del banano Gros Michel bajo dos sistemas de fertilización edáfica*, entre otros que abordan el tema desde perspectivas diferentes, pero siempre en función de las calidad y la productividad de los suelos.

GRACIAS

01

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

EFFECTS OF BIOCHAR AND HUMUS ON THE MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT OF COCOA PODS UNDER ACID SOIL

EFFECTOS DEL BIOCHAR Y HUMUS EN EL DESARROLLO MORFOLÓGICO DE MAZORCAS DE CACAO EN UN SUELO ÁCIDO

Salomón Barrezueta-Unda

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

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

Yaritza Chavez Gallegos

E-mail: yinchavez_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8256-8350>

Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Barrezueta-Unda, S., Chavez Gallegos, Y. (2023). Effects of biochar and humus on the morphological development of cocoa pods under acid soil. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 6-12. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

ABSTRACT

The cocoa soils with acid pH can be recovered by organic amendments, but it is necessary to know the effect of these fertilizers on the fruits in different proportions. In this aspect, the aim of the research was: to measure the effect of an organic amendment composed of biochar, worm humus and Biol in an acid soil cultivated with CCN51 cocoa. Five treatments were formed with doses of: 25 g of biochar + 50 g of humus+biol (T1); 10 g of biochar + 100 g of humus+biol (T2); 50 g of biochar+biol; 100 g of humus+biol (T0). Records were at 15 days (R1), 30 days (R2) and 90 days (R3) after the last application. Significant differences ($p \leq 0.05$) were obtained in R1 and R3 in the number of floral bearings (CF) and healthy harvested ears (MS). The treatments with the highest CF values were T0 in R1 and T2 in R2. The ANOVA did not indicate significant differences ($p \leq 0.05$) for the values of ear diameter and length, but did indicate significant differences in the weight of 100 dry cocoa seeds, with the highest average in T2 (895.2 g) and T3 (783.7 g).

Keywords:

Organic amendment, earthworm humus, acid soils, cocoa pods.

RESUMEN

Una forma de recuperar suelos cacaoteros con pH ácido es mediante enmiendas orgánicas, pero es necesario conocer su efecto de estos abonos sobre los frutos en diferentes proporciones. En este aspecto, el objetivo de la investigación fue: medir el efecto de una enmienda orgánica conformada por biochar, humus de lombriz y Biol en un suelo ácido cultivado con cacao CCN51. Se conformó cinco tratamientos con dosis de: 25 g de biochar + 50 g de humus+biol (T1); 10 gr de biochar + 100 g de humus+biol (T2); 50 g de biochar+biol; 100 g de humus+biol (T0). Los registros fueron a los 15 días (R1), 30 días (R2) y 90 días (R3) de la última aplicación. Se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en R1 y R3 en el número de cojinetes florales (CF) y de mazorcas sanas cosechadas (MS). Los tratamientos con los valores más altos de CF fueron el T0 en R1 y T2 en R2. El ANOVA, no indicó diferencias significativas ($p \leq 0,05$), para los valores de diámetro y largo de mazorca, pero sí en el peso de 100 semillas secas de cacao, con el mayor promedio en T2 (895,2 g) y T3 (783,7 g).

Palabras clave:

Enmienda orgánica, humus de lombriz, suelos ácidos, mazorca de cacao.

INTRODUCTION

In the exploitation of *Theobroma cacao* L., those that stand out for their organoleptic properties are perceived and identified as having fine aroma and flavor in international markets (Barrezueta Unda & Paz González, 2018). Ecuador occupies the first place in the world in the production of cocoa with fine aroma and flavor, however, cocoas of low organoleptic quality, but with high productivity such as the CCN51 clone (Castro Naranjal tree 51 Collection) are also cultivated in the country. Between 2011 and 2019, cocoa production in Ecuador had an annual growth of over 6% per year, but this positive growth is limited by the soil resource (Sanchez-Mora et al., 2014).

One of the problems of cocoa farming in Ecuador is the indiscriminate use of chemical fertilizers and pesticides for pest control, which has caused soil degradation (Barrezueta Unda & Paz González, 2018). In this context, there are several effects of soil degradation due to excess fertilizers, such as soil acidification (Meyer et al., 2018). This change in pH causes low nutrient availability and, consequently, affects plant productivity (Pinzon-Núñez et al., 2022). Other effects include the reduction of soil macro and microbiota, compaction of the first 15 cm of soil, and other negative factors (Meyer et al., 2018).

Soils can become unhealthy and need to be recovered. Scientists are using organic matter, like biochar, to help improve the health of soils. Biochar is made by burning biomass in an air-tight container at a high temperature for a few hours. The burning process makes gas, oil and a solid residue that helps soils (Ferry et al., 2022). Biochar is a type of charcoal that people can use to help make soils better. It comes from burning plants in a special way, using a lot of heat for a few hours. It can help make the soil healthier, by increasing the nutrients and helping fight against diseases (Barrezueta-Unda., 2022).

Biochar is made by burning biomass in a special way. The burning takes place at a specific temperature and time and produces gas, oil, and a solid material called biochar. The amount of each material depends on the type of biomass and how long it is burned (Milian-Luperón, 2020). Otherwise, mixing biochar with worm humus or cow manure helps make the soil better for plants. It helps plants grow better and this is especially helpful for small farmers (Agegnehu et al., 2016). Biochar and humus with manure increases the water holding capacity of soil and improves soil fertility, nutrient content and cation exchange capacity. It also improves soil aeration and helps to reduce soil compaction (Ferry et al., 2022). Biochar can also reduce the leaching of nutrients from the soil, helping to maintain soil fertility. Finally, biochar can also help reduce soil acidity, which can be beneficial for certain types of plants. Therefore, the aim of this research was to measure the effect of an organic amendment composed of biochar, worm humus, and Biol in an acidic soil planted with CCN51 cocoa in the province of El Oro.

Methodology

Study area

The present work was carried out with a cocoa cultivar CCN51, located in the canton El Guabo, province of El Oro, in the geographical location: latitude 3°12'22.8" S and longitude 79°44'12.4" W, at 15 m above sea level. The climate in the area is humid tropical, with an average temperature of 24°C and an annual rainfall of 1750 mm. The soils in the area are of alluvial formation and are categorized in the Entisol order. The predominant texture is sandy loam to loam in the top 15 cm. On the farm where the trial was conducted, pH values fluctuated between 5,1 and 5,5 (highly acidic and acidic, respectively).

Organic manures

Biochar was obtained in a double-bottom furnace (inner and outer tank), a process that was carried out in a cleared area, following the instructions of Gaona-Chanalata et al., (2022). The biomass used for incineration was dried cocoa shells, which were introduced into the inner tank, being the heat source pieces of firewood, which were placed at the base of the outer tank. The temperature for this process was one hour at 300 °C. It was then allowed to cool for several hours to extract the product, which was then crushed and sieved with a 2 mm mesh.

Earthworm humus was bought from a retailer and the product was recorded at a pH of 7,9 and 75 % humidity, which was dried at room temperature for several days. The 10 kg of humus was then sprayed with 1 liter of biol obtained from alfalfa, moringa, whey and manure, which was fermented for 30 days. The humus sprayed with the biol was left covered with black plastic for 21 days.

Experiment design

The experimental consisting of 4 plots (treatments) of 50 x 50 m, where 15 cocoa plants were identified as the study units for data collection. In each plot, different amounts of cocoa biochar (BCC), earthworm humus and biol were applied to all plants, doses that are detailed in Table 1.

Table 1. Treatments and doses applied

Treatments	Doses/plants
T1	25 g cocoa biochar + 50 g Earthworm humus +biol
T2	10 g cocoa biochar + 100 g Earthworm humus + biol
T3	50 g cocoa biochar
T0	100 g de Earthworm humus +biol

Source: created by the authors

In addition to the organic fertilizers applied in each treatment, 50 g of lime and 150 g of triple superphosphate per plant were added to the soil one month before the trial.

Application of treatments

Two applications were made (June 12, 2021 and July 10, 2021) every 20 cm around the cocoa plant. Data recording was carried out 15 days after the first application and three months after the last application.

Variables measured in treatments

In the research, the variables were taken from the 15 selected plants and the measurement process was carried out as follows:

Number of floral: The inflorescences in cocoa trees are cauline and cymose, formed by pentamerous flowers with floral peduncle between 1 to 3 cm, therefore, the floral bearings (CF) located on the branches and stem at a height greater than 1.30 m were recorded in all plants for each treatment.

Number of cocoa pod: The total count of cocoa pods greater than 10 cm in length and that did not show signs of disease was made in all plants for each treatment.

Weight, diameter, length of the cocoa pod: 5 cocoa pods were chosen from each treatment at the end of the trial to measure weight (g), diameter (cm) and length (cm), using a scale and a tape measure.

Number of seeds per cocoa pod: The cocoa pod selected to measure the morphological variables were those that were later used to count the seeds.

Fresh and dry seed weight: From the pods selected for each treatment, groups of 100 seeds were made, fermented and dried for several days, and then weighed.

Statistical analysis

All data were entered into the Excel program. The variables were treated with the mean and standard deviation. An analysis of variance (ANOVA) with a significance level of 5% was used to establish differences between treatments. Tukey's test ($P < 0.05$) was also performed on the variables that showed differences between means. All data were analyzed with SPSS version 23 (SPSS, 2013).

RESULTS AND DISCUSIÓN

Effect of biochar on soil

Figure 1, shows how the pH of the soil changed when different treatments were put on it. The plot with the lowest pH corresponded to treatment two (10 g of BC+ 100 g of humus+biol) with a pH value of 5,04 (acid soil), which increased to pH 6,95 (neutral soil). The doses of 25 g of BC+ 50 g of humus+biol and 50 g of BC, corresponding to treatments T1 and T3, had an initial record of pH 5,65 (acid soil), then increased to pH 7,05 and 7,26, values that are categorized as slightly alkaline, respectively (Gaona-Chanala et al., 2022). These values indicate a change in the optimum soil reaction for the availability of nutrients such as N, P, K, Ca, but makes B, Zn and Fe less available (Quintana-Fuentes et al., 2015; Ramírez-Huila et al., 2016). This increase in soil pH increases biological activity

and improves the long-term physical property of moisture retention and lower bulk density of soil (Barrezueta Unda & Paz González, 2018). On the other hand, Meyer et al., (2018), recommends the application of fertilizers with biochar in acid soils, because of the potential to improve the availability and absorption of nutrients in the root zone.

Treatment two made the soil more acidic, while treatments one and three made the soil slightly more alkaline. This change helps the soil hold more moisture and makes it easier for plants to get the nutrients they need. Adding biochar to acid soils also helps plants get the nutrients they need.

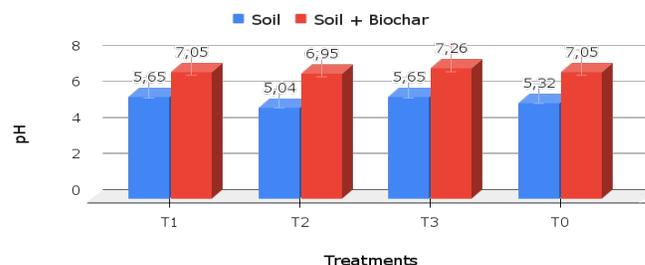


Figure 1. Average pH measured in the soils by treatment before and after applying the treatments

Source: created by the authors

Analysis of flower and healthy pods

The analysis of variance of CF (Table 2) showed significant differences ($p \leq 0,05$) in the first record (R1) and the third record (R3). CF values per treatment varied in the three logs. In R1, the highest averages were recorded in T0 (18 CF), followed by T2 (15 CF), T3 (9 CF) and T4 (4 CF). But in R2, values decreased in all treatments (T2=10 CF; T0=10 CF; T3= 8 CF; T1= 3 CF). While in R3, the values increased significantly only in T2 (16 CF), in T0 the CF value continued to decrease with respect to the other records. The difference in CF in R1 could have been associated with factors of low temperatures and high humidity in the area (Vera-Chang et al., 2016). Scientists studied cocoa trees in Ecuador and found that the number of flowers on the trees changed during different seasons and with different treatments. They noticed that the number of flowers changed a lot in the spring and that the pollinating insects also affected the number of flowers.

Although the number of CF is a factor related to the productivity of cocoa trees, but having a high fecundity of flowers is also dependent on the population of pollinating insects in the plots (Vásquez et al., 2020). On the other hand, the period in which the three observations were recorded corresponds to the spring season, a period of low flowering in the Ecuadorian coast (García et al., 2014).

Data related to the number of CF in cocoa fertilized with biochar were not found, but the greater increase in T2 can be explained by the neutral pH of this soil, where nutrients such as B and Zn, which affect the flowering of cocoa, would be available, while in slightly alkaline soils their availability to plants is limited (Barrezueta Unda & Paz González, 2018). Lim et al., (2015), analyzed the elemental composition of cocoa biochar and found high levels of

N, P, K, Ca, Mg, but low levels of B and Zn, elements that in the doses of T1, T3 and T0 can be absent, but available in the soil in a pH range between 5,5 to 6,5.

Table 2. Analysis of variance of floral bearings (FC) by record and treatments

	Treatments	Mean (DS)	Máximum	F	Si. 0,05
R1	T1	4 (5,6)	18	3,50	0,02
	T2	15 (17,8)	72		
	T3	9 (7,4)	29		
	T0	18 (14,9)	50		
R2	T1	3 (1,8)	6	2,06	0,12
	T2	10 (10,1)	35		
	T3	8 (7,9)	30		
	T0	10 (12,6)	48		
R3	T1	5 (6,2)	25	5,17	0,01
	T2	16 (10,5)	35		
	T3	8 (6,3)	19		
	T0	9 (7,1)	25		

R1= record 1; R2= record 2; R3= record 3.

SD= standard deviation

Source: created by the authors

The number of healthy pods presented in Table 3 shows significant differences ($p \leq 0,05$) among treatments in R3. The values of healthy ears in R1 ranged from 3 to 7 between T1 and T0, respectively. In R2, averages decreased from 2 to 4 DM, between T1 and T2, respectively; while maximum values ranged from 6 to 8 DM. In R3, the highest value was 2 DM recorded at T2. The averages are low compared to other studies and is related to the harvest season, which reaches its highest yield between February-April in the cocoa-growing areas of Ecuador (Quintana-Fuentes et al., 2015; Sánchez-Mora et al., 2014).

Table 3. Analysis of variance of healthy cocoa pods by treatments

	Treatments	Mean (DS)	Máximum	F	Sig. 0,05
R1	T1	3 (2,9)	10	2,40	0,78
	T2	5 (3,1)	10		
	T3	6 (5,9)	23		
	T0	7 (5,9)	21		
R2	T1	2 (1,7)	6	2,61	0,60
	T2	4 (2,5)	8		
	T3	2 (2,2)	7		
	T0	3 (1,9)	8		
R3	T1	1 (0,6)	2	6,93	0,00
	T2	2 (1,36)	4		
	T3	1 (1,2)	4		
	T0	1 (0,6)	2		

R1= record 1; R2= record 2; R3= record 3

SD= standard deviation

Source: created by the authors

Figure 2A, the CF values (R1) from lowest to highest were: 61 (T1), 64 (T3), 217 (T2), and 266 (T0). In R3, a decrease in CF was observed in the control treatment (142 CF), but increased from lowest to highest in the following order: 92 (T1), 121 (T3), and 232 (T2). T2 values were close to the average obtained by Pérez Garcia & Freile Almeida (2017), for CCN51 clones and superior to the results for flowers without directed pollination (Vera-Chang et al., 2016). On the other hand, Figure 2B shows the decrease in the number of pods counted between R1 and R3. The highest peak in R1 was 166 DM corresponding to T0, followed by 114 DM (T3), 90 DM (T2) and 49 DM (T1). In R3, the treatments with the greatest difference with respect to the first record were: T0 (17 DM) and T3 (22 DM), while the lowest value was 6 DM corresponding to T1. The fluctuation between the number of CF and DM is not related, but it is observed that the effect of biochar has a positive incidence in T2, unlike T0 where the values decrease in greater proportion. Barrezueta et al, (2022) express that amendments with biochar in combination with other fertilizers increase the number of pods due to the improvement in the availability of nutrients in the soil.

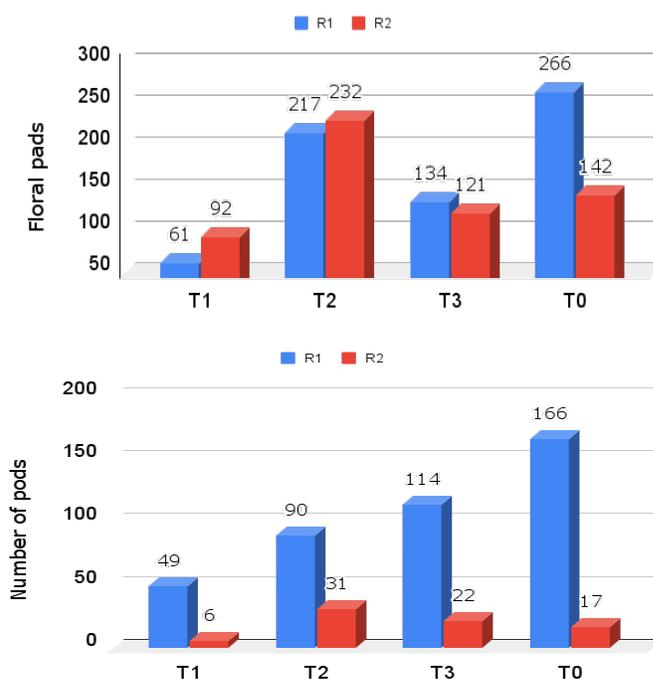


Figure 2. Comparison between record of the total sum of values per treatment of: A) mean number of flower cores per treatment between R1 and R2; B) means of number of healthy ears per treatment between R1 and R3

Source: created by the authors

Analysis of cocoa pod morphological variables

On the other hand, from the ANOVA of the number of seeds per cob, significant differences ($p \leq 0,05$) were obtained in the number of seeds and seed weight between T2 and the rest of the treatments (Table 3). The range of the number of seeds counted was from 17 (T3) to 56 (T0 and T2) and the averages from lowest to highest were: 38,8 (T3), 40,4 (T1), 45,1 (T4) and 46,9 (T2). The values are in the

estimated range of (Estivarez Copa & Maldonado Fuentes, 2019) in several national cocoa hybrids (24 to 44 seeds per cob). The values of the dry weight of 100 dry cocoa seeds ranged from 271 (T3) to 1298 (T2) and the highest average was 895,2 g (T2), followed by 783,7 g (T3), 771,2 g (T0) and 633,8 g (T1). These values are higher than those obtained by (Pérez García & Freile Almeida, 2017) in Nacional and CCN51 cocoa clones, but lower than those recorded by (Barrezueta., 2022).

Meyer et al., (2018), explains that soils with low pH and rich in Fe and Al oxides, the macronutrient P is often limiting in the soil due to its immobilization by these metals. In this case, biochar can improve P availability due to its negative polarity induced adsorption mechanism that allows a better cation exchange (Meyer et al., 2018). As P is available, the plant absorbs it for different physiological processes such as fruit formation (Quintana-Fuentes et al., 2015; Ramírez-Huila et al., 2016).

Table 3. Descriptive statistics and Tukey's test (sig. 0.05) of the morphological variables of the cocoa pod: diameter, length, number of beans and weight of beans

Variables	Treatments	Mínimum	Mean (standard Deviation)	Máximum
Diameter (cm) of pod	T1	23	28,5 (2,9) a	34
	T2	25	30,9 (2,5) a	35
	T3	20	28,7 (3,4) a	33
	T0	25	30,4 (2,6) a	35
Length (cm) of cob	T1	19	22,2 (1,7) a	25
	T2	20	25,0 (3,1) a	33
	T3	18	24,1 (2,8) a	29
	T0	17	23,6 (5,9) a	43
Number of beans	T1	29	40,4 (7,3) ab	51
	T2	37	46,9 (6,5) a	56
	T3	17	38,8 (8,8) b	52
	T0	29	45,1 (7,9) ab	56
weight (g) of beans	T1	400	633,8 (175,4) b	1079
	T2	600	895,2 (174,0) a	1298
	T3	271	783,7 (206,4) ab	1071
	T0	448	771,2 (200,8) ab	1098

Source: created by the authors

CONCLUSIONS

Researchers did a study to see how adding biochar to soil would affect cocoa plants. They found that the soil changed from acid to neutral, which helped the plants grow better and produce more flowers. They also found that the plants produced the same size fruit and the same amount of seeds as plants grown in different soil. They want to do more testing to see if adding biochar to other types of soil helps plants grow better. Likewise, the number of healthy pods was related to the harvest season.

REFERENCES

- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2016). Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *The Science of the Total Environment*, 543(Pt A), 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Barrezueta Unda, S., & Paz González, A. (2018). Indicators of sustainability social and economic: Case cocoa farmers of El Oro, Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 11(27), 20–29.
- Barrezueta Unda, S., Rizzo Muñoz, J., & Añazco Loaiza, H. (2022). Efecto del uso de abono orgánico con bio-carbón sobre las características morfológicas de mazorca de *Theobroma cacao* cv CCN51. *Revista Ciencia y Agricultura*, 19(2). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n2.2022.14265>
- Estivarez Copa, M. E., & Maldonado Fuentes, C. (2019). Criterios de selección para cacao nacional boliviano (*Theobroma cacao* L.), en Alto Beni-Bolivia. *Revista de Investigación E Innovación Agropecuaria Y de Recursos Naturales*, 6(2).
- Ferry, Y., Herman, M., Tarigan, E. B., & Pranowo, D. (2022). Improvements of soil quality and cocoa productivity with agricultural waste biochar. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 974(1), 012045.
- Gaona-Chanalata, J., Barrezueta-Unda, S., & Castillo-Paredes, D. (2022). Construction and testing of a pyrolysis reactor for the production of biochar. *Conference Proceedings*, 6(2).
- García, Y. P. B., Morales, A. A., Andrade, P. A. L., & Hernández, F. M. (2014). Metodología adaptada para la formación de híbridos F1 de cacao (*Theobroma cacao* L.) en Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 765–777.
- Lim, S. L., Wu, T. Y., Lim, P. N., & Shak, K. P. Y. (2015). The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(6), 1143–1156.
- Meyer, R. S., Cullen, B. R., Whetton, P. H., Robertson, F. A., & Eckard, R. J. (2018). Potential impacts of climate change on soil organic carbon and productivity in pastures of south eastern Australia. *Agricultural Systems*, 167(August), 34–46. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8040328>.
- Milian-Luperón. (2020). Obtaining bioproducts by slow pyrolysis of coffee and cocoa husks as suitable candidates for being used as soil amendment and source of energy. *Colombian Journal of Anesthesiology*. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v49n2.83231>

- Pérez García, G. A., & Freile Almeida, J. A. (2017). Adaptabilidad de clones promisorios de cacao nacional (*Theobroma cacao* L.), en el cantón Arosemena Tola de Ecuador. *Centro Agrícola*, 44(2), 44–51.
- Pinzon-Nuñez, D. A., Adarme-Durán, C. A., Vargas-Fiallo, L. Y., Rodríguez-Lopez, N., & Rios-Reyes, C. A. (2022). Biochar as a waste management strategy for cadmium contaminated cocoa pod husk residues. *Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.*, 11(1), 101–115.
- Quintana-Fuentes, L., Gómez-Castelblanco, S., García-Jerez, A., & Martínez-Guerrero, N. (2015). Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña santandereana, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 253–266.
- Ramírez-Huila, G., Torres-Navarrete, E., Cruz-Rosero, N., Barrera-Álvarez, A., Alava-Ormaza, S., & Jiménez-Águilar, M. (2016). Biomasa de hojas caídas y otros indicadores en asociaciones de especies forestales con cacao “CCN51” en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 9(2), 4–6.
- Sánchez-Mora, F., Medina-Jara, M., Díaz-Coronel, G., Ramos-Remache, R., Vera-Chang, J., Vásquez-Morán, V., Troya-Mera, F., Garcés-Fiallos, F., & Onofre-Nodari, R. (2015). Potencial sanitario y productivo de 12 clones de cacao en Ecuador. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 38(3), 265–274.
- Sánchez-Mora, F., Zambrano-Montufar, J., Vera-Chang, J., Ramos-Remache, R., Garcés-Fiallos, F., & Váscquez-Montúfar, G. (2014). Productividad de clones de cacao tipo nacional en una zona del bosque húmedo tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 7(1), 33–41.
- Vásquez, V. A., Cruzatty, L. C. G., Castro Olaya, J., & Martínez, M. (2020). Insectos polinizadores en sistemas de producción de *Theobroma cacao* L. en la zona central del litoral ecuatoriano. *Ciencia y Tecnología*, 13(2), 23–30. <https://doi.org/10.18779/cyt.v13i2.389>
- Vera-Chang, J., Cabrera-Verdezoto, R., Morán-Morán, J., Neira-Rengifo, K., Haz-Burgos, R., Vera-Barahona, J., Molina-Triviño, H., Moncayo-Carreño, O., Díaz-Ocampo, E., & Cabrera-Verdesoto, C. (2016). Evaluación de tres métodos de polinización artificial en clones de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. *Idesia*, 34. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016005000033>
- Andrews, S. S., Karlen, D. L., & Mitchell, J. P. (2002). A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 90(1), 25–45. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00174-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00174-8)
- Barbieri, R., Barrezueta-Unda, S., Chabla, J., Paz-González, A., & Montanari, R. (2020). Distribuição espacial de atributos do solo na região de El Oro, Ecuador. *Colloquium Agrariae*, 6(4), 46–60. <https://doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n4.a382>
- Barrera León, J., Barrezueta Unda, S., & Miguel García Batista, R. M. (2020). Evaluación de los índices de calidad del suelo de diversos cultivos en diferentes condiciones topográficas. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(1), 182–190.
- Barrezueta-Unda, S. (2019). Properties of several soils cultivated with cocoa in the province of El Oro, Ecuador. *CienciaUAT*, 14(1), 155–166. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v14i1.1210>
- Barrezueta-Unda, S., Paz-González, A., & Chabla-Carrillo, J. (2017). Determination of indicators for quality of soils cultivated with cocoa in the province El Oro-Ecuador. *Revista Cumbres*, 3(1), 17–24.
- Barrezueta-Unda, S., Velepucha-Cuenca, K., Hurtado-Flores, L., & Jaramillo-Aguilar, E. (2019). Soil properties and storage of organic carbon in the land use pasture and forest. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 36(2), 31–45. <https://doi.org/10.22267/rcia.193602.116>
- Bünemann, Bongiorno, Bai, & Creamer. (2018). Soil quality—A critical review. *Soil Biology & Biochemistry*. 120. p 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Cairo Cairo, & Machado Armas. (2017). Efecto de abonos órgano-minerales sobre la calidad del suelo, impacto en el rendimiento de la caña de azúcar. *Centro Azúcar*. 44(4), 12-20.
- Cantún, M. P., Becker, A. R., Bedano, J. C., Schiavo, H. F., & Parra, B. J. (2009). Evaluación del impacto del cambio de uso y manejo de la tierra mediante indicadores de calidad de suelo, Córdoba, Argentina. *Cadernos Do Laboratorio Xeoloxico de Laxe*, 34, 203–214.
- Castillo-Valdez, X., Etchevers, J., Hidalgo-Moreno, C., & Aguirre-Gómez, A. (2021). Evaluación de la calidad de suelo: generación e interpretación de indicadores. *Terra Latinoamericana*, 39, 1–12. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.698>
- Delgado, E., Rosales, F., Trejos, J., Villalobos, M., & Poca-sangre, L. (2010). Índice de calidad y salud de suelos para plantaciones bananeras en cuatro países de América latina y el Caribe. *Bioagro*, 22(1), 53–60.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, I., Sánchez, A., & Mendoza, B. (2021). Evaluación del nivel de degradación del suelo en dos sistemas productivos en la depresión de Quíbor. *Bioagro*, 33(1), 59–66.

- González-García, H., González-Pedraza, A., Rodríguez-Yzquierdo, G., León-Pacheco, R., Betancourt-Vásquez, & M. (2021). Vigor en plantas de plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) y su relación con características físicas, químicas y biológicas del suelo. *Agronomía Costarricense*, 45(2), 115–142.
- Moreno, J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Haro, R., & Zambrano, J. (2016). Soil from the Coastal Plane. In J. Espinosa, J. Moreno, & G. Bernal (Eds.), *The Soils of Ecuador* (pp. 1–195). Springer International Publishing. [https:// 10.1007/978-3-319-25319-0_2](https://10.1007/978-3-319-25319-0_2)
- Rajput, A., Memon, M., Memon, K. S., Sial, T. A., & Laghari, H. B. (2022). Integrated nutrient management in banana: comparative role of FYM and composted pressmud for the improvement of soil properties. *Pakistan Journal of Botany*, 54(1). [https://doi.org/10.30848/pjb2022-1\(34\)](https://doi.org/10.30848/pjb2022-1(34))
- Reyes, E., Fandiño, S., & Gómez, L. (2018). Índices de calidad del suelo. Una revisión sistemática. *Ecos*, 27(3), 130–139. [https:// 10.7818/ECOS.1598](https://10.7818/ECOS.1598)
- Segura, R. A., Stoorvogel, J. J., & Sandoval, J. A. (2022). The effect of soil properties on the relation between soil management and Fusarium wilt expression in Gros Michel bananas. *Plant and Soil*, 471(1), 89–100.
- Vasu, D., Singh, S. K., Ray, S. K., Duraisami, V. P., Tiwary, P., Chandran, P., Nimkar, A. M., & Anantwar, S. G. (2016). Soil quality index (SQI) as a tool to evaluate crop productivity in semi-arid Deccan plateau, India. *Geoderma*, 282, 70–79. [https:// https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.010](https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.07.010)
- Villaseñor, D., Chabla, J., & Luna, E. (2015). Caracterización física y clasificación taxonómica de algunos suelos dedicados a la actividad agrícola de la provincia del El Oro. *Cumbres*, 1(2), 28–34.
- Villaseñor, D., Prado, R., Pereira da Silva, G., Carrillo, M., & Durango, W. (2020). DRIS norms and limiting nutrients in banana cultivation in the South of Ecuador. *Journal of Plant Nutrition*, 43(18), 2785–2796. <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1793183>
- Zhang, Y., Wang, L., Jiang, J., Zhang, J., Zhang, Z., & Zhang, M. (2022). Application of soil quality index to determine the effects of different vegetation types on soil quality in the Yellow River Delta wetland. *Ecological Indicators*, 141, 109116. <https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2022.109116>

02

PHYTOREMEDIATOR EFFECT OF AZOLLA SP., IN WATERS ARTIFICIALLY CONTAMINATED WITH LEAD AND SOWN WITH RICE

EFFECTO FITOREMEDIADOR DE AZOLLA SP., EN AGUAS CONTAMINADAS ARTIFICIALMENTE CON PLOMO Y SEMBRADAS CON ARROZ

Leonor Margarita Rivera Intriago¹

E-mail: lrivera@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9407-1525>

Byron Gonzalo Lapo Calderón¹

E-mail: blapo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8556-1442>

Holger Rogelio Rivera Intriago¹

E-mail: hrivera_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4112-9874>

¹Technical University of Machala

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rivera Intriago, L. M., Lapo Calderón, B. G., Rivera Intriago, H. R. (2023). Phytoremediator effect of azolla sp., in waters artificially contaminated with lead and sown with rice. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 13-19. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

ABSTRACT

The objective of this work was to demonstrate the phytoremediation effect of *Azolla* sp. in water artificially contaminated with lead and planted with rice seeds. A completely randomized 4x3 design was applied. The percentage of germination of the rice seeds, the length of the radicle and the epicotyl were determined. Chemical analyzes were performed using the inductively coupled plasma optical emission spectroscopy (ICP-OES) method. The results showed that 81.03% of the rice seeds germinated in contact with lead-contaminated water, which when combined with *Azolla* in the lead-contaminated medium only germinated 66.60%, while when they were both rice seeds like *Azolla* without the contaminant germinated 66.1%. Regarding the length of the epicotyl, it could be observed in the treatment where the rice seeds were in contact with the contaminant. Regarding the phytoremediation effect of *Azolla*, it was found that *Azolla* has the ability to capture lead, however, when rice seeds are in an aquatic environment not associated with *Azolla*, they can bioaccumulate this heavy metal.

Keywords:

Water fern, heavy metal, environmental pollution, rice seed germination.

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo demostrar el efecto fitorremediador de *Azolla* sp. en aguas contaminadas artificialmente con plomo y sembradas con semillas de arroz. Se aplicó un diseño completamente al azar 4x3. Se determinó el porcentaje de germinación de las semillas de arroz, el largo de la radícula y del epicótilo. Los análisis químicos fueron realizados por el método de espectroscopia de emisión óptica con plasma acoplado inductivamente (ICP-OES). Los resultados demostraron que el 81,03% de las semillas de arroz germinaron en contacto con el agua contaminada con plomo, que cuando estuvo combinada con la *Azolla* en el medio contaminado con plomo solo germinó el 66,60 %, mientras que cuando estuvieron tanto las semillas de arroz como de *Azolla* sin el contaminante germinó el 66,1%. En lo que se refiere al largo del epicótilo se pudo observar en el tratamiento donde las semillas de arroz estaban en contacto con el contaminante. En relación al efecto fitorremediador de *Azolla*, se comprobó que la *Azolla* tiene capacidad de captar plomo, sin embargo, cuando las semillas de arroz se encuentran en un ambiente acuático no asociadas con *Azolla*, pueden realizar una bioacumulación de este metal pesado.

Palabras clave:

Helecho acuático, metal pesado, contaminación ambiental, germinación de semillas de arroz.

INTRODUCTION

Agriculture is an activity that has been carried out worldwide since the Neolithic period, it has allowed the development of great cultures and evolved with the improvement of new technological and scientific tools, among them, the use of agrochemicals, genetic improvements, contributing to the needs diets of more than seven billion inhabitants (Leiva, 2014) and where cereals have played an important role in obtaining high productions.

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the three food grains that predominates in area and production together with wheat and corn; worldwide, it ranks second after wheat with respect to harvested area; began to be used as a crop approximately 10,000 years ago, in humid regions of tropical and subtropical Asia; it constitutes the basic food for more than half of the world's population; It contributes to the agro-industrial and economic development of several countries (Mendoza et al., 2019).

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) has established that worldwide the main producing countries of paddy rice are mainland China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Thailand, Thailand, the Philippines, Japan and Brazil. In 2020, the world annual production of paddy rice was 756.7 million tons, of which 90.5% was produced in Asia, in a cultivated area of 164.2 million ha, for an agricultural yield of 4.6 t ha⁻¹ in this same year, the cultivated area of rice in Ecuador was 315,023 ha, with a production of 1,336,502 t (FAO, 2022).

In Ecuador until 2014, 53.2 kilograms per inhabitant were consumed annually, which defines the level of importance compared to neighboring countries such as Colombia and Peru that consume 40.0 and 47.4 kilograms per inhabitant annually respectively (Gavilánez et al., 2016).

According to Zambrano et al. (2019) in Ecuador are five cantons that stand out for the area planted with rice, an activity that is carried out on land owned by them using a wide variety of seeds, standing out the SFL11 and INIAP 14 seeds. Among the cantons that stand out in rice production are in Babahoyo is in first place, followed by Baba, Montalvo, Ventanas and Vinces.

The sowing of the rice crop is carried out in the traditional way by continuous flooding during most of its growth cycle, for this reason, it is called a semi-aquatic plant. The lack of water causes a reduction in the yield potential of the crop, influencing the phenological processes, which cause physiological, physicochemical and microbiological changes in the soil-plant-water interaction (Winkel et al., 2013).

The use of water in agriculture continues to depend on the constant growth in demand for agricultural products to meet the food needs of a constantly growing population. According to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO, 2022), agriculture consumes 70% of the total water extracted, in Ecuador around 82%, and in some developing countries up to 95%.

Rice is the crop that needs the most water for irrigation compared to other crops. According to Bouman et al., (2006) irrigated rice cultivation represents between 34 and 43% of water used for irrigation, with respect to the total used in agriculture. This same author states that in the Asian countries that are the main rice producers in the world, the use of water for rice flood irrigation is around 1300 and 1500 mm (13000 and 15000 m³/ha). In Ecuador, rice cultivation uses between 800 and 1240 mm (8000 and 12400 m³/ha) of water. Due to the importance of water use in rice cultivation, it is imperative to seek strategies to improve its use and conservation.

Considering that the functions of the ecosystems depend on the Water Resource and therefore all the social and economic activities of the human being, it is important to consider that its quality affects, since poor water quality influences the degradation of the ecosystems, impact on health, agriculture, tourism, industrial production, which ultimately represents economic costs for its recovery. Heavy metals are pollutants that affect the soil, water and people's health (Rivera et al., 2021).

Heavy metals can reach groundwater and surface water through uncontrolled wastewater seepage. Rodríguez (2018), mentions that heavy metals bioaccumulate in plant tissues by capillary action, which is associated with surface tension; principle based on cohesion and that allows the entry of water through the roots and stems of the plants, to later ascend and accumulate said metals within the microphyte.

Studies carried out by Rodríguez et al., (2002) in the lower basin of the Bogotá river, mention that since this is the only source of irrigation, it has been detected that pollutants such as Mercury (Hg), Pb, Nickel (Ni), Cd, Arsenic (As) deteriorate the quality of water and contaminate both plants, animals and soils affecting the agricultural exploitation of the sector.

Lead is an element that accumulates over time, it is difficult for it to be eliminated by the body when it has been ingested. Within the human health problems caused by lead, neurological alterations, nephrotoxicity, anemia, and kidney cancer are cited. Animals can also be affected by lead through inhalation or ingestion. From the environmental point of view, lead represents a permanent problem since it can remain in the soil for thousands of years, therefore, it is necessary to decontaminate and remedy soils that are contaminated by heavy metals. (Shock, 2010).

The environment has been affected by various pollutants that come from industrial, mining, agricultural, artisanal and domestic activities, which represent a risk to human health, therefore, alternatives have been sought that can amend the impact caused, being phytoremediation, an economical and sustainable alternative; according to Jara et al. (2014) consists of using plants to remediate in situ soils, sediments, water and air contaminated by organic waste, nutrients or heavy metals, eliminating contaminants from the environment making them harmless. This

technique consists of a rhizofiltration process, through which the metals are absorbed by the roots of the plant in a hydroponic medium.

The phytoremediation technique is more effective through genetic manipulation, since it improves the remediation capacity in plants by absorbing Cd, Hg and PCBs.

Mentaberry (2010) mentions that bioremediation has several advantages, among them that the plants can be used as low-cost extractor pumps to purify contaminated soil and water; plants use solar energy, some degradation processes occur faster than using microorganisms; less secondary waste is generated and it is a technique that is accepted by the community.

For a species to be considered as a bioremediation, it must have a high population growth rate and a high capacity to extract, accumulate, transform, degrade or volatilize contaminants. Research has been conducted to identify several plant species that have phytoremediation capacity, including duckweed (*Lemna* spp.), Azolla (*Azolla* spp.), Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) (García, 2012).

The Azolla is an aquatic fern that floats freely in the water, it belongs to the Azollaceae family, it spreads easily in humid environments with warm temperatures, it develops optimally in environments with an organic substrate with a water column and without a roof.

In Ecuador, through research carried out by Montaña (2008), of the four Azolla species that have been identified, it has been possible to establish their geographical distribution: Micropylla Kaulf in the Galapagos and Guayas; Caroliniana wild in the Guayas, Filiculoides Lam in Cotopaxi in Imbabura and in the Napo; and Mexicana, Caroliniana in the Cotopaxi Province, of which Azolla Caroliana is considered native.

The Azolla is an aquatic species constitutes an adequate alternative that can contribute to the improvement of water quality, especially those that come from treated urban wastewater.

The objective of the research was to demonstrate the phytoremedial capacity of Azolla sp. in samples of water contaminated with lead and planted with rice seeds.

MATERIALS AND METHODS

The experimental tests were carried out in the Biomaterials laboratory of the Faculty of Chemical and Health Sciences, Technical University of Machala, Province of El Oro-Ecuador, located at coordinates 3.2914037 South latitude and -79.9137593 West longitude. Prior to the start of the study, 750 grams of the aquatic fern Azolla were obtained in its natural environment, at the El Palenque site, in the city of Pasaje-El Oro Province (Figure 1). The rice seeds used in the trial were obtained at the La Cuca experimental farm, Arenillas canton, El Oro Province, Ecuador.

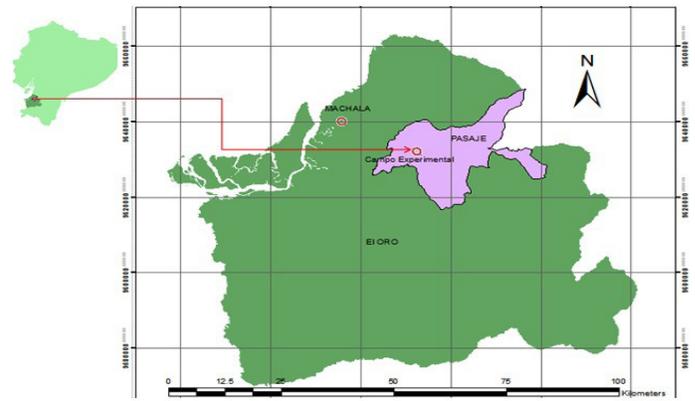


Figure 1. Georeferenced location of the area where the Azolla samples used in the experiment were collected

Experimental design

A completely randomized 4x3 balanced design was used, generating 12 experimental units (plastic trays). Each experimental unit of each treatment was randomly located at the same distance, temperature, position, with direct lighting, so that all are in the same conditions.

The experiment was carried out during 72 hours. The treatments under study are described in Table 1.

Table 1. Description of the treatments under study

Treatments	Treatment Description
T ₁	<i>Azolla</i> sp. + water with lead solution (50 ppm).
T ₂	Rice seeds + water with lead solution (50 ppm).
T ₃	<i>Azolla</i> sp. + rice seeds + lead solution (50 ppm).
T ₄	<i>Azolla</i> sp. + rice seeds + distilled water (control).

Prior to the beginning of the experiment, the water of each experimental unit was contaminated with lead, at a concentration of 50 ppm in 1 liter; and the pH was adjusted to 5 to prevent lead from precipitating.

Data collection

In rice seeds, the measurements made were seed germination (%), epicotyl length (mm) and radicle length (mm). Both variables were collected 72 hours after starting the experiment.

Analytical determinations

From the chemical point of view Azolla and seed samples were dried at 80 degrees Celsius for a period of 48 hours and then the samples were digested (Cohen-Shoel et al., 2002). The process consisted of an open acid digestion carried out on heating plates inside a fume hood, for which 300 mg of Azolla and rice seeds were weighed, which were boiled in 10 ml of 70% HNO₃ until they were

evaporated and the sediment was dissolved in 50 ml of distilled water, which was subsequently filtered and stored in 50 ml plastic tubes.

Chemical analysis

The chemical analysis of the samples was carried out by the method of optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES) in the laboratories of the National Institute of Agricultural Research (INIAP) in the city of Quevedo-Ecuador.

Statistical procedure

To determine the presence or not of statistical differences between the treatments based on the percentage of germination of rice seeds, epicotyl and radicle length; as well as the amount of Cd absorbed (phytoremediation capacity) by Azolla, the Analysis of Variance (ANOVA) test of an intergroup factor was used. To define between which

treatments there are differences or similarities, Duncan's test of ranges and multiple comparisons was applied. Compliance with the assumptions of data normality and variance homogeneity were previously statistically verified. The data processing was carried out with the statistical package SPSS version 22 for Windows, and a reliability in the estimation of 95% ($\alpha=0.05$) was used.

RESULTS AND DISCUSSION

Rice germination percentage

The ANOVA of an intergroup factor carried out shows that there are significant statistical differences between the treatments under study based on the percentage of rice germination, evidencing that the aquatic fern when associated with rice plants in lead-contaminated environments has an effect on the amount of rice seeds that germinate (Table 2).

Table 2. Result of the ANOVA of an intergroup factor for the comparison between the different Azolla-rice associations in relation to germination percentage of rice seeds

Sources of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean squares	F calculated	p-value
Treatments	433,642	2	216,821	5,276	0.048
Mistakes	246,553	6	41,092		
Total	680,196	8			

When rice was not associated with Azolla in an environment contaminated with Pb, it presented the highest percentage of seed germination (81.03%), a higher value and statistically different from the treatments where Azolla and rice were associated in contaminated environments (66.6%) and not contaminated with lead (66.03%), evidencing that the contamination with the heavy metal does not influence the hydrolysis and oxidation processes that take place inside the seed, however, the aquatic fern that is already a plant constituted can affect the decrease in the amount of rice seeds that germinate (Figure 2).

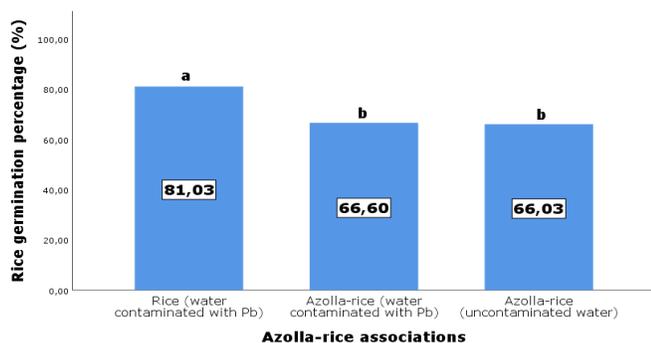


Figure 2. Effect of the Azolla-rice association on the germination of cereal seeds in lead-contaminated environments

*Different letters indicate statistical differences between Azolla-rice associations for a $p\text{-value} \leq 0.05$ (Duncan's test)

According to work carried out with the aquatic fern *Salvinia minima* to determine its phytoremediation capacity for lead, they established that its capacity is a function of the concentration of the metal (3.22 mgPb/l) and that physical factors also influence such as temperature and light, noting that high levels its phytoremediation capacity is more efficient (Vidal, 2009).

Rice radicle length

The hypothesis contrast executed with the ANOVA statistical test of an intergroup factor shows a p-value of 0.000; therefore, there are highly significant differences between the different Azolla-rice associations, evidencing that they influence the growth of the cereal radicle in lead-contaminated environments (Table 3).

Table 3. Result of the ANOVA of an intergroup factor for the comparison between the different Azolla-rice associations in relation to the length of the rice radicle

Sources of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean squares	F calculated	p-value
Treatments	39,142	2	19,571	30,807	0,000
Mistakes	66,705	105	0.635		
Total	105,848	107			

The presence of rice seeds without association with Azolla in Pb-contaminated waters presented the lowest average (0.00 cm), lower value and statistically different from the groups in which the Azolla and rice association was made in contaminated environments (1.36 cm) and not contaminated with lead (1.18 cm); and it is shown that heavy metal contamination had a marked influence on radicle growth, although when rice was associated with Azolla in an environment contaminated or not with lead, the values presented a minimal difference, evidencing the effect of the plant. of Azolla in root growth (Figure 3).

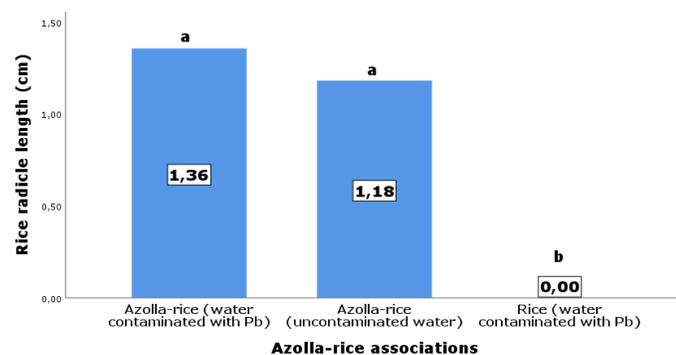


Figure 3. Effect of the Azolla-rice association on the growth of the cereal radicle in environments contaminated with Pb

*Different letters indicate statistical differences between Azolla-rice associations for a p-value \leq 0.05 (Duncan's test).

Table 4. Result of the ANOVA of an intergroup factor for the comparison between the different Azolla-rice associations in relation to the epicotyl length of rice (mm)

Sources of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean squares	F calculated	p-value
Treatments	111,154	2	55,577	18,255	0,000
Mistakes	319,663	105	3,044		
Total	430,817	107			

The length of the rice epicotyl, when the Azolla-rice association was presented in uncontaminated waters (anaerobic processes occur) with Pb, reached the lowest value of the median (0.00 mm) statistically different from the groups where it was carried out. Azolla and rice association in contaminated water (0.70 mm) and rice without association with Azolla in lead-contaminated water (2.90 mm); and it is evident that the development of the seedling (epicotyl) under waterlogged conditions in the

The root of the Azolla plant has negative charges in its cells due to the presence of carboxyl groups that interact with the positive charges of heavy metals, establishing a dynamic equilibrium, which facilitates the entry of the metal into the cell via apoplastic or symplastic (Torres et al., 2010).

Rice epicotyl length

The hypothesis contrast executed with the ANOVA statistical test of an intergroup factor shows a p-value of 0.000; therefore, there are highly significant differences between the different Azolla-rice associations, evidencing an incidence in the growth of the plant in the first stages of phenological development in an environment contaminated with lead (Table 4).

presence of the aquatic fern is affected, in the presence or not of the contaminating metal, however, in the case where the rice was established without association with Azolla, the Lead contamination did not influence, which may be associated with the fact that the epicotyl develops with reserves found in the seed embryo (Figure 3).

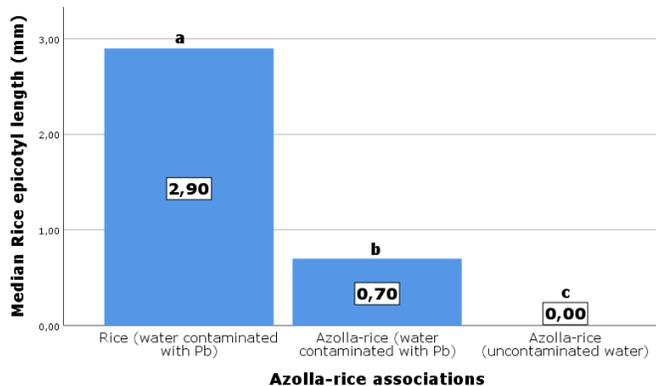


Figure 3. Effect of the Azolla-rice association on the epicotyl length of rice

*Different letters indicate statistical differences between Azolla-rice associations for a p-value ≤ 0.05 (Duncan's test)

Research carried out on beans and corn by Isaza (2022), showed that lead affected the physiological processes

Table 5. Result of the ANOVA of an intergroup factor for the comparison between the different Azolla-rice associations in relation to the lead adsorption capacity in Azolla and rice

Sources of variation	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean squares	F calculated	p-value
Treatments	13052306.23	3	4350768.74	23,026	0,000
Mistakes	1511583.43	8	188947.92		
Total	14563889.67	11			

Azolla in association with rice seeds in the presence of a lead-contaminated environment performs the highest uptake of the heavy metal (2156.5 mg/kg), statistically different from the value obtained in rice, when associated with the aquatic fern (176.04 mg/kg), although it does not differ from the treatments where Azolla (2708.9 mg/kg) and rice (2716.1 mg/kg) were present without association in environments contaminated with the heavy metal (Figure 4).

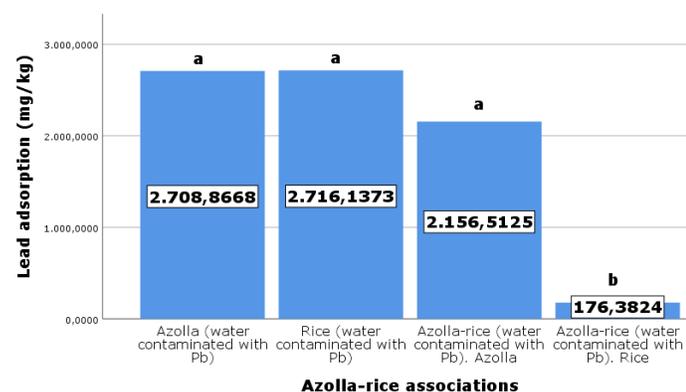


Figure 4. Effect of the Azolla-rice association on the absorbed lead content

*Different letters indicate statistical differences between Azolla-rice associations for a p-value ≤ 0.05 (Duncan's test)

of imbibition, germination and growth of these crops. Probably the effect of lead concentration in plants induces oxidative stress that occurs in roots and leaves. On the other hand, Lamhamdi (2011), mentions that the effects that can be produced in the plants, by lead, are related to the concentration of the heavy metal and type of soil, which is mainly evidenced in the germination process of the seeds.

Lead adsorption

The verification carried out using the ANOVA statistical test of an intergroup factor shows a p-value of 0.000; therefore, there are highly significant differences between the different Azolla-rice associations, demonstrating that the heavy metal present in an aquatic environment can be adsorbed in different amounts when Azolla and rice are associated or not associated (Table 5).

The Azolla aquatic fern has a hyperaccumulator capacity, that is, it can accumulate and also remove heavy metals from the water, including lead, which in high amounts affects plant growth. (Ramirez, 2017).

CONCLUSIONS

The Azolla is an aquatic fern that demonstrated phytoremediation capacity of the heavy metal lead in association with rice seeds in the germination process, evidencing; which, in an environment contaminated with 50 ppm of lead, adsorbs 92.4% of the lead present, proving to be a viable biological alternative to remedy lead-contaminated environments in rice cultivation.

BIBLIOGRAPHIC REFERENCES

- Bouman, B., Humphreys, E., Tuong, T., & Barker, R. (2006). Rice y Water. *Advances in Agronomy*, 92, 187-237.
- Choque, M. (2010). "Cuantificación de la remoción de Pb y Cd mediante la lenteja de agua *Lemna gibba* y *Azolla fuliculoides* de las aguas de la Bahía interior de Puno." [Tesis para obtener el título de Magister Science en Tecnologías de Protección Ambiental].
- Cohen-Shoel N, Barkay Z, Ilzyer D, Gilath I, Tel-Or, E. (2002) Biofiltration of toxic elements by Azolla biomass. *Water Air Soil Pollut.* 135: 93-104.

- FAO. (2022). Cultivos y productos de ganadería. Estadísticas. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL/visualize>
- García, Z. (2012). Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tesis de grado. Universidad Nacional de Ingeniería. <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
- Gavilánez, F., Martillo, J., Morán, C., Cruz, C., & Martínez, F. (2016). Influencia del zinc sobre el estrés generado por la aplicación de una mezcla herbicida en el cultivo de arroz (*Oryza sativa*). *El misionero del agro*, 10(3), 8-17.
- Isaza, G. (2022). Efecto del plomo sobre la inhibición, germinación y crecimiento de *Phaseolus vulgaris* y *Zea mays* (Vol. 13). Colombia. <https://biblat.unam.mx/es/revista/biotecnologia-vegetal/articulo/efecto-del-plomo-sobre-la-imbibicion-germinacion-y-crecimiento-de-phaseolus-vulgaris-l-y-zea-mays-l>
- Jara, E., Gómez, J., Montoya, H., Chango, M., Mariano, M., & Cano, N. (2014). Capacidad Fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista peruana de biología*. 21(2), 154-154. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v21i2.9817>
- Lamhamdi, M. B. (2011). Lead phytotoxicity on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedlings growth. *Comptes Rendus Biologies*. 334(2). 118-126. <https://doi.org/10.1016/j.crvbi.2010.12.006>
- Leiva, C. (2014). La Agricultura y la Ciencia. *Ideia (Arica)*. 32(3) <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292014000300001>
- Mendoza, H., Loor, A., & Vilema, S. (2019). El arroz y su importancia en sus emprendimientos rurales de la agroindustria como mecanismo de desarrollo local de Samborondón. *Revista Universidad y Sociedad*, 11(1), 324-330.
- Mentaberry, A. (2010). Fitorremediación. *Agrobiotecnología*. <https://docplayer.es/28074832-Fitorremediacion-agrobiotecnologia-curso-alejandra-mentaberry.html>
- Montaño, M. (2008). Converting Rice Fields into Green Fertilizer Factories. GLOBAL DEVELOPMENT AGRICULTURE FOR DEVELOPMENT. Banco Mundial. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/8023>
- Ramírez, L. (2017). Propuesta de desarrollo de un biofiltro para remoción de plomo en el agua de consumo de los pobladores del recinto Yurima-Daula. [Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21020/1/Tesis%20Lissette%20Ramirez%20Moreira.pdf>
- Rivera, L., Rodríguez, I., Castillo, S., Romero, H., & Conde, L. (2021). Eficiencia Fitorremediadora de *Azolla* sp. bajo diferentes concentraciones de plomo en agua. Informe de Proyecto de Investigación.
- Rodríguez, R., García, E., & Montenegro, O. (2002). Niveles de contaminación de mercurio, cadmio, arsénico y plomo en subsistemas de producción de la cuenca baja del río Bogotá. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 4(2), 66-71.
- Torres, D., Cumana, A., Torrealba, O., Posada, & D. (2010). Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería. *Revista Mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 175-188.
- Vidal, M. (2009). Evaluación de los mecanismos de adsorción y acumulación intracelular de plomo (Pb²⁺), en sistemas continuos de fitorremediación con *Salvinia minima*. [Tesis para obtener título de Maestra en Ciencias]. <https://drive.google.com/file/d/1sZ8cvqOCw-1ciUkuUTX9iEHsvzEO92e1J/view>
- Winkel, A., Colmer, T. D., & Ismail, A. M. (2013). "Internal aeration of paddy field rice (*Oryza sativa*) during complete submergence—importance of light and floodwater O₂. *New Phytologist*, 197(1193-1203). doi:10.1111/nph.12048.
- Zambrano, C., Arias, M., & Carreño, W. (2019). Factores que inciden en la productividad del cultivo de arroz en la Provincia de Los Ríos. *Universidad y Sociedad*, 11(5). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000500270

03

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

CONDICIONES DE BIENESTAR ANIMAL EN UNA FINCA DEL CANTON MACHALA, EL ORO

ANIMAL WELFARE CONDITIONS ON A FARM IN CANTON MACHALA, EL ORO

Oliverio N. Vargas González
Email: ovargas@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0820-6340>
Denis Cristhofer Riofrio Riofrio
Email: driofrio_est@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7471-3746>
Wunster Favián Maza Valle
Email: wmaza@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8940-1083>
Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Vargas González, O. N., Riofrio Riofrio, D. C., Maza Valle, W. F. (2023). Condiciones de bienestar animal en una finca del Cantón Machala, el Oro. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 20-28. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El bienestar animal es un tema de mucha preocupación, especialmente en animales de producción, el objetivo de esta investigación fue determinar las condiciones de subsistencia de vacas lecheras en una finca para valorar su estado de confort y bienestar, se observó la rutina diaria sobre manejo y tenencia del hato. La finca en estudio está localizada en La Parroquia El Cambio cantón Machala, Provincia de El Oro, Ecuador, con altitud de 6 msnm, un clima tropical húmedo 25°C de temperatura media anual, HR 84% y 699 mm de precipitación media anual. La metodología contemplo la elaboración de dos formularios, el primero para realizar la entrevista y otro para anotar y evaluar los indicadores in situ, de las variables: manejo, tenencia, alimentación, salud e infraestructura; estos formularios fueron elaborados en base al Proyecto Europeo Welfare Quality® Project, utilizado para evaluar indicadores de cada una de las variables, para la valoración final del bienestar animal se utilizó el simulador del sistema de puntuación de Welfare Quality. Los resultados para los Principios del Bienestar fueron: 63.51 puntos para libertad de incomodidad; 100 para facilidad de movimiento, 50.14 buena alimentación 77.01, condiciones de alojamiento, 67.77 buena salud y 24.8 puntos para conducta apropiada, estos datos permiten evaluar a los animales de la finca en condiciones aceptables de bienestar (enhanced).

Palabras clave:

Sistemas de manejo, tenencia-alimentación-salud, infraestructuras, simulador del sistema de puntuación de Welfare Quality.

ABSTRACT

Animal welfare is a topic of great concern, especially in production animals, the objective of this research was to determine the subsistence conditions of dairy cows on a farm to assess their comfort and welfare status, the daily routine of herd management and maintenance was observed. The farm under study is located in la Parroquia El Cambio, cantón Machala, El Oro Province, Ecuador, with an altitude of 6 meters above sea level, a humid tropical climate with an average annual temperature of 25°C, RH 84% and an average annual rainfall of 699 mm. The methodology contemplated the preparation of two forms, the first one to conduct the interview and the other to record and evaluate the in situ indicators of the variables: management, ownership, feeding, health and infrastructure. These forms were prepared based on the European Welfare Quality® Project, used to evaluate indicators for each of the variables, for the final evaluation of animal welfare. The Welfare Quality scoring system simulator was used. The results for the Welfare Principles were: 63.51 points for freedom from discomfort; 100 for ease of movement, 50.14 good feeding 77.01, housing conditions, 67.77 good health and 24.8 points for appropriate behavior, these data allow evaluating the animals of the farm in acceptable conditions of enhanced welfare.

Keywords:

Management systems, housing-feeding-health, infrastructure, Welfare Quality scoring system simulator.

INTRODUCCIÓN

Según la Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) el bienestar animal revela el estado físico y psíquico relacionando aquellas condiciones desde que el animal nace, vive hasta que muere, exteriorizando la manera de asociarse al entorno rescatando indicadores, tanto positivos como negativos que puedan alterar su óptimo desarrollo. Los factores que intervienen en el bienestar son aquellos que se encuentran presentes tanto en el ambiente físico como el social, esto quiere decir el entorno en el que se desarrolla el animal, por ende, se debe considerar si las instalaciones de alojamiento poseen espacio suficiente y disponible en función del tamaño del grupo, además de condiciones ambientales y la relación hombre-animal (Martínez G, 2016).

Todos los sistemas de producción ganadera tienen una interrelación plantas-animales en un área determinada con ciertas características de suelo, clima, tipos de pastizales, técnicas y herramientas utilizadas las mismas que determinan el propósito de la ganadería sea para carne, leche o doble propósito, en cualquier caso, se busca poseer animales saludables, libres de parásitos y condiciones corporales que manifiesten un buen estado de salud. Sin embargo el manejo y atención que reciben los animales de producción por parte del ser humano contempla una variedad de aspectos multidisciplinarios dentro de su entorno, por supuesto teniendo en cuenta las necesidades propias de cada especie; por tanto el concepto de bienestar animal considera factores relativos al confort de la especie en su hábitat, relacionando con su comportamiento natural, es decir los animales deben estar en un ambiente libre y que sus necesidades sean satisfechas. De los animales de producción, el ganado lechero es el que más contacto posee con el hombre y por lo cual es el que más necesita que se emplee un manejo eficiente para mantener la sensación de bienestar o confort necesarios para la producción de la leche. (Medrano-Galarza, Zuñiga-López, & García-Castro, 2021)

La mejora genética y el incremento de la eficiencia productiva produce consecuencias negativas por la intensificación de la producción, razón por la cual se ha incluido parámetros de bienestar, planteamientos sugeridos por entidades relacionados con la Salud Pública, lo que ha obligado a los productores a incluir dichas condiciones dentro de sus centros productivos, además, como requisito exigido por los consumidores que cada vez va tomando mayor fuerza; razón por la cual las prácticas ganaderas inician la inclusión de protocolos que permitan disminuir el estrés en todas las etapas de vida del animal, incluido su sacrificio, condiciones que permiten obtener productos de calidad. (Guapi R, 2017).

La sostenibilidad de la producción lechera está basada en la cantidad de leche que se produce y el costo de producción que se detalla en los registros, sin embargo, para una buena producción influyen ciertos factores como: la genética, la alimentación, el ambiente, los sistemas de manejo y docilidad del animal que con un adecuado manejo por parte del hombre se incrementa las condiciones

de bienestar animal y consecuentemente la producción. (Asencio F, 2021)

Nuestro objetivo fue caracterizar las condiciones de manejo, tenencia, alimentación, estado sanitario, infraestructura y condiciones de salud de las hembras bovinas lecheras en una finca productiva, a través de la observación de la rutina diaria del rebaño, con el fin de valorar el estado de confort y bienestar de los animales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una finca que se encuentra situada, en la Parroquia El Cambio cantón Machala, Provincia de El Oro, Ecuador, en el Km 5 ½ de la vía Machala – Pasaje, con una altitud de 6 msnm; con las coordenadas Longitud: 79°54'49.8"W y Latitud: 3°17'31.8"S, y un clima cálido húmedo, con una HR promedio 84%, temperatura media anual 25°C y una precipitación de 699mm.

La metodología utilizada contempló la elaboración de un primer formulario que contempla ítems de entrevista al gerente para obtener datos generales y un segundo formulario para tomar datos observados en las visitas in situ en función de las variables a analizar (alimentación, manejo, tenencia, salud, infraestructura) durante la rutina de las vacas en producción; los formularios se elaboraron según los lineamientos del Proyecto Europeo Welfare Quality® Project (2009) que evalúa el bienestar animal; y, para la evaluación final y estimar el bienestar animal de la unidad de producción se utilizó el Simulador de Welfare Quality®. (2019)

La entrevista con el gerente permite obtener datos generales como: número de animales en producción, sistema de manejo y tenencia, plan sanitario, mantenimiento de maquinaria, proceso de ordeño, tipo de alimentación y producción láctea de la unidad.

Las observaciones y recolección de datos se realizaron en base a las observaciones de los animales en su rutina diaria sin alterar el sistema de manejo y alimentación, durante el año de 2022 con un total de 10 visitas.

Las variables de estudio observadas se anotan en el registro para posterior valoración de parámetros como: rutina de ordeño, variable animal (condición corporal, grado de suciedad, nivel de reactividad), infraestructura, alimentación (acceso a la alimentación, tipo de pasto, oferta de alimento en la sombra o en nave, sales minerales, espacio y acceso a comederos, acceso a bebederos, limpieza de bebederos, sombra en bebederos y flujo de agua), variable ambiente (arborización, cercas vivas, distancia entre potreros y ordeño), variable manejo y tenencia (se tomó en cuenta horas de acceso a pastura, flujo de los animales, tipo de arreo, condiciones de tenencia, ordeño), variable salud se observó (cantidad de garrapatas, calificación de locomoción, condición de pezones o Teat Scoring. Dentro de la variable infraestructura se observó, las condiciones de caminos recorridos por los animales, sala de ordeño, piso de la sala de ordeño, ventilación iluminación, presencia de insectos, presencia de otros animales, evacuación de los desechos.

Procesamiento estadístico. Se realizó un estudio de tipo observacional, no experimental de carácter descriptivo y longitudinal, las variables se validaron de manera individual asignando una puntuación de 0 a 2; donde 0 corresponde a buenas condiciones, 1 condiciones regulares y 2 indica malas condiciones, en caso de que el grupo de la variable responda a un mismo valor (0), se coloca 100 como indicativo que cumple.

Todas las variables, criterios y puntajes de este estudio son los que propone el protocolo de Welfare Quality®. Los resultados están relacionados directamente con las cinco libertades animales, cuya valoración fue obtenida en el simulador Welfare Quality. El proyecto no ocasionó impacto ambiental negativo, las condiciones de manejo de los animales no fue alterada, tampoco ocasionó modificación alguna en la infraestructura de la propiedad.

Tabla 1. Variable ambiente

Indicador		Datos finales de la medición	Criterio	Puntos	Resultado
Arborización en potreros	Cantidad de árboles en cada potrero	> = 3	Libres de hambre, Libres de incomodidad, Confort térmico	100	3-4 árboles
Cercas vivas y árboles en periferia y potrero	Presencia de árboles	Si No	Libres de hambre, Libres de incomodidad, Confort térmico	100	En todos los potreros
Distancia cuartón más lejano-nave	Distancia	Km	Condición física	NC	- 1 Km
Promedio de desplazamiento a los cuarterones	Tiempo	Minutos	Condición física	0	8-10 min

El análisis de la variable condición corporal (Tabla 2), el estudio cuenta con 30 hembras bovinas de las cuales el 40% tienen un cruce Brown Swiss por Holstein, el 33% cruce Brown Swiss por Simmental y 27% otros cruces no determinados. La condición corporal de estos animales está repartida en 63.4% CC 3 (buena), 33.3% CC de 2 (flaca) y 3.3% CC 4 (gorda), las vacas con mayor pérdida de CC son los cruces Holstein por Simmental debido a la genética Holstein, las condiciones ambientales no favorables para estos como indica (Corea E, 2008), además una baja CC tiene mayor riesgo de presentar alguna patología

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variable ambiente (Tabla 1) determina que no hay efecto negativo debido a que hay una combinación entre el sistema silvopastoril y rotacional regenerativo, los potreros poseen árboles de sombra filtrable, distribuidos en el área de pastoreo y formando cercas vivas, logrando sombra y ambiente fresco, este sistema rotacional regenerativo contribuye a la recuperación del suelo mientras las vacas consumen el pasto las heces fertilizan la tierra y las semillas consumidas se dispersan contribuyendo a la regeneración del suelo y la sostenibilidad como indica (Díaz de Ortola, 2021). La distancia entre potreros y sala de ordeña influye en la producción en este caso para este caso es de 1 km., con un recorrido entre 8 y 10 minutos tiempo recomendado por. (Rivera A, 2009).

y su carne al faenamiento es más dura como lo confirma (Mendoza J, 2015) Las condiciones de suciedad en los animales es evidente y muy elevado lo que pone en riesgo a los animales a contraer problemas gastrointestinales, pódales y mastitis. Estos animales demostraron docilidad, mansedumbre y tranquilidad, propio de la genética B. *Taurus* lo que demuestra que están libres de tensiones y miedo con la presencia de los trabajadores al momento del ordeño no existe distancia de fuga como indica (Zuñiga A, 2020).

Tabla 2. Variable animal

Indicador		Dato final de la medición	Criterio	Puntos	Resultado	Calificación
Condición corporal	Escala de 1-5	1. Muy flaca 2. Flaca 3. Normal 4. Gorda 5. Muy gorda	Libre de hambre	1 1 0 2 2	3 (63,4%)	0
Nivel de reactividad	Reactividad	Agresivo Dócil	Libres de miedo y angustia	0 100	100 % dócil	100
Comportamiento ordeño		Tranquilo Deprimido Agotado	Comportamiento	100 0 0	Tranquilo	100
Grado de suciedad de los animales	Suciedad	Ausencia de suciedad Suciedad evidente Suciedad muy evidente	Libres de incomodidad Confort en el descanso	0 1 2	Suciedad evidente	1

La variable alimentación (Tabla 3), la base forrajera de consumo directo está basada en tanner (*Brachiaria arrecta*) y chilena (*Panicum maximun*) disponible en poca cantidad durante la mañana, por la tarde retornan al establo donde permanecen hasta el otro día para ser ordeñadas, los establos cuentan con comederos lineales donde se les ofrece banano verde, raquis de banano y melaza a voluntad, también cuentan con un solo bebedero, condición que contradice a (Strampini A, 2018) quien recomienda

dos puntos de agua por locación, el agua debe ser fresca, limpia y abundante para satisfacer los requerimientos hídricos durante el ordeño las vacas reciben concentrado artesanal y sal mineral. Los resultados en este criterio hambre y sed son 46,5 y 60 sobre 100 respectivamente con un promedio 50,14/100, la afectación a este criterio es el tiempo de pastoreo (5-6 h). Los animales deben permanecer en pastoreo un mínimo de 9,2 horas por día (Milera M, 2019).

Tabla 3. Variable alimentación

Indicador		Dato final de medición	Criterio	Puntos	Resultados	Calificación
Acceso a la pastura	Si No	Salen a pastorear No salen a pastorear	Comportamiento	100	Salen a pastorear	100
Tipo de pasto	Tipo de pasto	Pasto de corte Pasto para pastoreo Ambos	Libres de hambre		Ambos	0
Alimento en nave de sombra	Tipo de alimento ofertado en nave de sombra	Pasto de corte Ensilaje Otro	Libres de hambre		Otros subproductos	0
Sales minerales		Si No	Libres de hambre	0 2	Si	0
Espacio y acceso a comederos	Numero de comederos en nave de sombra	2/16 hembras	Libres de hambre	0 2	1 comedero/vaca	0
Acceso a bebederos	Número bebederos en potreros	Dos o más Uno Ninguno	Libres de sed	0 1 2	1 bebedero	1
Limpieza de los bebederos	Limpieza de bebederos	Limpio Parcialmente Sucio Totalmente sucio	Libres de sed	0 1 2	Sucio	2
Frecuencia de limpieza de bebederos	Frecuencia de limpieza	Diario	Libres de sed	0	1 vez al mes	2
Funcionamiento de bebederos	Movimiento de agua al moverse las palancas	Funcional Parcialmente funcional No funcional	Libres de sed	0 1 2	Funcionales	0
Flujo de agua	Cantidad de agua que entra en bebederos	Litros de agua	Libres de sed		100-150 L	
	Cantidad de agua/1 min	Litros	Libres de sed		3/ min	NC

Principales

Principle	Value
Good feeding	50.14
Good housing	77.01
Good health	67.77
Appropriate behaviour	24.8

Fuente: Simulador Welfare Quality84

La variable manejo (Tabla 4) la rutina diaria inicia con el ordeño de 5:00 hasta las 6:15 horas, el ordeño se complementa con un sellado de pezones a excepción del cuarto que toma el ternero ya que la saliva de este ayuda a

cerrar el conducto galactóforo, luego se da de lactar a los terneros menores a 3 meses con el cuarto reservado y que no se extrajo la leche. A partir de las 8.00 horas las vacas se las conduce al potrero y se les asigna una pequeña área con pasto utilizando cerca eléctrica, luego de que hayan consumido este se da más cantidad hasta que sean las 15:30 a esta hora son trasladados al establo donde hay agua y alimento disponible y permanecen hasta el siguiente día.

El ordeño mecánico cumple con la prueba de jarro con fondo negro y una tela para detectar mastitis (3,3% de presencia), esta actividad se desarrolla en forma cronológica y pausado, los animales denotan una conducta poco ordenada, utilizan gritos y a veces golpes con objetos

contundentes para el arreo, lo que no es beneficioso para los animales. La calificación del pezón un 80% obtuvo 1 es decir normales, el 13.3% obtuvo 2 suaves y 6.7% áspero, algunas de estas características de pezones tienen

influencia genética, también el uso de pezoneras muy rígidas y con mala calibración del vacío, influye directamente en las características y coloración de pezones (Sañudo C, 2009).

Tabla 4. Variable manejo y tenencia

Indicador		Dato final de medición	Criterio	Puntos	Resultado	Calificación
Tenencia	Sistema	Estabulado Semi-estabulado Extensivo Silvopastoril	Libres de expresar su comportamiento: manifestación de otro comportamiento	100	Silvopastoril	100
Arreo	Arreo de los animales	A pie A caballo	Libre de miedo y distrés	0 0	A pie	0
	Gritos	Si No	Comportamiento: Relación humano-animal	2 0	Si	1
	Utilización de mangueras	Si No	Libre de miedo Relación animal humano	2 0	Si	1
Ordeño	Formas	Manual Mecánico			Mecánico	
	Cumplimiento de pasos de ordeño	Cumplen Cumplimiento parcial No cumplen	Libres de incomodidad	0 1 2	Cumplimiento parcial	1
	Utilización de guantes, gorro, mascarilla	Si No	Ausencia de enfermedad	0 2	No	0
	Realizan método de detección de mastitis	Si No	Ausencia de enfermedad	0 2	No	0
	Resbalan durante el ordeño	Si: dos o más animales resbalan No	Libres de incomodidad	2 0	No	0
	Tipo de envase	Plástico Aluminio Acero			Acero	NC
	Duración media	>0 = a 10 min 8 – 10 min 5 – 7 min			7 min/vaca	

En lo concerniente a infraestructura, las instalaciones cuentan con corrales para vacas y terneros por separado, sala de espera y ordeño cuarto de almacenamiento de alimentos, baños para uso de obreros y varios potreros de tamaño distinto con caminos de acceso. Los animales permanecen durante la tarde y noche en un corral de piso de tierra y en la mañana pasan a una sala con piso de concreto sin estrías antideslizantes a excepción de la sala de espera para el ordeño, el techo cubre solo al comedero y los animales permanecen a la intemperie, pero con espacio suficiente para desplazarse y acostarse. La sala

de ordeño tiene un diseño de espina de pescado cuenta con un comedero lineal a lo largo del andén de ordeño, cuenta con foso de ordeño cubierto de cerámica y dos salidas de agua para el lavado del área, esta es funcional y cuenta con iluminación natural y artificial con una buena ventilación. Los caminos de recorrido de los animales tienen una calificación de regular debido a que hay zonas con camellones, presencia de lodo por falta de drenaje ocasionando problemas en los animales al desplazarse como señala (Arroyo A, 2016)

Tabla 5. Variable Infraestructura

Indicador		Dato final de medición	Criterio	Puntos	Resultado	Calificación
Camino recorrido	Superficie regular, obstáculos presentes y drenajes	Bueno Regular Malo	Libres de incomodidad Fácil movimiento	2 1 0	Regular	1

Desplazamiento de manera fácil	Presencia de ángulos rectos, escalones	Si No	Libertad de incomodidad Fácil movimiento	0 2	Si	0
Condición corral de espera	Condición corral de espera	Bueno Regular Malo	Libres de incomodidad	0 1 2	Regular	1
Condición de la sala de ordeño	Condición	Buena Regular Mala	Libres de incomodidad	0 1 2	Buena	0
Piso de la sala de ordeño	Condición del piso	Bueno Regular Malo	Libres de incomodidad	0 1 2	Bueno	0
Ventilación adecuada	Disipación de olores	Si No	Libres de incomodidad	0 2	Si	0
Iluminación adecuada Sala de ordeño	Claridad	Si No	Libres de incomodidad	0 2	Si	0

El principio buena salud (Tabla 6) esta variable obtuvo una calificación general de 67.77%, con una valoración de regular, aunque con criterios de ausencia de lesiones del 74.92, la ausencia de enfermedad valorada en 86.02% y la valoración de dolor ocasionada por manejo es de 58%, esta valoración tiene relación por el uso de gritos y castigo con mangueras para movilizarlos, ocasionando

malestar en los animales, lo que no está de acuerdo con (Odeon M, 2017).

Se observa problemas de secreciones nasales y de locomoción (cojeras) con una valoración de 6.7 %, en los indicadores secreciones oculares, disnea, diarreas y problemas reproductivos están ausentes y hay poca cantidad de garrapatas.

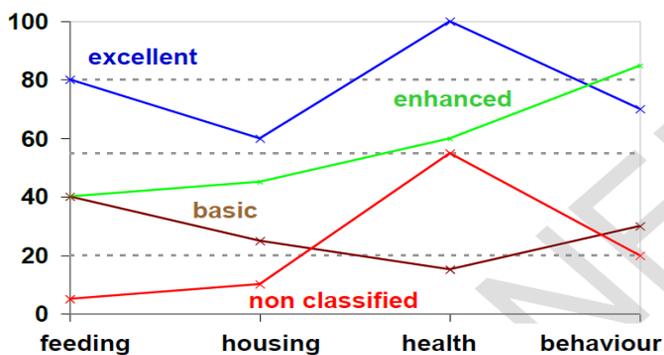
Tabla 6. Variable salud

Indicador		DFM	Criterio	Puntos	Resultado	Calificación
Secreciones nasales	Evidencia de animales con secreciones nasales	Hay No hay	Libres de enfermedad	2 0	Hay 6.7%	1
Secreciones oculares	Evidencia de animales con secreciones oculares	Hay No hay	Libres de enfermedades	2 0	No hay	1
Problemas pódales	Evidencia de animales con problemas pódales	Hay No hay	Libres de enfermedades	2 0	Hay 6.7%	1
Disnea	Número de animales con disnea	Hay No hay	Libres de enfermedad	2 0	No hay	0
Diarrea	Número de animales con diarrea	Hay No hay	Libres de enfermedad	2 0	No hay	0
Problemas reproductivos	Número de animales con problemas reproductivos	Hay No hay	Libres de enfermedad	2 0	No hay	0
Animales con garrapatas	Cantidad de garrapatas	Mucho Poco Muy poco	Libres de enfermedad	2 1 0	Poco	1
Locomoción	Score de locomoción	5 cojera severa 4 cojera 3 cojera moderada 2 cojera leve 1 vacas sanas	Libres de enfermedad: ausencia de lesiones	2 2 1 1 0	93.4% sanas 3.3% cojera leve 3.3% cojera moderada	1

Condición de los pezones: Test escore	Extremo del pezón	1 normal 2 suave 3 áspero 4 muy áspero	Libres de enfermedad: ausencia de lesiones	0 1 2 2	1 = 80 % 2 = 13.3 % 3 = 6.7 %	1
	Color del pezón	1 normal 2 rojo 3 Azul	Libres de enfermedad: ausencia de lesiones	0 1 2	6.7 % Azul 73.3% normal 20 % rojo	

Los resultados finales, fueron valorados en forma integral utilizando el simulador Welfare Quality. (Quality, 2022) al cual se ingresaron los resultados de las variables estudiadas con rangos de 0 y 100, donde:

0: indica la peor situación en la que se puede encontrar en una unidad productiva de animales, indicando que ya no puede haber más disminución del bienestar. 50. Corresponde una situación neutra, indicando que no es malo, pero tampoco es bueno y 100 corresponde a la mejor situación que se puede encontrar una unidad productiva.



Fuente: Welfare Qualiite ®

Table 7. Results of Freedom criteria.

Principles	Values
Good feeding	50.14
Good housing	77.01
Good health	67.77
Appropriate behaviour	24.8

Estos resultados indican que estos animales tienen acceso al agua y alimento un mínimo de 46,5 y un máximo de 60 sobre 100, con un promedio de 50,14 sobre 100, considerándose condiciones aceptables, debido que el tiempo de pastoreo es de 7 horas lo que afecta los resultados ya que según (Estrada L, 2004) los animales deben permanecer mínimo de 9,2 horas en pastoreo por día con buena oferta de alimento, condición que este hato ganadero no cuenta.

En el caso de la libertad de incomodidad en el presente estudio indica una satisfacción de 77,01 sobre 100, los animales permanecen sueltos en potreros rotativos, la sala de ordeño esta funcional y se mantiene limpias, no existen escalones ni ángulos y tiene pisos antideslizantes.

En cuanto a la variable libres de enfermedad fue calificada con 67,77 sobre 100, se reportó cojeras, secreciones nasales y pezones rojos, aunque son problemas sencillos sin embargo pueden ser dolorosos ocasionando perturbaciones en el bienestar animal como lo indica (Tadich, 2008)

El principio libertad para manifestar su comportamiento tiene una calificación de 24,8 sobre 100, esta deficiencia es causada directamente por la falta de pasturas lo cual afecta directamente su comportamiento, se muestran intranquilos, además la relación humano animal no es muy buena, se evidencia maltrato físico (golpes) acústicos (gritos), ocasionando miedo y distrés, los animales mantienen un mayor límite de seguridad.

Table 8. Calification of the General welfare.

Criterion	Value
Absence of prolonged hunger	46.5
Absence of prolonged thirst	60
Confort around resting	63.51
Ease of movement	100
Absence of injuries	74.92
Absence of diseases	86.02
Absence of pain induced by management procedures	58
Expression of social behaviours	0
Expression of other behaviours	100
Good human-animal relationship	22.31
Positive emotional state	94.42

Fuente: Simulador Welfare Quality

La tabla 8, presenta los resultados finales del estudio, en la cual observamos que los animales tienen libertad de incomodidad del 63.51/100, facilidad de movimiento 100/100, se debe que los animales permanecen sueltos, alimentación silvopastoril y las instalaciones con suficiente espacio para movimiento y comodidad de los animales.

El principio de apropiado comportamiento con 24.8%, este principio tiene relación con el criterio Relación humano-animal 22.31%, esto se debe a la evidencia demostrada de uso de gritos y castigo con mangueras a los animales.

En cuanto al análisis impacto ambiental del estudio, debemos indicar que el método utilizado en este estudio fue la observación directa sin alterar o perturbar las actividades

normales de los animales incluido su manejo, razón por la cual no se generó un impacto negativo alguno

CONCLUSIONES

En el hato predomina el cruce de Brown Swiss y Holstein (40%), un 33% son de la raza Simmenthal, en relación con la conformación corporal, el 63,4% tienen calificación de 3, el 33.3% es de 2 y solo el 3.3% del hato tiene una calificación de 4. En 100% demostró temperamento dócil, conducta calmada y tranquila lo que permite un fácil manejo. El 80% de los animales posee un nivel de suciedad evidente, en ubres, pezuñas y tren posterior.

La alimentación se basa principalmente con forraje de pasto Tanner (*Brachiaria arrecta*) y en escasas áreas existe chilena (*Panicum Maximum*); complementándose con banano de descarte, raquis picado, melaza y panga de maíz; el pienso y sal mineral que se administra durante el ordeño. Los animales disponen de agua proveniente de una línea pública, los bebederos poseen válvulas de llenado automático; el bebedero del establo (fijo) permanece sucio la mayor parte del tiempo, pero el bebedero móvil se limpia cada vez que se traslada a otro lugar.

En el ordeño se incumplen algunas medidas: solo se usa mascarillas; el índice de mastitis es de 3.3%; se utiliza sellador de pezones, excepto los pezones de vacas con crías, que no se ordeñan.

Las condiciones ambientales y térmicas son buenas por el sistema silvopastoril; la distancia entre el establo y el potrero más lejano es menor a un kilómetro (Wisconsin-Madison, 2015), existen zonas irregulares falta de drenaje y su calificación de regular.

El 6.7 % del hato presenta descarga nasal, el 3.3% problemas dérmicos, un 3.3% cojera leve y el 3.3% cojera moderada; el 83.4% no mostró problemas de salud. El teat Scoring mostró el 80 % de los pezones normales

La sala de espera recibió una calificación de regular por la falta de cubierta y presencia de ciertos ángulos rectos pese a tener un piso antideslizante; la calificación de la sala de ordeño es buena con techo, comedero y piso antideslizante.

Para garantizar el bienestar de las hembras lecheras fueron tabulados los resultados en el simulador de puntuación de Welfare Quality, valorando las condiciones de alimentación, vivienda (manejo-tenencia), salud y comportamiento de los animales, esta plataforma digital dio como resultado que las condiciones de bienestar son buenas (enhanced).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arroyo A, M. J. (2016). Estudio Diagnóstico del Manejo bovino en etapa de ceba durante su permanencia en finca (subregión Golfo de Morrosquillo) y su influencia sobre el bienestar animal y en la cadena cárnica del departamento de Sucre. *Universidad de Sucre*. [https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/553/ESTUDIO%20DIAGN%20STICO%20DEL%20MANEJO%20BOVINO%20EN%20ETAPA%20DE%20CEBA%20DURANTE%20SU%20PERMANENCIA%20EN%20FINCA%20\(SUBREGI%20N.pdf;jsessionid=3F7C42E15E78517C7AFA8ECBE3167953?sequence=1](https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/553/ESTUDIO%20DIAGN%20STICO%20DEL%20MANEJO%20BOVINO%20EN%20ETAPA%20DE%20CEBA%20DURANTE%20SU%20PERMANENCIA%20EN%20FINCA%20(SUBREGI%20N.pdf;jsessionid=3F7C42E15E78517C7AFA8ECBE3167953?sequence=1)
- Asencio F, B. I. (2021). El papel de la veterinaria en la investigación: Garantizando el bienestar animal. *COLVEMEA*, 34-42. <https://secal.es/descargar/articulo-en-la-revista-de-colvema-el-papel-de-la-veterinaria-en-la-investigacion-garantizando-el-bienestar-animal/>
- Corea E, A. J. (2008). Efecto del Cambio en la condición corporal, raza y número de partos en el desempeño reproductivo de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 19(2), 251-259. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43711425010.pdf>
- Díaz de Ortola, E. R. (2021). Ganadería Sostenible: El pastoreo regenerativo rotacional como herramienta de mitigación al cambio climático. *Red Remedia*. <https://redremedia.org/ganaderia-sostenible-el-pastoreo-regenerativo-rotacional-como-herramienta-de-mitigacion-al-cambio-climatico/>
- Estrada L, A. F. (2004). Estimulación del consumo de pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus* K. Schum) por vacas lecheras en pastos mediante las técnicas de N-alcanos, diferencia en masa forrajera y comportamiento al pastoreo. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 463-477. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93935728006.pdf>
- Guapi R, M. D. (2017). Caracterización de Sistemas Productivos Lecheros en Condiciones de Montaña. *Revista de Producción Animal*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200003
- Martínez G, S. V. (2016). Bienestar animal en bovinos de leche. *REDALYC*, 42(2). <https://www.redalyc.org/pdf/864/86447075008.pdf>
- Medrano-Galarza, C., Zuñiga-López, A., & García-Castro, F. E. (18 de agosto de 2021). Evaluación de bienestar animal en fincas bovinas lecheras basadas en pastoreo en la sabana de Bogotá, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 25(2). doi:<https://doi.org/10.21897/rmvz.1708>

- Mendoza J, M. R. (2015). Efecto de la condición corporal de vacas Holstein sobre la capacidad para retener agua, colágeno insoluble y esfuerzo de corte en Longissimus dorsi. *Abanico Veterinario*, 5(2), 19-27. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-61322015000200019
- Milera M, M. R. (2019). Pastoreo racional intensivo como alternativa para una ganadería baja en emisiones. *Pastos y Forrajes*, 42(1), 3-12. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942019000100003
- Odeon M, R. S. (2017). Consecuencias, Estres en ganado: Causas y consecuencias. *Revista Veterinaria*, 28(1), 69-77. <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/vet/article/view/1556/1327>
- Quality, W. (2022). Welfare Qualit scoring system. *Simulador Online*. http://www1.clermont.inra.fr/wq/index.php?id=simul_res&simul_level=Measures
- Rivera A, P. E. (2009). Incidencia del manejo zootécnico, tecnologías usadas en el ganado de ordeño, en la cantidad y calidad de leche que producen los ganaderos en el municipio de Muy Muy - Departamento de Matagalpa-Nicaragua. *RaXimhai*. 5(2), 247-258. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46111507010.pdf>
- Sañudo C. (2009). Valoración morfológica de los animales domésticos. *Ministerio del Medio Ambiente y Medio Rural y Marino*. https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/zootecnia/LIBRO%20valoracion%20morfologica%20SEZ_tcm30-119157.pdf
- Strampolini A, G. C. (2018). Manual de Manejo y Bienestar de la Vaca Lechera. *Valdivia*. https://www.prolesur.cl/content/dam/prolesur/documents/2018/Manual_de_manejo_y_bienestar_de_la_vaca_lechera.pdf
- Tadich, N. (2008). Claudicaciones de la vaca lechera y su relación con el bienestar animal. *REDVET (Revista Electronica de Veterinaria)*, 9(10).
- Wisconsin-Madison, U. o. (2015). Teat Scorer Online. <https://www.vetmed.wisc.edu/fapm/svm-dairy-apps/teat-scorer/>
- Zuñiga A, R. A. (2020). Indicadores de bienestar animal en vacas lecheras en un sistema silvopastoril del tropico alto colombiano. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 31(4), 1-10. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1609-91172020000400017&script=sci_arttext

VERMICOMPOSTA Y MICORRIZA ARBUSCULAR, SU EFECTO EN LA NUTRICIÓN DEL CACAO EN FASE DE INVERNADERO

VERMICOMPOST AND ARBUSCULAR MYCORRHIZA, EFFECTS ON COCOA NUTRITION IN NURSERY STAGE

Bolívar Andrés Rogel Jarrín

E-mail: brogel2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2960-1152>

Salomón Barrezueta-Unda

E-mail: sabarrezueta@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rogel Jarrín, B. A., Barrezueta-Unda, S., García Batista, R. M. (2023). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 29-37. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El manejo técnico desde la fase de vivero es considerado un factor determinante, para evitar obtener plántulas con deficiencias relacionadas a la altura y al sistema radicular que resultaron en un bajo nivel productivo. El objetivo de la investigación fue describir el efecto de varios tratamientos de vermicompost y micorriza arbuscular en el desarrollo morfológico de plántulas de cacao Nacional en fase de invernadero. En la investigación se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con seis tratamientos con un total de 60 unidades experimentales (UE). Cada una de las plantas fueron ubicadas a una separación entre plantas de 0.18 m y una separación entre fila de 0.18 m con el fin de simular la manera en la que son distribuidas en los viveros. Los mejores resultados de la investigación se encontraron en los tratamientos con mayor contenido de vermicompost y HMA (T4 – T5 y T6) en las variables: número de hojas, contenido de clorofila y peso de raíz, lo cual permite sugerir la implementación de dichas tecnologías orgánicas para el desarrollo vegetal favorable y, por ende, una mayor supervivencia al trasplante definitivo.

Palabras clave:

Micorriza arbuscular, Vermicomposta, nutrición, fase de invernadero.

ABSTRACT

Technical management from the nursery stage is considered a determining factor to avoid obtaining seedlings with deficiencies related to height and root system that resulted in a low productive level. The objective of the research was to describe the effect of various treatments of vermicompost and arbuscular mycorrhiza on the morphological development of National cocoa seedlings in the greenhouse phase. The research used a completely randomized experimental design (CRD) with six treatments with a total of 60 experimental units (EU). Each of the plants were placed at a spacing between plants of 0.18 m and a spacing between rows of 0.18 m in order to simulate the way they are distributed in nurseries. The best results of the research were found in the treatments with the highest content of vermicompost and AMF (T4 - T5 and T6) in the variables: number of leaves, chlorophyll content and root weight, which suggests the implementation of these organic technologies for favorable plant development and, therefore, greater survival to final transplanting.

Keywords:

Arbuscular mycorrhiza, Vermicompost, nutrition, Nursery stage.

INTRODUCCIÓN

Ecuador es el primer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) fino y de aroma, contribuye con el 70% de la demanda internacional (Morales Intriago et al., 2018). Alcívar-Córdova et al., (2021) expresan que el cultivo de cacao es parte fundamental de la economía del Ecuador debido a que sirve de sustento a un gran número de familias que contribuyen con la mano de obra rural. No obstante, el país presenta los más bajos rendimientos dentro de la región sudamericana, provocado por: climas adversos, manejo técnico inadecuado, precios bajos a la cosecha, dificultad para la obtención de financiamiento por parte de entidades bancarias, etc. Que logran mermar su crecimiento productivo (Rodríguez & Fusco, 2017).

La evolución morfo fisiológica normal de un cultivo asegura una producción óptima. Sin embargo, la fase de invernadero es crucial, comenzando con la germinación hasta el estado de plántula, para el trasplante al lugar definitivo en el que completará su ciclo fenológico completo (Loaiza et al., 2021). En este aspecto, la elección del tipo de sustrato para el establecimiento del vivero generalmente determina el éxito o fracaso en la producción de plantas, una práctica común en la propagación de plantas de cacao es la utilización de sustratos a partir de suelo, arena y materia orgánica que se destina para el llenado de las bolsas, convirtiéndose en el medio en donde se desarrollará el porta-injerto de cacao (Aracelly López et al., 2020). Además, comúnmente en la etapa de vivero se practica la desinfección del sustrato con el fin de eliminar organismos patógenos lo que conlleva a una reducción indirecta de los organismos benéficos, provocando que las plantas carezcan de un sistema biológico que le permita una nutrición óptima (Hernández Acosta et al., 2018).

Se destaca la utilización de vermicompost, un sustrato que se elabora a partir de la descomposición de los materiales orgánicos por la acción de los microorganismos que asocia la digestión aeróbica y la transformación de los restos orgánicos a través de la acción de la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*). El producto final se caracteriza por ser un sustrato uniforme, con una notable estructura física, aireación, porosidad, contenido nutricional, capacidad de retención de humedad y drenaje.

Ricárdez Pérez et al., (2020) sugiere que la implementación de tecnologías orgánicas en fase de invernadero permite mejorar la humedad y nutrientes en el sustrato, lo que conlleva a un aumento de la biomasa microbiana, contrario a lo que sucede con los fertilizantes inorgánicos. Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) constituye un funcional grupo que es importante en la biota del suelo, ya que favorece al mejoramiento de la estructura, la multifuncionalidad del ecosistema y el desarrollo

productivo de los cultivos (Vallejos-Torres et al., 2019). La importancia del estudio de los HMA es porque existe evidencia de asociación con más del 80% de las plantas, así como a su papel en la protección del sistema radicular de agentes fitopatógenos, promoción de la nutrición mineral y facilitación de la absorción de agua, lo que contribuye al mejoramiento del crecimiento y supervivencia de las plantas (Urgiles-Gómez et al., 2020). Sobre lo mismo, Ayala-Tafoya et al., (2020) indican que el vermicompost provoca un efecto multilateral tanto de las propiedades agronómicas del suelo, debido a que contribuye a la microflora y microfauna, que incide proporcionalmente a la asimilación de los nutrientes a través del sistema radicular. Asimismo Ojeda & Rodríguez (2018) menciona que la gestión efectiva de las asociaciones micorrízicas puede ser un medio para aumentar la productividad de los cultivos agrícolas, ya que los HMA son componentes vitales de la rizosfera de estos cultivos. Las plantas mantienen una estrecha relación mediante una red de hifas interconectadas que aumentan el área del suelo explorada por las raíces, mejoran su estructura y facilitan la absorción de nutrientes y agua, entre otras funciones esenciales.

La utilización de compost y vermicompost en el sustrato tiene un efecto positivo en las características físico-químicas del suelo, ya que ambos productos contienen una gran cantidad de materia orgánica, lo que mejora las propiedades físicas del suelo, como la porosidad, la textura y la capacidad de retener agua. Además, el uso de compost y vermicompost en el sustrato aumenta el contenido de materia orgánica (MO) en el suelo, lo que mejora la fertilidad del suelo y proporciona un ambiente adecuado para el desarrollo de microorganismos benéficos, lo que favorece en el ciclado de nutrientes y en la absorción de nutrientes por parte de las plantas (Vázquez et al., 2020).

Por lo anterior, el objetivo de la investigación fue analizar el efecto de varios tratamientos de vermicompost y micorriza arbuscular en el desarrollo morfológico de plántulas de cacao Nacional en fase de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en una zona rural de la ciudad de Machala (Ecuador) en las coordenadas geográficas: , (Figura 1). El clima de la zona se caracteriza por ser cálido tropical, el cual es afectado por la corriente fría de Humboldt y la aparición de la corriente cálida de El Niño, registra valores de temperatura promedio de 24° a 26° C (GAD Machala, 2015).



Figura 1. Mapa de ubicación

<https://www.google.com/maps?q=-3.3239686,-79.9087994&z=17&hl=es>

Preparación de sustratos

Se preparó el compost mediante un hoyo de 2m*2m y una profundidad de 1,80 m, en el cual se agregó raquis de banano picado, carbón, pasto, estiércol de vaca, hojarasca de bosque, hojas de cacao, suero de leche y biochar

de cacao. A continuación, se colocó en el centro un tubo plástico con el fin de que exista una correcta aireación del medio. Finalmente se cubrió el compost con un plástico negro para que se genere hermeticidad. El proceso de compostaje tuvo una duración de 55 días (Figura 2).

2A



2B



2C



Figura 2. Compost. A) Elaboración de fosa para mezcla de materiales. B) Preparación de materiales a compostar. C) Finalización del compostaje

Se elaboró el vermicompost mediante la utilización de cuatro cajas de madera de 0.60 m * 0.60 m y una profundidad de 0.60 m. Se colocó el material compostado en cada una de las cajas dejando un espacio de aproximadamente 5 cm en la parte superior, posterior se agregó aproximadamente 300 lombrices roja californiana (*Eisenia foetida*) /caja. Se aplicó agua por medio de una regadera, tres veces por semana para asegurar un óptimo desarrollo de las lombrices. La cosecha del vermicompost se realizó tres meses después, efectuando el secado y tamizado del material (Figura 3)

3A



3B



3C



3D



Figura 3. Vermicompost. A) Construcción de cajas para el inicio del proceso de vermicompost. B) Lombrices listas para ser incorporadas al vermicompost. C) Balanza utilizada para el pesado del vermicompost. D) Tamizado del producto final

En el estudio se utilizaron plantas de cacao tipo Nacional plantado en bolsas de polietileno de 2 kg de capacidad con perforaciones en la base. El diseño experimental utilizado fue block completamente al azar (DCA) con seis tratamientos y un total de 60 unidades experimentales (UE). Cada una de las plantas fueron ubicadas a una separación entre ellas de 0.18 m y una separación entre fila de 0.18 m con el fin de simular la manera en la que son distribuidas en los viveros (Figura 4).

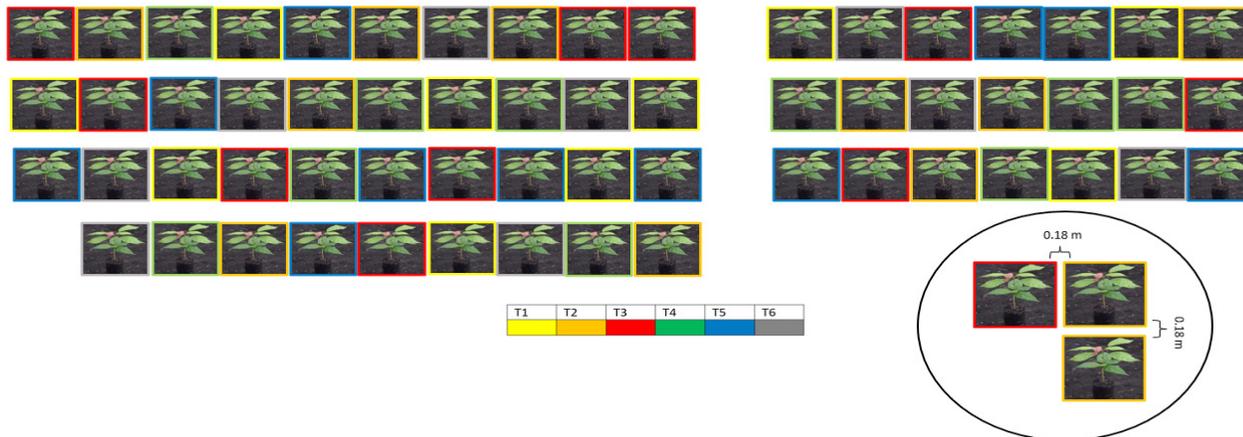


Figura 4. Distribución de las unidades experimentales

Tratamientos empleados

Las semillas de cacao se obtuvieron de parcelas de cacao variedad nacional en la Finca “Las Mercedes” (Figura 5), las cuales se lavaron con abundante agua para posterior retirar el mucilago de cada una de ellas y a continuación, se efectuó el llenado de las bolsas plásticas en base a los tratamientos conformados (Tabla 1). El tratamiento 1 (T1) se conformó de 1400 g de arena + 138.4 g de tamo de arroz + 244 g de hojarasca, el tratamiento 2 (T2) se conformó de 1400 g de arena + 138.4 g de tamo de arroz + 2080 g de tierra dulce + 244 g de hojarasca + 4 g de MycoUp®, el tratamiento 3 (T3) se conformó de 1050 g de arena + 103.8 g de tamo de arroz + 1560 g de tierra dulce + 183 g de hojarasca + 858 g de vermicompost, el tratamiento 4 (T4) se conformó de 1050 g de arena + 103.8 g de tamo de arroz + 1560 g de tierra dulce + 183 g de hojarasca + 858 g de vermicompost, el tratamiento 5 (T5) se conformó de 700 g de arena + 69.2 g de tamo de arroz + 1040 gramos de tierra dulce + 122 g de hojarasca

+ 1715 g de vermicompost y finalmente el tratamiento 6 (T6) se conformó de 700 g de arena + 69.2 g de tamo de arroz + 1040 g de tierra dulce + 122 g de hojarasca + 4 g de MycoUp® + 1715 g de vermicompost.



Figura 5. Obtención de semillas de cacao de la variedad Nacional en la Finca “Las Mercedes”

Como inoculante biológico de HMA del género *Glomus iranicum* var. *Tenuihypharums* se utilizó el producto comercial MycoUp®, el cual fue disuelto a una concentración de 4 gramos/litro y aplicado a cada planta de los tratamientos T2, T4 y T6 a los 30 días posteriores a la siembra.

Tabla 1. Conformación del sustrato para los tratamientos aplicados

Tratamientos	Vermicompost (g)	Tamo de arroz (g)	HMA (g)
T1	0	138.4	0
T2	0	138.4	4
T3	858	103.8	0
T4	858	103.8	4
T5	1715	69.2	0
T6	1715	69.2	4

Variables evaluadas

Todas las variables fueron registradas a partir de los 30 días, posterior a la emergencia de las plántulas. Los indicadores morfológicos evaluados fueron:

- Altura de planta (cm), medida desde la base del tallo hasta la yema terminal apical,

- Diámetro del tallo (mm), medido a 0,5 cm desde la superficie del suelo.
- Largo de raíz (cm), medido desde la base del tallo hasta la cofia de la raíz más larga,
- Numero de hojas, contabilizado semanalmente en 6 plantas seleccionadas por cada tratamiento de estudio.
- Peso de raíz en fresco (g), se extrajeron las raíces de las plantas a los 100 días después de la siembra (dds), y se pesó cada muestra por medio de una balanza semi analítica.
- Peso de raíz en seco (g), las raíces previamente extraídas fueron llevadas a un horno con una temperatura de 45 °C por un periodo de 24 horas (Figura 6A) y se cuantificó su peso a través de una balanza semi analítica (Figura 6B).
- **Clorofila de las hojas**, se determinó a través de un medidor de clorofila SPAD-502® marca Minolta® de procedencia (USA) (Figura 6C) y se aplicó la metodología propuesta por Héctor et al (2018) en la cual se cortó una muestra de aproximadamente 5cm*5cm a la altura del tercio medio de la hoja y posterior se realizó un total de seis mediciones por cada tratamiento, las cuales fueron promediadas.



6A



6B



6C

Figura 6. Equipo implementado en la medición de las variables. A) Horno utilizado para la deshidratación de raíces. B) Pesado de raíces mediante balanza semi analítica. C) Medidor de clorofila SPAD-502®

Análisis estadístico

Se realizó un análisis descriptivo para las variables: altura de planta (cm), diámetro del tallo (mm), largo de raíz (cm), emisión foliar, peso de raíz fresco (g), peso de raíz seco (g) y clorofila de las hojas por medio de la prueba paramétrica Análisis de varianza (ANOVA) de un factor inter-grupos, para corroborar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos del factor de estudio y posterior se ejecutó la prueba de Duncan α $p < 0,05$ para encontrar el mejor de los tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en las variables estudiadas, y su comportamiento se presentan a continuación.

Altura de planta (cm)

Los valores promedios de altura de planta de cacao a los 30, 65 y 100 dds no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 2). De igual modo Ricárdez Pérez et al., (2020) reportaron que el efecto sinérgico entre el

vermicompost junto a los HMA no provocó un mayor desarrollo en la altura de plantas de cacao en fase de invernadero. Esto difiere con los resultados obtenidos por Vallejos-Torres et al., (2022), que observaron un potencial efecto para inmovilizar el cadmio en el suelo, influyendo en un mejor desarrollo en el crecimiento de plantas de cacao. Cabe señalar que el efecto de la actividad microbiana de los HMA en la altura de planta podría aumentar en proporción al desarrollo del cultivo.

Tabla 2. Test de Duncan ($p < 0,05$) para la altura de planta

Tratamientos	Altura de planta (cm) – 30 dds			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	15.82 NS	11.1	20.6	0.625
T2	17.06 NS	14.7	18.6	
T3	17.07 NS	14.5	19.3	
T4	17.02 NS	14.6	19.7	
T5	17.31 NS	12.8	19,00	
T6	17.28 NS	14.3	19.8	
Altura de planta (cm) – 65 dds				
T1	18.36 NS	11.90	7.75	0.896
T2	19.28 NS	17.20	7.25	
T3	19.22 NS	16.70	7.00	
T4	18.98 NS	16.70	7.50	
T5	18.82 NS	17.40	7.75	
T6	19.41 NS	17.10	9.87	
Altura de planta (cm) – 100 dds				

T1	19.63 NS	13.40	23.70	0.971
T2	20.17 NS	17.70	21.80	
T3	20.03 NS	17.00	22.80	
T4	19.60 NS	17.70	22.00	
T5	19.52 NS	18.20	20.70	
T6	20.10 NS	18.00	21.90	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Número de hojas

En la Figura 7, se muestran los valores promedio de número de hojas a los 30, 65 y 100 dds. Los tratamientos T5 y T6 presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos a los 65 dds y mostraron las plantas con mayor número de hojas promedio con 5.25 y 6.12 hojas respectivamente. El tratamiento T6 presentó las plantas con mayor número de hojas promedio a los 100 dds con 9.87 hojas. Resultados similares obtuvieron Cortés et al., (2015), en cuanto al efecto positivo que posee la aplicación de HMA en la síntesis de promotores de crecimiento vegetal, lo que permite un incremento en el número de hojas. Por otro lado, Ricárdez Pérez et al., (2020) señalan que no encontraron diferencias en el uso de vermicompost junto con HMA en la cantidad de número de hojas de las plantas evaluadas, sin embargo, se puede destacar que las plantas quedan micorrizadas durante todo el ciclo del cultivo y es probable que eso influya en el futuro.

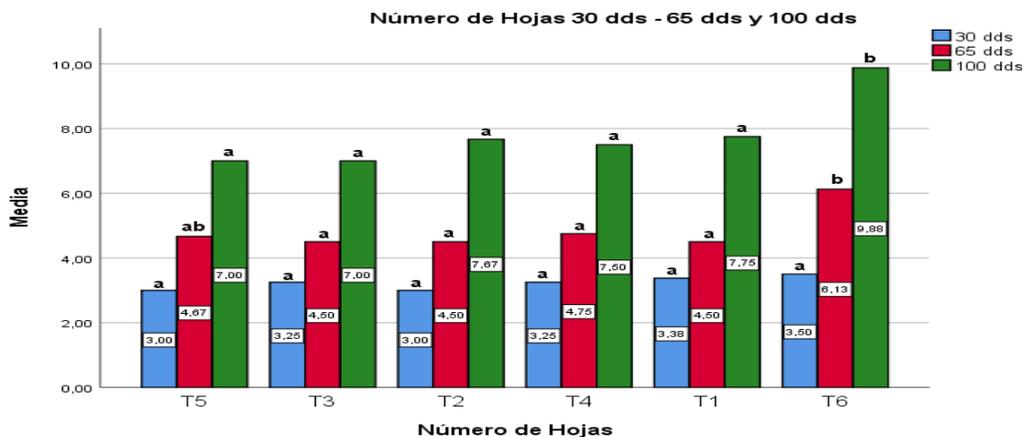


Figura 7. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable número de hojas

Diámetro de tallo (mm)

Los valores promedio de diámetro de tallo de cacao a los 30, 65 y 100 ds no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 3). Estos resultados coinciden con Ricárdez Pérez et al., (2020), quienes no observaron que la utilización de vermicompost en fase de invernadero en

cacao no produce un aumento en el diámetro de tallo. Contrario a esto Cortés et al., (2015) a los 90 días encontraron diferencias significativas en la variable diámetro de tallo cuando inocularon HMA a plantas de cacao en etapa de vivero, debido a que estos tipos de hongos favorece en el ciclaje de nutrientes, lo que incide directamente en una mayor supervivencia al trasplante definitivo.

Tabla 3. Test de Duncan ($p < 0,05$) para diámetro de tallo

Tratamientos	Diámetro de tallo (mm) – 30 dds			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	3.56 NS	2.50	4.30	0.910
T2	3.43 NS	2.80	4.20	
T3	3.58 NS	3.00	3.80	
T4	3.52 NS	3.00	4.00	
T5	3.43 NS	3.00	3.70	
T6	3.65 NS	3.00	4.50	
Diámetro de tallo (mm) – 65 dds				
T1	5.30 NS	4.40	6.00	0.412
T2	5.41 NS	4.50	6.00	
T3	5.52 NS	4.80	6.00	
T4	5.60 NS	5.00	7.00	
T5	5.40 NS	4.80	6.00	
T6	5.58 NS	5.20	6.00	
Diámetro de tallo (mm) – 100 dds				
T1	7.16 NS	6.00	8.20	0.480
T2	7.45 NS	7.00	8.20	
T3	7.23 NS	6.00	7.80	
T4	7.31 NS	6.60	8.00	
T5	7.12 NS	6.50	7.50	
T6	7.62 NS	7.00	8.80	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$).

Contenido de clorofila (SPAD)

En la Figura 8. se muestran los valores promedios de contenido de clorofila totales. Los tratamientos T2, T4, T5 y T6 fueron estadísticamente iguales y presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos, mostrando las plantas con mayor contenido de clorofila con 29.02, 32.03, 32.50 y 33.63 respectivamente. Solórzano et al., (2020) reportó que la utilización de vermicompost en plantas de pimiento, produce un incremento del contenido de clorofila, atribuido al aporte de ácidos húmicos, aminoácidos y reguladores de crecimiento por parte del vermicompost. Adicionalmente, Pírela-Almarza et al., (2018) La inoculación de HMA (un tipo de microorganismo) en fases iniciales de plantas de papaya tiene un efecto positivo en el contenido de clorofila de las plantas. Esto se debe a que la presencia de HMA mejora la estructura de las raíces, la fertilidad del suelo y la capacidad de almacenamiento de carbono en el sustrato, lo que a su vez ayuda a las plantas a producir más clorofila, que es utilizada como combustible para el crecimiento y desarrollo de la planta. En resumen, la inoculación de HMA ayuda a las plantas de papaya a crecer y prosperar mejor al mejorar su capacidad de producir clorofila.

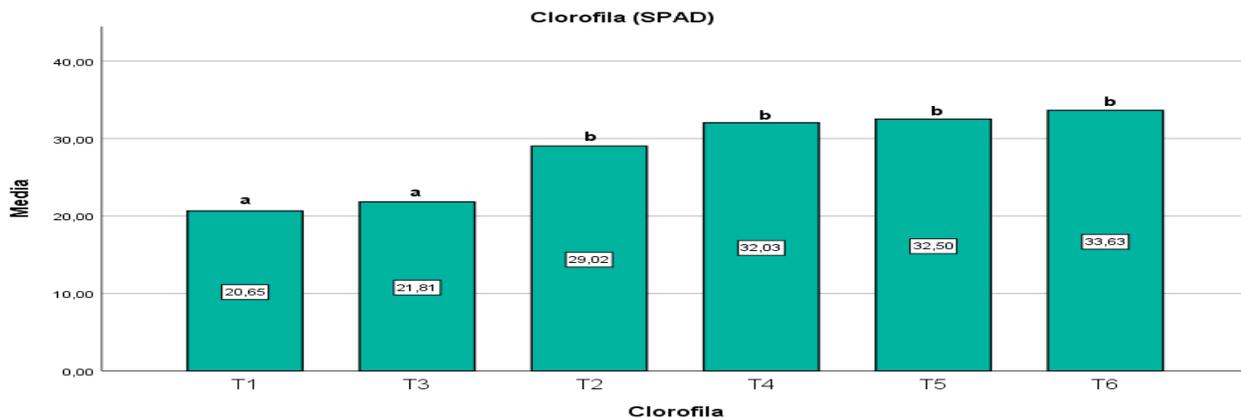


Figura 8. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable clorofila (SPAD)

Peso fresco y seco de raíz (g)

Los valores promedio de peso de raíz se presentan en la Figura 9. El tratamiento T6 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y mostró las plantas con mayor peso fresco de raíz con 4.37. En la tabla 7. se muestran los valores promedios de peso de

raíz en seco. El tratamiento T6 presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con el resto de tratamientos y mostró las plantas con mayor peso seco de raíz con 1.62. El aumento en el peso de raíz y su relación positiva con la inoculación de HMA junto al vermicompost concuerda con resultados obtenidos por Ricárdez Pérez et al., (2020), en los que se encontró que La aplicación de HMA junto con

vermicompost en plantas de cacao en fase de invernadero posee un efecto positivo en el peso de raíz de las plantas. Esto se debe a que existe una relación simbiótica entre el HMA y las raíces de las plantas, lo que promueve

una mejor absorción de los nutrientes. El vermicompost es una forma rica en nutrientes y microorganismos beneficiosos para las plantas, incluyendo ácidos húmicos, aminoácidos y reguladores de crecimiento.

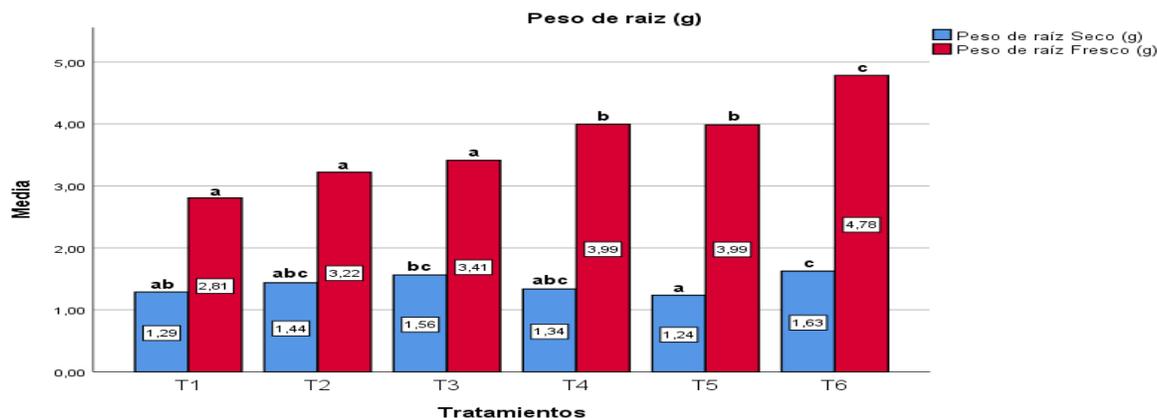


Figura 9. Prueba post-Hoc de Duncan ($p < 0,05$) para la variable peso de raíz (g)

Longitud de raíz principal (cm)

Los valores promedios de longitud de raíz de cacao no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos de estudio (Tabla 4). Por otra parte, Ricárdez Pérez et al., (2020) reportaron un incremento de la longitud de raíces de plantas de cacao en fase de invernadero al utilizar vermicompost, ya sea solo o en sinergia con HMA, debido al mejoramiento de la capacidad hídrica del sustrato, regulación del pH e impulso de la actividad microbiana. Esto es consistente con lo presentado por Leblanc & Márquez, (2014) donde ha demostrado que el uso del vermicompost, solo o en sinergia con HMA, incrementa la longitud de las raíces de las plantas de cacao en entornos de invernadero. Esto mejora la capacidad de retención de agua del sustrato, regula el pH y estimula la actividad microbiana.

Tabla 4. Test de Duncan ($p < 0,05$) para longitud de raíz (cm)

Tratamientos	Peso de raíz en seco (g)			
	Media	Mínimo	Máximo	Sig. ($p > 0,05$)
T1	39.37 NS	23.00	52.00	0.593
T2	39.12 NS	28.00	49.00	
T3	41.62 NS	31.00	51.00	
T4	46.00 NS	32.00	59.00	
T5	42.50 NS	29.00	55.00	
T6	43.25 NS	35.00	50.00	

NS = Diferencias no significativas

Medias con igual letra en cada columna no presentan diferencias significativamente según test de Duncan ($p \leq 0,05$)

CONCLUSIONES

Los mejores resultados se encontraron en los tratamientos con mayor contenido de vermicompost y HMA (T4 – T5 y

T6). Las aplicaciones de vermicompost y HMA (T5 Y T6) propiciaron resultados superiores en las variables número de hojas y contenido de clorofila. Así mismo, se observó un efecto favorable en la inoculación de HMA junto a la aplicación de vermicompost en la variable de peso de raíz.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcívar-Córdova, K. S., Quezada-Campoverde, J. M., Barrezueta-Unda, S., Garzón-Montealegre, V. J., & Carvajal-Romero, H. (2021). Análisis económico de la exportación del cacao en el Ecuador durante el periodo 2014 – 2019. *Polo Del Conocimiento*, 6, 2430–2444. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7926903>
- Aracelly López, D., Plaza Avellán, L., Rivadeneira Moreira, B., Párraga Palacios, F., & Herrera Suárez, M. (2020). Comparación de tres variantes de preparación del sustrato empleado en la propagación de patrones de cacao. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 29(3), 37–49. <https://eqrcode.co/a/4pz6mB>
- Ayala-Tafoya, F., López-Urquidez, G. A., Parra-Delgado, J. M., Retes-Manjarrez, J. E., López-Orona, C. A., & Yáñez-Juárez, M. G. (2020). Vermicomposta, auxinas sintéticas y producción de calabacita (*Cucurbita pepo* L.) en invernadero. *Terra Latinoamericana*, 38(2), 257–265. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i2.620>
- Cortés, S., Vesga, N., Sigarroa, A., Roza, L., & Cárdenas, D. (2015). Sustratos inoculados con microorganismos para el desarrollo de plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en etapa de vivero. *Bioagro*, 3, 151–158. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612015000300003

- GAD Machala. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala*. https://machala.gob.ec/SIL/2021/ter/plate/PDOT_CANT%C3%93N%20MACHALA%202019.pdf
- Héctor, E., Torres, A., Fosado, O., Álava, J., Sancán, G., & León, R. (2018). Contenido de clorofilas totales en doce clones de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica*, 20, 11–18. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6723168.pdf>
- Hernández Acosta, E., Trejo Aguilar, D., Ferrera Cerrato, R., Rivera Fernández, A., & González Chávez, M. (2018). Hongos micorrízicos arbusculares en el crecimiento de café (*Coffea arabica* L.) variedades garnica, catimor, caturra y catuai. *Revista Agroproductividad*, 11(4), 61–67. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agro-productividad/article/download/352/276/654>
- Leblanc, H. A., & Márquez, E. (2014). Efecto de los hongos formadores de micorrizas arbusculares en el desarrollo de plantas de cacao en vivero. *Tierra Tropical*, 10(2), 191–200. <https://repositorio.earth.ac.cr/handle/UEAR-TH/64>
- Loaiza, B., Quevedo, J., Rodríguez, I., & García, R. (2021). Efectos del carbón mineral en la morfo-fisiología de plántulas de cacao tipo nacional (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica Agro-Ecosistemas*, 9(2), 92–98. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/474>
- Manuel Acosta-Durán, C., Solís-Pérez, O., Villegas-Torres, O. G., & Cardoso-Vigueros, L. (2013). Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense*, 27, 127–139. www.cia.ucr.ac.cr
- Morales Intriago, F. L., Carrillo Zenteno, M. D., Ferreira Neto, J. A., Peña Galeas, M. M., Briones Caicedo, W. R., & Albán Moyano, M. N. (2018). Cadena de comercialización del cacao nacional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 11(1), 58–64. <https://doi.org/10.18779/cyt.v11i1.131>
- Ojeda, L., & Rodríguez, Y. (2018). Efecto de la inoculación con Hongos Micorrízicos Arbusculares y humus de lombriz en el establecimiento de un banco forrajero de *Pennisetum purpureum* VC. Taiwán morado. *Revista Científica Agro-Ecosistemas*, 6(2), 86–91. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/197/226>
- Pírela-Almarza, Á. Y., Aguirre-Serpa, O. E., Ramírez-Villalobos, M. D. C., Petit, B., Bracho, B., & Parra, I. (2018). Efecto de hongos micorrízicos arbusculares y del estiércol de ovino en el desarrollo inicial de la lechosa (*Carica Papaya* L.) var. Maradol roja. *Bioagro*, ISSN-e 2521-9693, ISSN 1316-3361, Vol. 30, N° 1, 2018, Págs. 79-86, 30(1), 79–86. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-33612018000100008&script=sci_abstract
- Ricárdez Pérez, J., Álvarez, R., Álvarez, J., Fernández, J., Sánchez, A., & Reyes, R. (2020). Vermicomposta y micorriza arbuscular, su efecto en la nutrición del cacao en fase de invernadero. *Revista Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 7(3), 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.19136/era.a7n3.2282>
- Rodríguez, D., & Fusco, M. (2017). Gestión de riesgos agropecuarios en el sector del cacao en Ecuador. *Revista de Investigación En Modelos Financieros*, 1, 57–74. <https://www.economicas.uba.ar/wp-content/uploads/2016/02/Rodriguez-D.-Fusco-M.-Gestion-de-riesgos-agropecuarios-en-el-sector-del-cacao-en-Ecuador1.pdf>
- Solórzano, C. C., Torres García, A., Fidel, E., & Ardisana, H. (2020). Respuestas de crecimiento, contenido de clorofila y rendimiento a la aplicación de lixiviado de vermicompost de estiércol bovino en el pimiento (*Capsicum annum* L. híbrido Quetzal). *La Técnica*, ISSN 1390-6895, ISSN-e 2477-8982, N° Extra 0 (Edición Especial), 2020, 20 Págs., 0, 11–20. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8232839&info=resumen&idioma=ENG>
- Urgiles-Gómez, N., Guachanamá-Sánchez2, J., Granda-Mora2, I., Robles-Carrión2, Á., Encalada-Cordova, M., Loján-Armijos, P., Avila-Salem5, M. E., Hurtado-Trejo, L., & Poma-López, N. (2020). Caracterización morfológica de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) asociados al café en sistemas agroforestales de la provincia de Loja, Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 10(2), 137–145. <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/bosques/article/view/826>
- Vallejos-Torres, G., Arévalo, L., Iliquin, I., & Solis, R. (2019). Respuesta en Campo de Clones de Café a la Inoculación con Consorcios de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la Región Amazonas, Perú. *Información Tecnológica*, 30(6), 73–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000600073>
- Vallejos-Torres, G., Ruíz-Valles, R., Chappa-Santa María, C. E., Gaona-Jiménez, N., & Marín, C. (2022). Una alta diversidad de hongos micorrízicos arbusculares influye en la absorción de cadmio y crecimiento vegetativo del cacao. *Bioagro*, 34(1), 75–84. <https://doi.org/10.51372/bioagro341.7>
- Vázquez, J., Alvarez-Vera, M., Iglesias-Abad, S., & Castillo, J. (2020). La incorporación de enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost reduce los efectos negativos del monocultivo en suelos. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 105–112. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.12>

05

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

RECICLAJE DE NUTRIENTES QUE APORTAN AL SUELO LAS PLANTAS COSECHADAS DE BANANO

RECYCLING OF NUTRIENTS PROVIDED TO THE SOIL BY HARVESTED BANANA PLANTS

María Jose Aponte Barzallo

Email: maponte2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7458-7527>

José Nicasio Quevedo Guerrero

Email: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

Email: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala. Machala, El Oro Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Aponte Barzallo, M. J., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Reciclaje de nutrientes que aportan al suelo las plantas cosechadas de banano *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 38-43. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

RESUMEN

La actividad bananera origina grandes cantidades de residuos agrícolas destacándose las hojas, pseudotallos, raquis y dedos descartados los cuales no son aprovechados técnicamente, por lo tanto, el objetivo de la investigación será determinar los nutrientes que aporta la biomasa de las plantas cosechadas e inoculadas con microorganismos eficientes. El estudio se desarrolló en la Finca “Dos Hermanas” ubicada en el sitio “El Recreo”, en la provincia de El Oro. Se utilizaron 3 tratamientos T1: biomasa de banano picada + ME, T2: biomasa de banano entera + ME y T3: testigo hacienda (sin adición de biomasa ni ME), se consideraron las siguientes variables: pH, MO, nitrógeno, fósforo, potasio, cobre, hierro, magnesio, calcio, manganeso, relaciones de ca/Mg, Ca/K, K/Mg y Ca/K/Mg. El análisis indicó que el pH, MO y los nutrientes en el suelo mejoraron en el T1; Los contenidos de P, Cu, Ca y la relación Ca/Mg presentaron valores altamente significativos al comparar los análisis al inicio y final de la investigación. El T1 es una alternativa para reducir costos de fertilización y disminuir el impacto negativo de los fertilizantes químicos, favoreciendo la sostenibilidad de la producción.

Palabras clave:

Fertilidad del suelo, elementos, pH, materia orgánica.

ABSTRACT

The banana activity originates large amounts of agricultural residues, highlighting the leaves, pseudostems, rachis and discarded fingers, which are not technically used, therefore, the objective of the research will be to determine the nutrients provided by the biomass of the plants harvested and inoculated with efficient microorganisms. The study was carried out in the “Dos Hermanas” farm located in the “El Recreo” site, in the province of El Oro. 3 treatments were used T1: chopped banana biomass + ME, T2: whole banana biomass + ME and T3: farm control (without addition of biomass or ME), the following variables were considered: pH, OM, nitrogen, phosphorus, potassium, copper, iron, magnesium, calcium, manganese, ca/Mg, Ca/K, K/ Mg and Ca/K/Mg. The analysis indicated that the pH, OM and nutrients in the soil improved in T1; The contents of P, Cu, Ca and the Ca/Mg ratio presented highly significant values when comparing the analyzes at the beginning and end of the investigation. T1 is an alternative to reduce fertilization costs and reduce the negative impact of chemical fertilizers, favoring the sustainability of production.

Keywords:

Soil fertility, elements, pH, organic matter.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano está en el puesto cuarto como el alimento más importante en el mundo, en Ecuador representa un alto flujo económico y comercial lo cual se considera una de las principales fuentes de ingresos en el país, es una fruta con muchas propiedades nutricionales, se consume fresca o en platos gourmet. La superficie sembrada de este cultivo es de aproximadamente 190 381 ha con una superficie cosechada de 183 347 mil ha, una producción de 6 583 477 millones de toneladas, con un rendimiento de 35,91 toneladas por ha (FAOSTAT, 2022). Según la ONUAA/FAO (2020) declaró que en el período 2019 Ecuador y Filipinas fueron los principales exportadores de banano en el mundo. Se estima que para el 2028 la producción mundial incrementará a 135 millones de toneladas.

Esta actividad durante su ciclo productivo origina grandes cantidades de residuos vegetales destacándose las hojas, pseudotallos y raquis los cuales no son aprovechados técnicamente (García *et al.*, 2020). Por ello como sustituto de nutrientes en la producción de banano, los abonos generados del material vegetal fresco que queda luego de procesar la fruta siendo el restante de un 70% a 80% los cuales proporcionan materia orgánica y nutrientes al suelo, especialmente nitrógeno, fósforo, potasio y pequeñas cantidades de magnesio, sodio, azufre etc. (Fonseca, *et al.*, 2019) Galecio, (2020) menciona que en el sector bananero la incorporación de microorganismos aumenta el rendimiento del cultivo, el porcentaje de materia orgánica, mejora las condiciones físico-químicas y microbiológicas del suelo. La disponibilidad de nutrientes está determinada por parámetros como humedad, temperatura, acción microbiana del suelo y la condición del material. La aplicación de microorganismos al suelo acelera la descomposición del material vegetal. De esta manera se ofrece a este sector formas innovadoras de implementar prácticas a menor costo, de fácil manejo con óptimos resultados y amigables con el medio ambiente. El objetivo de la presente investigación fue determinar la cantidad de nutrientes que aporta la biomasa de plantas cosechadas de banano inoculadas con microorganismos eficientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental. El estudio se desarrolló en la Finca “Dos Hermanas” desde 1 de diciembre de 2021 hasta 20 de julio de 2022 ubicada en el sitio El Recreo el cual pertenece al cantón Machala de la provincia de El Oro-Ecuador, con coordenadas 3°23'14" Sur y latitud 79°55' 24" Oeste, con una altitud de 8 metros sobre el nivel del mar (msnm).

Diseño experimental. El área donde se desarrolló la investigación fue de 1 ha, los tratamientos se establecieron en bloques completamente al azar con un número igual de repeticiones en el campo (*tabla 1*). En la aplicación de los tratamientos se procedió a recolectar todo el material vegetal fresco como resultado de la cosecha, luego con una balanza se realizó el pesaje para esparcir este

material por los bloques de estudio, además para la aplicación líquida de microorganismos eficientes se hizo uso de bomba de mochila. Los datos fueron analizados estadísticamente mediante el análisis de varianza (ANOVA).

Tabla 1. Tratamientos, composición y dosis aplicados al suelo

Tratamientos	Composición	Dosis Ha-1
T1	biomasa fresca de banano picado + ME	3170,72 kg +200 L ME
T2	biomasa fresca de banano sin picar + ME	3170,72 kg + 200 L ME.
T3	Testigo hacienda (sin adición de microorganismos ni biomasa)	

Captura de microorganismos benéficos, para esta parte de la investigación se usó la metodología propuesta por Quevedo *et al.* (2019), mediante el uso de trampas de arroz cocido, se seleccionó y propagó los microorganismos benéficos para usarlos en la aplicación de los tratamientos 1 y 2.

Tratamiento 1: Los residuos vegetales fueron pesados con la ayuda de una balanza para luego ser picados y distribuidos aleatoriamente, la aplicación en drench de microorganismos eficientes con el empleo de bomba de mochila se realizó cada 15 días con el fin de acelerar la descomposición del material vegetal.

Tratamiento 2: Los residuos vegetales fueron pesados y distribuidos enteros aleatoriamente, la aplicación en drench de microorganismos eficientes se realizó cada 15 días para una descomposición más temprana de la biomasa.

Testigo hacienda: los residuos vegetales de las plantas cosechadas de banano se dejan dentro de la plantación sin trocear y sin distribuir.

Variables evaluadas, fueron pH del suelo, cantidad de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg), cantidad de micronutrientes (Mn, Fe, Cu), relaciones Ca/Mg, Ca/K, Mg/K, y Ca/Mg/K y la cantidad de MO, estos análisis se hicieron al inicio y al final de la investigación, el muestreo inicial fue realizado el 10 de diciembre del 2021 y alrededor siete meses se realizó el segundo muestreo el 04 de julio de 2022, estos parámetros fueron determinados en el laboratorio NEMALAB S.A.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados del ANOVA de un factor (*tabla 2*) se puede observar que presentan diferencias significativas entre los tratamientos para las variables P, Cu, Ca y Mg. Siendo el tratamiento T1 el mejor de los evaluados. En el caso de la variable MO no existe diferencia significativa entre los tratamientos, pero es conocido que un suelo con un valor mayor al 5% es un suelo con excelente fertilidad natural. Así mismo en las variables NH₄ y K aunque

no exista diferencia estadística significativa se evidencia un aumento de este nutriente en el suelo. Para las variables pH, Fe, Mn, no presentan significancia entre los

tratamientos, pero si muestran diferencias numéricas entre dichos tratamientos

Tabla 2. Anova y Tukey p. valor (<0.05) de los tratamientos y variables analizadas

Tto	pH	NH4	P	K	MO	Cu	Fe	Mn	Ca	Mg
T1 I	7,67 a	30,67 a	10,67 a	,43 a	2,05 a	5,13 abc	22,00 a	8,00 a	14,74 ab	6,35 a
T2 I	7,97 a	29,00 a	7,33 a	,37 a	1,87 a	6,07 bc	26,10 a	7,50 a	12,84 a	7,13 a
T3 I	7,93 a	33,00 a	16,33 ab	,47 a	2,26 a	7,00 c	27,70 a	7,40 a	12,85 a	6,84 a
T1 F	7,87 a	63,33 a	63,67 b	1,12 a	5,62 a	4,37 ab	58,93 a	7,44 a	16,27 ab	5,18 a
T2 F	7,93 a	46,33 a	44,00 ab	1,79 a	3,72 a	3,00 a	46,73 a	7,90 a	16,60 ab	5,48 a
T3 F	7,53 a	51,00 a	33,33 ab	1,25 a	4,71 a	3,00 a	28,60 a	10,00 a	16,73 b	5,52 a
F	1,80	1,82	4,08	2,35	1,52	9,09	1,61	1,49	5,12	3,13
Sig.	,187	,182	0,021	0,104	,255	,001	,230	,263	,010	,049

Para la variable pH del suelo (*tabla 2*) se demuestra que no existe significancia entre los tratamientos. Esto evidencia que el pH no se altera mayormente cuando se utiliza la biomasa o residuos de las plantas cosechadas de banana, ya que los valores de las medias están entre 7,67 y 7,97 lo cual no afecta la disponibilidad de macronutrientes, pero si la de algunos micronutrientes. Debe considerarse que, en suelos con capacidad amortiguadora, hay cambios en pH durante un largo período, sin embargo, en la mayoría de los sustratos minerales tienen capacidad de almacenamiento baja y el cambio de pH se da en un tiempo prolongado (Ginés & Mariscal, 2002).

Nitrógeno (NH₄): En esta variable según el ANOVA (*tabla 2*) no existe significancia estadística, se observa una tendencia de incremento en la que los tratamientos T1, T2 y T3 tienen valores comprendidos de 30,67ppm, 29,00 ppm y 33 ppm previo a la aplicación, al finalizar se obtuvo valores de 63,33 ppm, 46,33 ppm y 51 ppm respectivamente, siendo el T1 fin el de mayor incremento en contenido de NH₄ debido a la integración de los residuos vegetales y aplicación de microorganismos eficientes al suelo. El N se halla de manera orgánica e inorgánica en el suelo, se considera que la mayor parte es nitrógeno orgánico originado por la descomposición de los residuos de plantas y animales (Zapata & Osorio, 2010), por tal motivo, una gran diversidad de microorganismos opera según su labor en el medio natural.

Fosforo (P): El P según el ANOVA (*tabla 2*) presenta significancia lo cual se justifica en la figura 1, al finalizar los tratamientos el T1 fin alcanzó una media de 63,67 ppm, mientras que el T2 fin obtuvo 44 ppm. Este elemento incremento debido a la aplicación de los residuos del banana picados en el suelo con la adición de ME. El P en cooperación con ME ayuda a mantener raíces sanas donde

la planta podrá nutrirse de manera eficiente. Leiva, (2019) indican que al solubilizar los fosfatos para la reserva del suelo no se perturba la microfauna y combaten indirectamente con fitopatógenos, esto logra mantener la sanidad radicular.

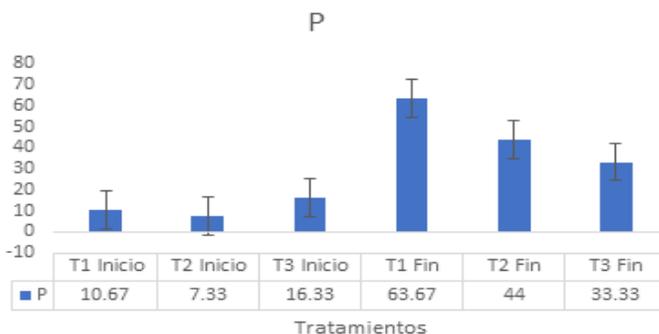


Figura 1. Contenido de P en los tratamientos al inicio y final

Potasio (K): El k en el T2 inicio obtuvo una media de ,37 meq/100g en comparación a T2 fin con un promedio de 1,79 meq/100g (*tabla 2*), el potasio aumenta cuando la biomasa no es troceada y se aplica microorganismos para su descomposición. El potasio regula la presión osmótica y el desplazamiento iónico en la solución del suelo, interviene en las reacciones enzimáticas, el transporte de asimilados y la absorción de nitrógeno (Aguirre et al., 2022a).

Materia orgánica (MO): El contenido de materia orgánica en el T1 inicio 2,05 % fue la media más alta, al finalizar la investigación el T1 fin obtuvo una media de 5,62 %, demostrando que a pesar de no haber significancia entre los tratamientos según el ANOVA (*tabla 2*) se evidencia en el T1 fin un incremento en porcentaje de MO cuando se pica la biomasa y se la adiciona al suelo más

la aplicación de ME, lo que se coincide con lo señalado por Villegas & Laines, (2017) quienes mencionaron que el proceso de descomposición se basa en la labor de los microorganismos que habitan en el medio, capaces de contribuir a la planta los nutrientes que esta requiere al igual que el suelo. Entre los residuos de la biomasa del cultivo de banano el material que más rápido se descompuso fueron las hojas, coincidiendo con lo expuesto por Rojas et al., (2021) que señalan que las hojas en el cultivo de cacao se descomponen en menor tiempo.

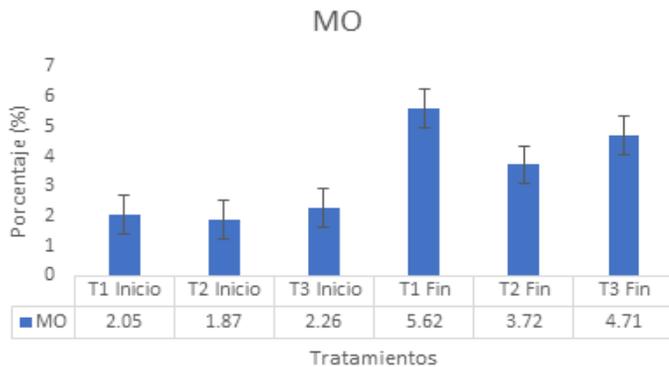


Figura 2. Contenido de MO en los tratamientos al inicio y final

Cobre (Cu): La muestra analizada en el T3 inicio tuvo 7,00 ppm en comparación al T3 fin que presentó un promedio de 3,00 ppm esto demuestra que existe significancia entre los tratamientos. Se observa (tabla 2) que la aplicación de los tratamientos favorece la disminución de Cu en el suelo, mejorando su estructura. Según Olivares et al., (2015) el cobre es un importante contaminante ambiental, esto altera las propiedades naturales del suelo ocasionando efectos adversos en los organismos que habitan en él. El cobre es un nutriente fundamental en el desarrollo de organismos vivos y es necesario en dosis mínimas (Roca, 2007).

Hierro (Fe): En el T1 inicio obtuvo un valor de 22,00 ppm en relación al T1 fin con una media de 58,93 ppm (tabla 2), al inicio el Fe fue menor que al finalizar la investigación lo que indica que cuando se trocea la materia orgánica, se esparce y se aplica microorganismos hace que el pH del suelo se eleve lo que ocasiona un aumento en el contenido de Hierro. Según Navarro & Navarro, (2013) los suelos con pH de 5 a 7.5 no hay posibilidad de absorción de este elemento pudiendo haber una cantidad elevada de Fe, pero este se encuentra insoluble solo siendo una pequeña cantidad asimilable y el escenario se vuelve más complicado en suelos alcalinos (tabla 2). El hierro es un nutriente importante porque interviene en la estructura de la clorofila. La presencia de este nutriente determina la condición de los suelos y en ocasiones disminuye la cantidad de materia orgánica (Connorton et al., 2017).

Manganeso (Mn): En cuanto a este elemento se comprobó que el T3 inicio presentó una media de 7,40 ppm en comparación al T3 fin con 10,00 ppm, demostrando que no hay significancia entre los tratamientos. el Mn (tabla 2) incrementa cuando el material vegetal no es troceado y no se aplican microorganismos. La solubilidad del

manganeso disminuye en suelos básicos o ácidos con mayor proporción de materia orgánica. (Jiménez et al., 2012).

Calcio (Ca): El elemento calcio en el T2 inicio obtuvo un promedio de 12,84 meq/100g en comparación al T2 fin con una media de 16,60 meq/100g en donde se demostró que sí existe significancia entre los tratamientos. El Ca (tabla 2) eleva su concentración cuando la biomasa es esparcida en el suelo sin trocear y sin aplicar microorganismos. Los resultados concuerdan con lo reportado por Aguirre et al., (2022) quienes señalan que el Ca es tomado por las raíces, forma paredes y membranas celulares, regula la actividad de las enzimas, su déficit disminuye la disponibilidad de fósforo, reduce el desarrollo de las raíces y de la planta.

Magnesio (Mg): El Mg en el T1 inicio fue 6,35 meq/100g en relación al T1 fin alcanzó un valor de 5,18 meq/100g, demostrando que no hay significancia entre los tratamientos, a pesar de esto (tabla 2) se muestra que el Mg disminuye cuando los residuos de banano son troceados y se aplican microorganismos.

Según Ross, (2004) el Mg que toman las plantas está presente en la solución del suelo, la importancia de este micronutriente radica en ser la base de la molécula de clorofila además de otras funciones metabólicas como la síntesis proteica, respiración celular y procesos enzimáticos.

Relación Ca/Mg: En la figura 3 se observa que el T2 inicio fue 1,81 meq/100g y el T2 fin 3,05 meq/100g. La relación de Ca/Mg aumenta cuando los residuos de la cosecha han sido distribuidos por el suelo y se ha incorporado microorganismos eficientes. Según Ferro et al. (2020) las cantidades de ambos nutrientes dependen de factores bióticos y abióticos como el clima, suelo y material vegetal, la relación Ca/Mg para el normal desarrollo debe ser de 2:1.

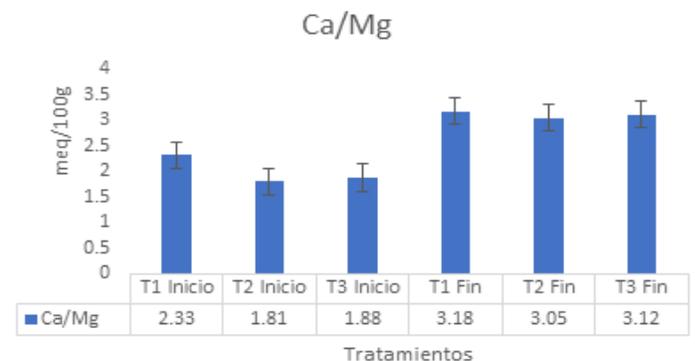


Figura 3. Relación Ca/Mg en los tratamientos al inicio y final

Relación Ca/K: En el T1 fin obtuvo 14,52 meq/100g frente al T1 inicio que tuvo un valor de 42,99 meq/100g; con lo cual se determinó que no existe significancia entre los tratamientos. En la figura 4 se muestra que, al trocear la biomasa, distribuirla en el suelo y agregarle microorganismos eficientes, la relación de Ca/K disminuye. Navarro & Navarro, (2013) indican que no es común el exceso de

potasio, mientras la relación entre estos dos elementos incrementa la planta lo aprovechará eficientemente hasta llegar a un rango adecuado, el cual está entre 0.75 – 0.85 kg.

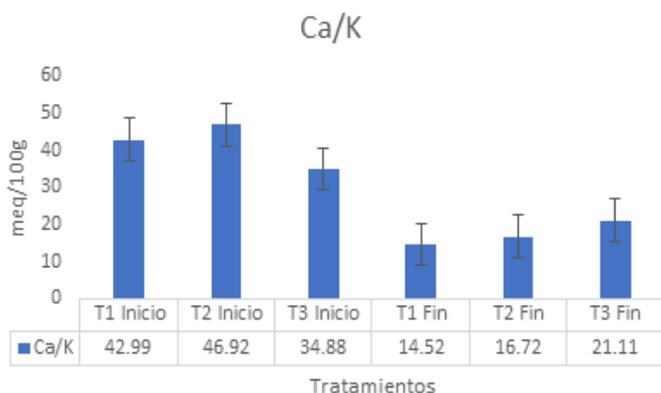


Figura 4. Relación Ca/K en los tratamientos al inicio y final

Relación Mg/K: El T2 inicio con 27,78 meq/100g frente al T2 fin con 5,23 meq/100g, señalan que a pesar de ser distantes no existe significancia entre los tratamientos. La relación de estos dos elementos (figura 5), al trocear el material vegetal del banano y de realizar aplicaciones de microorganismos en el suelo los valores disminuyen, lo cual concuerda con Álvarez, (2015) que menciona que la biomasa de los cultivos mejora la relación Mg/K; la cual es fundamental para el correcto desarrollo de las hojas, la calidad de la clorofila y a su vez actúa en el metabolismo de los carbohidratos.

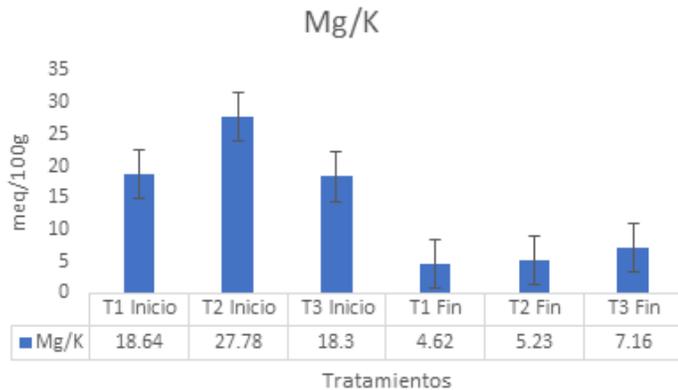


Figura 5. Relación Mg/K en los tratamientos al inicio y final

Relación Ca/Mg/K: En los datos analizados de esta variable se demostró que el T1 inicio con una media de 61,63 meq/100 en relación al T1 fin genero un resultado de 19,15 meq/100g donde se comprobó que no hay significancia entre los tratamientos. Como se logra ver en la figura 6, la relación entre estos elementos disminuye cuando los residuos de la cosecha del banano son troceados y aplicados al suelo más la incorporación de microorganismos benéficos. Según Pérez, (2013) menciona que los niveles de cationes más relevantes en el suelo como (Ca, K y Mg) pueden presentarse con valores no proporcionales entre sí habiendo un desequilibrio y, por lo tanto, existe menos probabilidad para que las plantas los absorban.

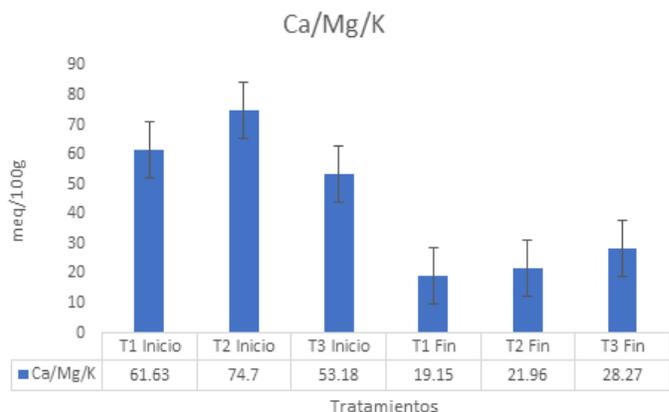


Figura 6. Relación Ca/Mg/K en los tratamientos al inicio y final

CONCLUSIONES

Al comparar los análisis de suelo al inicio y final de la investigación los nutrientes en el suelo mejoraron con la aplicación del T1(biomasa fresca de banano picado + ME) en contenido de P, Cu, Ca y la relación Ca/Mg donde presentaron valores altamente significativos. En la variable MO, aunque en la prueba estadística no demuestre una significancia se sabe que una MO superior al 5% es un suelo con grandes propiedades físico-químicas que conlleva a ser un suelo fértil. El T1 podemos considerar como una alternativa para reducir los costos de fertilización y disminuir el impacto negativo que causan los fertilizantes químicos, favoreciendo la sostenibilidad de la producción y la salud del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, S., Piraneque, N. y Cruz, R. (2022). Relación entre elementos nutrientes con carbono, nitrógeno y materia orgánica en suelos de la zona bananera de Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 93 – 111. https://www.researchgate.net/profile/Rosmery-Cruz-Obyrne/publication/361449116_Relacion_entre_nutrientes_con_carbono_nitrogeno_y_materia_organica_en_suelos_de_la_zona_bananera_de_Colombia/links/62b342276ec05339cc9a9c11/Relacion-entre-nutrientes-con-carbono-nitrogeno-y-materia-organica-en-suelos-de-la-zona-bananera-de-Colombia.pdf
- Álvarez, C. R. (2015). Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos.[Tesis Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires]. http://www.ciaorganico.net/documypublic/126_libro_fertilidad_de_suelos-pvo_isbn.pdf
- Connorton, J. M., Balk, J., & Rodríguez-Celma, J. (2017). Iron homeostasis in plants—a brief overview. *Metallomics*, 9(7), 813-823. <https://doi.org/10.1039/c7mt00136c>

- FAO/STAT. (07 de 06 de 2022). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. FAO/STAT: <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Ferro, D., Lozano, L., Bartoli, C., Fanello, D., Larrieu, L., Millan, G., & Soracco, C. (2020). Disponibilidad y relación de calcio y magnesio: Efecto sobre exportación y concentración en raigrás y soja. *Revista de La Facultad De Agronomía*, 119(2), 057. <https://doi.org/10.24215/16699513e057>
- Fonseca, E. L. V., Batista, R. M. G., Herrera, A. M., & Castro, A. R. S. (2019). Alternativas nutricionales eficientes en banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 151-159. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REM-CA/article/view/104/198>
- Galecio-Julca, M. (2020). Effect of organic sources and efficient microorganisms on the yield of the organic banana crop (Musa spp.L.). *Manglar*. 17(4), 301–306. <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/man-glar/article/download/195/332>
- García Batista, R. M., Quevedo Guerrero, J. N., & Socorro Castro, A. R. (2020). Prácticas para el aprovechamiento de residuos sólidos en plantaciones bananeras y resultados de su implementación. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(1), 280-291. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S221836202020000100280&script=sci_arttext&lng=pt
- Ginés, I., & Mariscal Sancho, I. D. L. (2002). Incidencia de los fertilizantes sobre el pH del suelo. https://oa.upm.es/3176/2/MARISCAL_MONO_2002_01.pdf
- Jiménez, J. D. L. C., Moreno, L. P., & Magnitskiy, S. (2012). Respuesta de las plantas a estrés por inundación. Una revisión. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6(1), 96-109. www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732012000100010&script=sci_abstract&lng=pt
- Morocho, T. y Leiva-Mora, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Centro Agrícola*, 46(2), 93-103. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852019000200093&lng=es&lng=es
- Navarro & Navarro (2013). Química agrícola: química del suelo y de los nutrientes esenciales para las plantas. Mundi-Prensa Libros. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=RSs6AgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP18&dq=NAVARRO+G.+y+NAVARRO+S.+2003.+Qu%C3%ADmica+agr%C3%ADcola:+El+suelo+y+los+elementos+qu%C3%ADmicos+esenciales+para+la+vida+vegetal.+&ots=UQGbbpUtH2&sig=b3sv57Nd_zjLyoclio89MVZclAw#v=onepage&q&f=false
- Olivares, Y., Gaete, H., & Neaman, A. (2015). Evaluación de la fitotoxicidad y la genotoxicidad de suelos agrícolas de zonas con actividades mineras de cobre de la cuenca del río Aconcagua (Chile central). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 31(3), 237-243. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992015000300003&script=sci_arttext
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Análisis de mercado del banano: resultados preliminares 2019. FAO <https://www.fao.org/3/ca7567es/ca7567es.pdf>
- Pérez-López, E. (2013). Análisis de fertilidad de suelos en el laboratorio de Química del Recinto de Grecia, Sede de Occidente, Universidad de Costa Rica. *InterSedes*, 14(29), 06-18. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S2215-24582013000300001&script=sci_arttext#1
- Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, I. G., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (Musa x paradisiaca L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 190-197. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/300>
- Roca, N., Pazos, M. S., & Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO Argentino. *Ciencia del suelo*, 25(1), 31-42. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672007000100005&script=sci_arttext&lng=pt
- Rojas-Molina, J., Ortiz-Cabralez, L., Escobar-Pachajoa, L., Rojas-Buitrago, M., & Jaimes-Suarez, Y. (2021). Descomposición y liberación de nutrientes en biomasa por poda de cacao (Theobroma cacao L.) en Rionegro, Santander, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 888-900. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/index>
- Ross, M. (2004). Importancia del magnesio para altos rendimientos sostenibles en palma de aceite. *Revista Palmas*, 25(especial), 98-104. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1071/1071>
- Zapata, R. D., & Osorio, W. (2010). La materia orgánica del suelo. Burbano O., H. and F. Silva M.(eds.). *Ciencia del suelo: principios básicos*. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo (SCCS), Bogotá, 357-396. <https://isbn.cloud/9789588598062/ciencia-del-suelo-principios-basicos/>

06

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE PEPINO (*CUCUMIS SATIVUS* L.) BAJO CONDICIONES DE MULCH PLÁSTICO, ECUADOR

YIELD OF THE CUCUMBER (*CUCUMIS SATIVUS* L.) CROP UNDER
PLASTIC MULCH CONDITIONS, ECUADOR

Julissa Brigitte Erreyes-Jara^{1,2}

E-mail: jerreyes3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5242-4399>

Jonathan Montoya-Alejandro^{1,2}

E-mail: jmontoya2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9803-3369>

Ángel Eduardo Luna-Romero¹

E-mail: aeluna@utmachala.edu.ec

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

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

²Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT)

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Brigitte Erreyes-Jara, J., Montoya-Alejandro, J., Luna-Romero, A. (2023). Rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de mulch plástico, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 44-51. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

El mulch es una práctica muy antigua que se ha utilizado para mejorar la calidad del suelo y los cultivos. Los diferentes colores de mulch ofrecen ventajas en el desarrollo de cultivos y aumento del rendimiento de las plantas a diferencia que las cultivadas sin mulch. Por lo antes mencionado el objetivo de la presente investigación fue, evaluar el rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de mulch plástico en Ecuador. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cinco tratamientos: testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4) con tres repeticiones, se usó la prueba estadística Duncan con nivel de significancia ($p < 0,05$). El uso de mulch de color en el suelo demostró aumentar la temperatura en las primeras capas (0 y 10 cm) y mejorar el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo en comparación con el tratamiento testigo, con mejores resultados en parámetros como diámetro de tallo (13,80 mm), peso (363,81 g), diámetro (56,29 mm), longitud (23,99 cm), número de fruto (8,27) y biomasa vegetal (149, 61 g). En contexto del rendimiento el mulch negro fue el que mostró mejores resultados con un rendimiento de 60,07 ($t\ ha^{-1}$).

Palabra clave:

Mulch, microclima, rendimiento, temperatura, suelo.

ABSTRACT

Mulching is a very old practice that has been used to improve soil and crop quality. The different colors of mulch offer advantages in crop development and increase plant yields in contrast to those grown without mulch. Therefore, the objective of this research was to evaluate the yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) under plastic mulch conditions in Ecuador. A completely randomized design was used, with five treatments: control (T0), red (T1), blue (T2), black (T3) and green (T4) with three replications, using the Duncan statistical test with significance level ($p < 0.05$). The use of colored mulch in the soil was shown to increase the temperature in the first layers (0 and 10 cm) and to improve the vegetative and productive development of the crop compared to the control treatment, with better results in parameters such as stem diameter (13.80 mm), weight (363.81 g), diameter (56.29 mm), length (23.99 cm), number of fruit (8.27) and plant biomass (149.61 g). In the context of yield, the black mulch showed the best results with a yield of 60.07 ($t\ ha^{-1}$).

Keywords:

Mulch, microclimate, yield, temperature, soil.

INTRODUCCIÓN

La aplicación de mulch es una práctica muy antigua que ha contribuido en gran medida a mejorar la situación de escasez de alimentos en el mundo, se ha utilizado para mejorar la calidad del suelo y los cultivos, esto se logra colocando una capa superficial de materia seca o plástico que contribuye a regular la temperatura y las propiedades físicas del suelo (Amare & Desta, 2021; You et al., 2021).

El control de malezas, la conservación de la humedad del suelo y la modificación de la temperatura son los principales objetivos del mulch (Karki et al., 2020), siendo el mulch plástico una cubierta del suelo que impide la evaporación del agua, bloquea la radiación directa al suelo y reduce la temperatura durante el día, además impide la erosión y previene el desarrollo de malezas (Sharmila & Singh, 2020).

Los diferentes colores de mulch ofrecen ventajas para el desarrollo de cultivos de hortalizas, inclusive un suelo cubierto tiene una retención nutricional más fuerte, obteniendo mayores rendimientos finales, que las plantas cultivadas sin mulch (Amare & Desta, 2021; Oliveira et al., 2021)

La temperatura del suelo y el microclima son afectados por el uso de mulch plástico, depende de sus propiedades tales como la reflexión, transmisión y absorción de la luz. El color y la composición del mulch plástico tienen un impacto significativo en el perfil de la temperatura del suelo, con influencia sobre el microclima alrededor de las plantas (Torres et al., 2016 ;Mendonça et al., 2021). Se debe enfatizar que las plantas responden a distintos colores de mulch y al ambiente bajo condiciones controladas (Amare & Desta, 2021).

En los últimos años se ha demostrado que elegir el color correcto de mulch plástico es esencial para la producción de hortalizas. Según informes de investigación, los mulch plásticos de diferentes colores afectan la producción de cultivos de diferentes maneras (Amare & Desta, 2021). No obstante, se desconoce qué color tendría el mejor efecto en el microclima alrededor de la planta, los efectos en la producción de pepinos en varias condiciones climáticas específicas y diferentes tipos suelos (Mutetwa & Mtaita, 2014).

El pepino (*Cucumis sativus* L.) es un importante cultivo de hortalizas del mundo, de la familia de las Cucurbitáceas (Hallidri, 2001), es un alimento con muchos beneficios para la salud, ya que es rico en nutrientes, proteínas, vitaminas y potasio. Esta planta se cultiva en climas tropicales y subtropicales y puede sembrarse tanto en campo abierto como bajo cubierta, se ha convertido en una de las más importantes hortalizas en la dieta humana por sus grandes propiedades nutricionales (Alekseeva et al., 2019).

La presente investigación resalta el uso del mulch plástico, que se ha convertido en una práctica cultural importante en todo el mundo para los productores de cultivos de hortalizas (Hallidri, 2001; Alekseeva et al., 2019). Ante

la poca disponibilidad de investigaciones acerca del uso del mulch plástico en la producción de pepino, se planteó el presente estudio con el objetivo de evaluar el rendimiento del cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L.) bajo condiciones de mulch plástico en Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se desarrolló durante el periodo de septiembre a noviembre de 2022, en la granja experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro, Ecuador (Figura 1). Las coordenadas geográficas del sitio de estudio son de 3° 17' 18.79" S, 79° 54' 43.81" O y una altitud de 6 msnm. La temperatura media anual de la zona es de 24 a 26°C. La precipitación media anual es de alrededor de 1250 mm con un periodo lluvioso de diciembre a mayo (Luna-Romero et al., 2018).

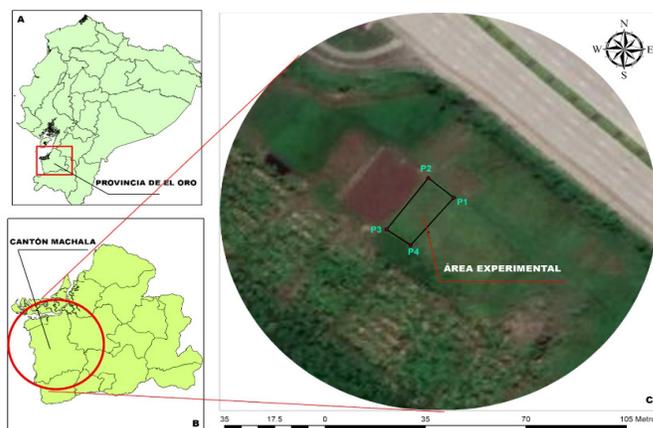


Figura 1. Mapa de ubicación, A) Mapa geográfico del Ecuador B) Provincia de El Oro y C) área de estudio

Diseño del estudio

Se aplicó un diseño completamente al azar (DCA), el factor de estudio fue el mulch plástico, con cinco tratamientos y tres repeticiones. Los mulch plástico evaluados fueron: mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4). La unidad experimental (UE) constó con camas de 5m² (5 m x 1 m) con un espaciado a 1 m. Por cada UE se seleccionó 10 unidades muestrales (UM) evitando efecto de borde, que se mantuvieron identificadas para continuar con las mediciones posteriores, dando un total de 150 plantas de UM en toda la parcela de estudio.

Medición de variables físicas del suelo y morfológicas en el cultivo

Para determinar las variables del suelo se realizó una calicata donde se recolectó muestras a tres profundidades (0, 10 y 30 cm). Esta práctica consistió colocar suelo alrededor y formar un muro de aproximadamente 1 m x 1,10 m, donde se agregó agua para luego cubrir con un plástico,

y así, impedir la pérdida de agua por evaporación. Para extraer las muestras se utilizó cilindros volumétricos, los parámetros físicos que se determinó fueron densidad aparente (D_a), la humedad gravimétrica (G_w) y humedad volumétrica (V_w) mediante la función de las ecuaciones propuestas por Lowery et al., (1996). Sin embargo, para la determinación de punto de marchitez permanente (PMP) se estimó mediante la ecuación planteada por Silva et al. (1988), descrita en la siguiente ecuación (1).

$$PMP = G_w \times 0.74 - 5 \quad (1)$$

Calor específico del suelo

Con las mismas muestras de suelo se pudo determinar el calor específico, para esto se utilizó calorímetros calibrados, se colocaron 100 g de suelo seco en el calorímetro y se midió su temperatura inicial, se calentaron 100 mL de agua y se verificó su temperatura por medio de un termómetro de mercurio, después se introdujo el agua en el calorímetro, se tapó y se registró la temperatura de equilibrio (Unsihuay, 2002).

Calibración de termistores

Los termistores NTC (por sus siglas en inglés) consisten en un material semiconductor hecho principalmente de una mezcla de oxígeno y carbono. Esta mezcla se coloca en una tapa de cerámica y se conecta con dos cables. Los cables permiten que la electricidad fluya a través de un material semiconductor. Cuando la corriente fluye a través de un material semiconductor, se calienta y su resistencia disminuye. Esto significa que el tamaño del material semiconductor afecta la resistencia del termistor. La calibración se realizó en el laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, esta práctica consistió en introducir el termistor al igual que el termómetro de mercurio en un vaso de precipitado con agua, para luego con un multímetro medir la resistencia de los NTC en tres temperaturas (5, 25 y 50 °C), con estos valores se calcularon los coeficientes de Steinhart & Hart (1968) con el uso de Thermistor Calculator V1.1 desarrollada por Stanford Research Systems Inc. con fundamento teórico en la siguiente ecuación

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

Donde, T^{-1} es la temperatura inversa expresada en Kelvin, R es el valor de la resistencia medida del termistor expresada en ohmios (Ω). A , B y C son las constantes que se ajustaron de Steinhart-Hart. Finalmente se obtuvieron las ecuaciones para cada termistor para transformar los valores de resistencia a temperatura.

Manejo del experimento

Preparación del terreno

Consistió en la roturación del suelo con maquinaria agrícola (motocultor), continuando con la construcción manual de las UE, seguido se aplicó de forma edáfica

hongos benéficos del género *Trichoderma* sp. Así mismo, se procedió a colocar el mulch plástico en las UE para luego ser perforados a un diámetro 13 cm a cada 30 cm de distancia para el trasplante de las plántulas.

Trasplante

Las semillas de pepino de la variedad "Marketmore 76", se sembraron primero en bandejas de germinación y luego se trasplantaron de forma manual a los 15 días después de la emergencia. Se utilizaron postes de caña como tutorado a una altura de 2,5 m en cada esquina de las UE, además, se instaló alambre galvanizado de 2,15 mm de diámetro, a una altura de 2 m. Estos alambres se colocaron para que al momento de su crecimiento esta mantenga una mejor aireación, de posición vertical, con la finalidad que los frutos no tengan contacto con el suelo y minimizar la incidencia de enfermedades. Manualmente se colocó la cinta de riego por hilera con emisores espaciados a 45 cm y un gasto por emisor de 0-40 L h⁻¹.

Control de plagas y enfermedades

Para el control preventivo de insectos, se utilizó trampas de dos colores amarillo y azul; el primero para evitar mosca blanca (*Bemisia tabaci*), pulgones (*Myzus persicae*), minadores (*Liriomyza trifolii*) y dípteros; y el segundo para trips (*Frankliniella occidentalis*). Dos días después del trasplante se aplicó un insecticida orgánico de forma foliar a base de ají (*Capsicum frutescens*), clavo de olor (*Syzygium aromaticum*) y ajo (*Allium sativum*) diluido en un 1 L de agua, la frecuencia de aplicación fue de tres veces por semana. El control de malas hierbas en los surcos se ejecutó semanalmente de forma manual.

Temperatura del suelo

Se instalaron los termistores NTC (Figura 2), calibrados a una profundidad de 0, 10 y 30 cm. Estos termistores se colocaron en cada tratamiento al azar. A partir del 18 de septiembre de 2022, se registraron datos con la ayuda de un multímetro, que monitorean la temperatura del suelo en contacto con cada termistor, obteniendo datos con intervalo de una hora. Las lecturas se tomaron diarias desde las 06:00 hasta las 19:00 horas.

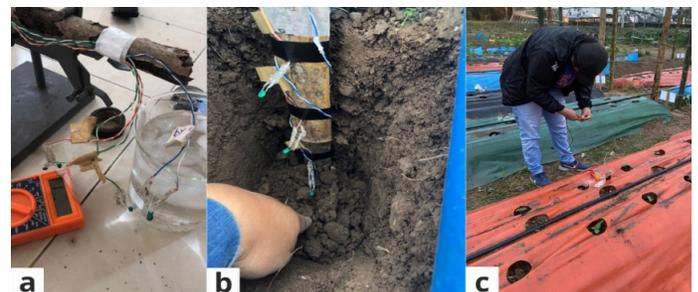


Figura 2. a) Calibración de termistores en laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, b) Instalación en campo a una profundidad de (0, 10 y 30 cm) y c) Toma de datos con los termistores

Variables morfológicas

Las medidas descritas a continuación se tomaron en las UM de cada tratamiento. La altura de las plantas se midió con un flexómetro, considerando la distancia entre la superficie del suelo y el meristema apical del tallo principal. El diámetro del tallo se midió a 1 cm de la superficie del mulch con un calibrador digital. La longitud de fruto se midió con una cinta métrica desde la base hasta el ápice del fruto, el diámetro del fruto se midió con un calibrador digital y por último el peso del fruto se obtuvo mediante una balanza digital gramera.

El contenido de clorofila se midió en campo seleccionando la tercera hoja desde arriba a los 15, 30 y 65 días después del trasplante (ddt) en todos los tratamientos con ayuda del medidor SPAD-502 PLUS. La biomasa vegetal total se determinaron los pesos húmedos y secos de la planta entera, mientras que se excluyó el fruto. Las muestras se tomaron al finalizar la cosecha. Para la determinación del peso seco, las muestras se secaron a 70 °C durante 48 h en una estufa de secado.

Rendimiento, número total de frutos

El rendimiento se determinó por el peso de frutos recolectados de cada parcela experimental, luego el peso total se transformó a toneladas por hectáreas. El número total de frutos se procedió a contabilizar los frutos por planta, para luego ser promediado.

Análisis estadístico

Todos los datos se sometieron a un ANOVA de un factor inter-grupos utilizando el software IBM SPSS 25 con el fin de determinar las diferencias estadísticas entre las medias, con un nivel de significancia del 5% ($p < 0,05$) con comparaciones post hoc mediante las pruebas de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas de suelo

En la Tabla 1 se detallan los valores de las propiedades físicas del suelo para las tres profundidades muestreadas, que fueron analizadas en laboratorio de suelos, donde los

valores promedios del perfil fueron: D_a de 1,30 g cm⁻³, G_w de 32,79%, PMP de 19,26 % y C_{ss} de 0,16 cal g⁻¹ °C⁻¹.

Tabla 1. Resultados de propiedades físicas de suelo para tres profundidades (Prf), densidad aparente (D_a), humedad gravimétrica (G_w), el calor específico del suelo seco (C_{ss}) y punto de marchitez permanente (PMP)

Prf (cm)	D_a (g cm ⁻³)	G_w (%)	C_{ss} (cal g ⁻¹ °C ⁻¹)	PMP (%)
0	1,28	32,88	0,11	19,33
10	1,30	32,62	0,15	19,14
30	1,33	32,86	0,21	19,32

Temperatura del suelo

Con la información de geotemperaturas se realizó el análisis estadístico para las 8:00; 12:00 y 16:00 horas (Batallas et al., 2022). Los tratamientos muestran diferencias significativas ($p < 0,05$) (Tabla 2). En los 0 cm de profundidad, la mayor temperatura promedio se registró en mulch de color azul (T2) con 29,02 °C en horario de 8:00 horas, mientras que el color negro (T3) para las 12:00 y 16:00 horas registró el mejor promedio, 28,94 °C y, 30,58 °C, respectivamente. En profundidad de 10 cm, el T2 registró las mejores temperaturas para 8:00 y 12:00 horas, 23,27 °C y, 26,22 °C, respectivamente; mientras el T3 con 30,57 °C fue el mejor tratamiento para las 16:00 horas.

Por último, en profundidad de 30 cm, los valores registraron un comportamiento diferente al patrón establecido en los primeros niveles de profundidad, donde el sin mulch testigo (T0), y el mulch color verde (T4) contiene las temperaturas más altas. De igual manera en el trabajo de investigación de Rangarajan & Ingall, (2001), encontraron temperaturas más altas en el mulch plástico de color negro y azul, donde su investigación se basó en el color del plástico y su efecto a la calidad y rendimiento del radicchio (*Cichorium intybus*), así mismo Hallidri, (2001) menciona que la mayor temperatura a una profundidad de 10 y 30 cm destaca en el plástico negro donde compara los diferentes materiales de mulch en el crecimiento, rendimiento y calidad de pepino.

Tabla 2. Resultados de temperatura del suelo (°C) a una profundidad (Prf) de 0, 10 y 30 cm, en los tratamientos (Trt) de mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4) donde se muestra temperaturas de las 8:00, 12:00 y 16:00 horas; valores máximos (Max), mínimos (Min) y medias (Med)

Prf (cm)	Trt	Temperatura del suelo (°C)								
		8:00			12:00			16:00		
		Max	Min	Med	Max	Min	Med	Max	Min	Med
0	T0	22,46	17,84	20,46c	32,85	18,51	20,98c	36,82	18,59	22,05d
	T1	26,00	20,85	23,37c	25,29	17,88	22,71c	25,74	21,34	23,45c
	T2	31,29	26,96	29,02 ^a	31,02	25,58	28,56b	31,16	26,18	28,73b
	T3	27,18	22,17	25,11b	37,12	24,02	28,94a	40,44	23,99	30,58a
	T4	23,63	19,68	21,54d	27,93	19,15	21,52a	25,09	19,92	21,90d

10	T0	23,22	16,90	19,62d	28,70	15,40	22,72b	34,50	19,08	22,05d
	T1	24,35	20,13	22,13b	24,63	19,37	22,31b	27,80	20,04	23,45c
	T2	24,55	21,44	23,27a	32,29	22,81	26,22a	36,40	23,39	28,73b
	T3	23,46	19,61	21,39c	23,14	19,49	21,04c	23,41	19,76	30,57a
	T4	26,57	19,01	21,43c	26,57	18,93	22,12b	29,15	19,74	21,89d
30	T0	19,12	15,94	17,43a	19,67	13,91	17,91b	24,55	15,66	19,54a
	T1	10,31	5,89	7,81e	10,57	5,82	7,63e	9,73	5,61	7,80d
	T2	16,52	10,35	13,85c	17,15	8,41	14,04c	19,16	9,66	15,79b
	T3	12,83	9,97	11,18d	12,56	9,79	10,94d	13,04	10,03	11,35c
	T4	20,30	13,49	16,09b	25,82	14,39	18,69a	29,10	15,29	20,13a

Las letras en minúscula representan diferencia significativa de acuerdo a la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Efecto del mulch sobre los caracteres de crecimiento

Altura de planta

Los resultados de altura después de los 15 ddt entre los tratamientos mostraron que no presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las plantas. Sin embargo, la altura tuvo una diferencia significativa a los 30 ddt el T1 alcanzó el valor medio máximo de 99,99 cm frente al T0 con 84,91 cm, en cambio a los 65 ddt entre el T1, alcanzó un valor medio máximo de 292,83 cm a diferencia de los demás tratamientos, donde T0 se encontró con el valor más bajo, promedio de 192,28 cm (Figura 3).

Las lecturas de los 30 y 65 ddt evidencian la influencia del mulch rojo sobre el desarrollo del cultivo en comparación con el suelo desnudo, según You et al., (2021), este color permite una mayor reflexión de la luz efecto que favorece el crecimiento y desarrollo de los cultivos. Hallidri (2001), en investigación con cultivo de pepino menciona que el mulch plástico (negro, plateado y transparente) también influye de manera significativa en la altura de la planta con respecto al control y mulch orgánico. Asimismo, Karki et al., (2020) manifiestan que el mulch plástico (plateado-negro) presentó mejores resultados en dos de cuatro evaluaciones de altura del pepino; sin embargo, el ensayo también implicó tratamientos de mulch orgánico.

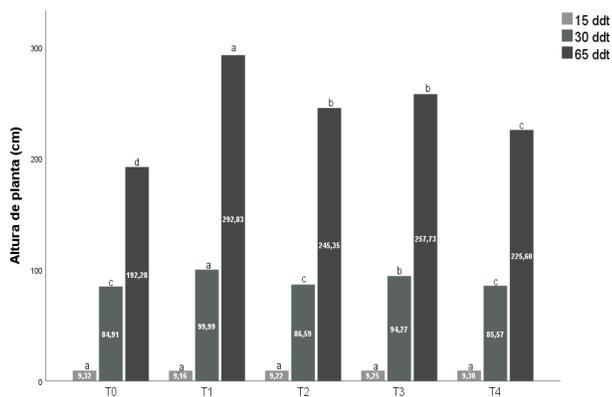


Figura 3. Altura de planta (cm) tomados a los 15, 30 y 65 días de trasplante (ddt); para mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3), verde (T4), las letras demuestran la diferencia significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)

Diámetro de tallo

Los resultados obtenidos luego de 15 ddt no mostraron diferencias significativas en el diámetro de tallo. En cambio, a los 30 y 65 ddt mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) en T3, 11,38 mm y 13,80 mm, respectivamente. Hallidri, (2001) y Mutetwa & Mtaita, (2014), obtuvieron los diámetros máximos de planta, en el mulch plástico negro, demostrando que tiene efecto en el diámetro de la planta de pepino. Franquera, (2015), considera que el mulch de color transmite, absorbe y refleja diferentes longitudes de onda, estas propiedades se priorizan a través de los fitocromos que regulan la elongación y el diámetro del tallo (Figura 4).

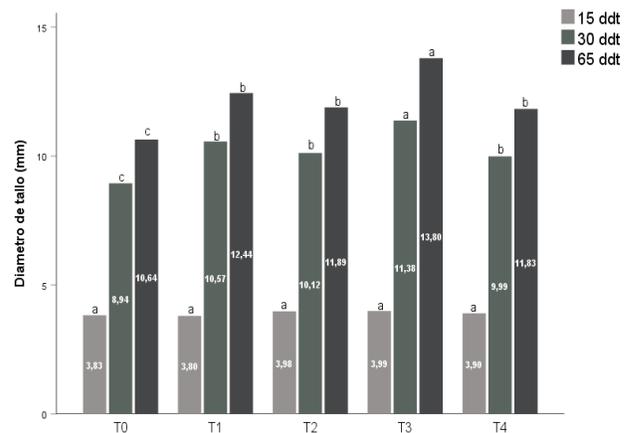


Figura 4. Diámetro del tallo (mm) tomados a los 15, 30 y 65 días después de trasplante (ddt); para mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3), verde (T4), las letras demuestran la diferencia significativa por la prueba de Duncan ($p < 0,05$)

Medición de clorofila

La diferencia en la concentración de clorofila entre los tratamientos fue significativa. A los 30 y 65 ddt el T1 mostró una mayor concentración de clorofila con 60,46 $\mu\text{g mL}^{-1}$ y 74,80 $\mu\text{g mL}^{-1}$, respectivamente, en comparación con todos los tratamientos, incluyendo el T0 (50,65 $\mu\text{g mL}^{-1}$). Por tanto, el mulch plástico afectó significativamente la concentración de clorofila en las hojas de pepino en comparación con el tratamiento control, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por López-Tolentino et al., (2017)

quienes indican que las mayores concentraciones de clorofila fueron a los 55 días después de la siembra con el mulch de color rojo. Por otro lado Franquera, (2015), en un ensayo con lechuga (*Lactuca sativa* L.) evaluó las concentraciones de clorofila bajo condiciones de mulch plástico, donde el color rojo y amarillo presentaron los mejores resultados. Este efecto del mulch plástico rojo se debe a que absorbe una determinada longitud de onda de luz y la fracción que refleja afecta positivamente las propiedades fisiológicas de la planta (Franquera, 2015).

Tabla 3. Medición de la clorofila ($\mu\text{g/mL}^{-1}$) a los 15, 30 y 65 días después de trasplante (ddt) en los tratamientos mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4)

ddt	Tratamientos				
	T0	T1	T2	T3	T4
15	44,30a	50,02a	47,50a	49,52a	46,75a
30	45,96b	60,46a	49,16b	51,89b	48,29b
65	50,65c	74,81a	61,34b	62,34b	66,39b

Las letras en minúscula representan diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Biomasa Vegetal

El resultado en peso fresco de la biomasa (PFB) y peso seco de la biomasa (PSB) realizado a los 65 ddt, obtuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo el T3 el que registró un peso mayor con 1079,07 g en PFB y 149,61 g en PSB, mientras que el T0, presentó los valores más bajos con 181,44 g y 20,37 g respectivamente (Tabla 4). Los datos concuerdan parcialmente con Mutetwa & Mtaita, (2014) quienes muestran en su investigación basada en los diferentes efectos de distintos colores de mulch que el color gris (plata) presenta mayor biomasa. Por otro lado, Torres et al., (2016) en el cultivo de pepino mencionan que los resultados referentes a peso seco de la biomasa fueron mayores para el tratamiento de color rojo.

Tabla 4. Comparación de medias en los tratamientos (Trt) de mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4) para el peso fresco de la biomasa (PFB) y peso seco de la biomasa (PSB), expresada en gramos (g), a los 65 días después del trasplante (ddt)

Trt	PFB (g)	PSB (g)
T0	181,44 ^c	20,37 ^b
T1	990,73 ^{ab}	104,90 ^{ab}
T2	554,73 ^{bc}	73,47 ^{ab}
T3	1079,07 ^a	149,61 ^a
T4	374,13 ^c	34,70 ^b

Las letras en minúscula representan diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

Rendimiento

En la Tabla 5 se muestran los valores promedio de peso, longitud y diámetro de la fruta, los cuáles fueron estadísticamente significativos ($p < 0,05$) con respecto al tratamiento control, siendo el T3 el que mayor promedio registró (363,81 g, 23,99 cm y 56,29 mm, respectivamente). Por otro lado, el T0 presentó los valores más bajos (289,60 g, 21,15 cm y 55,01 mm, respectivamente) (Tabla 5). Sin embargo, Fonseca et al., (2003), en su investigación en pepino mostro que no hubo influencia en el peso y diámetro de la fruta pero en longitud fue mayor en el mulch negro. Karki et al., (2020), en su investigación de pepino, mostró que el mulch color plata-negro (doble mulch) y el negro obtuvieron mayor peso (g), diámetro (cm) y longitud de fruto (cm). Asimismo, Mutetwa & Mtaita, (2014), manifiestan que el mulch gris (plata) registraron mejores resultados en las variables antes mencionadas, seguidos cuantitativamente por el color negro; es decir, presentan resultados cuasi-similares a esta investigación con respecto al mulch color negro (T3).

El número de frutos por planta presentó diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en los diferentes tratamientos. El T3 obtuvo el valor promedio máximo con 8,27, con respecto al T0 (5,77), esto concuerda con los resultados obtenidos por Fonseca et al. (2003), en su proyecto de pepino, donde obtuvo mayor número de frutos por planta en el mulch negro, a diferencia de Mutetwa & Mtaita, (2014), obtuvieron una influencia en el número de frutos por planta en el mulch gris (plata) seguido por el mulch negro su investigación se basa en efectos diferentes colores de mulch en la producción de pepino, sin embargo Soleymani et al., (2015), demostró que el número de frutos por planta en el cultivo de pepino fue similar con todos los mulch siendo superior al tratamiento control, su investigación se basó en mulch transparente, negro y sin mulch.

Tabla 5. Valores de rendimiento en el cultivo de pepino en los tratamientos (Trt) de mulch testigo (T0), rojo (T1), azul (T2), negro (T3) y verde (T4); detallando el peso promedio de la fruta en gramos (g), longitud en centímetros (cm), números de frutas por planta (NFP) y el rendimiento con tonelada hectárea (t ha^{-1})

Trt	Peso (g)	Lng (cm)	D (mm)	NFP	Rnd (t ha^{-1})
T0	280,69 ^c	21,15 ^c	51,66 ^c	5,77 ^d	32,44 ^d
T1	352,11 ^{ab}	22,32 ^b	55,22 ^{ab}	7,67 ^b	54,01 ^b
T2	356,94 ^{ab}	22,50 ^b	54,25 ^b	6,77 ^c	48,34 ^c
T3	363,81 ^a	23,99 ^a	56,29 ^a	8,27 ^a	60,07 ^a
T4	342,07 ^b	22,69 ^b	55,01 ^b	7,17 ^c	49,19 ^c

Las letras en minúscula representan diferencia significativa de acuerdo con la prueba de Duncan ($p < 0,05$).

En la Tabla 5 se evidencia que entre los tratamientos hay diferencias significativas ($p < 0,05$) en el rendimiento de frutos de pepino. Entre todos los tratamientos de mulch, el T3 (60,07 t ha^{-1}) obtuvo el mayor rendimiento de frutos,

seguido del T1 (54,01 t ha⁻¹), mientras que T0 (32,44 t ha⁻¹) el menor rendimiento, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Karki et al. (2020), en su proyecto de pepino, mostró que el mulch plata-negro y el mulch negro obtuvieron mayores rendimientos (t ha⁻¹) similar en Soleymani et al., (2015) que obtuvo un rendimiento total mayor en mulch de color negro. Fonseca (2003) menciona que una de las ventajas del mulch plástico es la cosecha temprana, por otro lado, Oliveira et al., (2021) mostró que el suelo cubierto con mulch plástico tiene una mayor retención de nutrientes que el suelo descubierto y, por lo tanto tiene mayores rendimientos.

CONCLUSIONES

El uso de mulch de color en el suelo demostró aumentar la temperatura en las primeras capas (0 y 10 cm) y mejorar el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo de pepino en comparación con el tratamiento sin mulch, con mejores resultados en parámetros como diámetro de tallo (13,80 mm), peso (363,81 g), diámetro (56,29 mm), longitud (23,99 cm) y número de fruto (8,27) y biomasa vegetal total (149, 61 g). Sin embargo, la altura de la planta (292,83 cm) y la clorofila (74,80 µg mL⁻¹) se vieron influenciadas por el mulch de color rojo. En contexto del rendimiento el mulch negro fue el que mostró mejores resultados con un rendimiento de 60,07 (t ha⁻¹). Se recomienda seguir probando la cobertura plástica en diferentes climas y suelos de la región.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alekseeva, K. L., Shatilov, M. V., & Razin, O. A. (2019). Economic efficiency of biological protection of cucumber from root rot in a closed ground. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 395(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/395/1/012051>
- Amare, G., & Desta, B. (2021). Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8>
- Batallas, P. A., Jaramillo Aguilar, E. E., & Luna-Romero, A. E. (2022). Evaluación morfológica del pimiento (capsicum annun l.) bajo coberturas plásticas de diferentes colores, Ecuador. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 143–152. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>
- Fonseca, I. C. de B., Klar, A. E., Goto, R., & Neves, C. S. V. J. (2003). Colored polyethylene soil covers and grafting effects on cucumber flowering and yield. *Scientia Agrícola*, 60(4), 643–649. <https://doi.org/10.1590/s0103-90162003000400006>
- Franquera, E. N. (2015). Effects of Plastic Mulch Color on the Total Soluble Solids , Total Sugars and Chlorophyll Content of Lettuce (*Lactuca sativa* L .). *International Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 2(8), 18–24. <http://www.ijraf.org/pdf/v2-i8/4.pdf>

- Hallidri, M. (2001). Comparison of the different mulching materials on the growth, yield and quality of cucumber (*CUCUMIS SATIVUS* L.). *Acta Horticulturae*, 559, 49–53. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2001.559.3>
- Karki, A., Sapkota, B., Bist, P., Bista, K., Dutta, J. P., Marahatta, S., & Shrestha, B. (2020). Mulching materials affect growth and yield characters of cucumber (*Cucumis sativus* cv. Malini) under drip irrigation condition in Chitwan, Nepal. *Journal of Agriculture and Forestry University*, 4(May 2018), 153–159. <https://doi.org/10.3126/jafu.v4i1.47061>
- Lamont, W. J. (2017). Plastic Mulches for the Production of Vegetable Crops. In *A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102170-5.00003-8>
- López-Tolentino, G., Ibarra-Jiménez, L., Méndez-Prieto, A., Lozano-del Río, A. J., Lira-Saldivar, R. H., Valenzuela-Soto, J. H., Lozano-Cavazos, C. J., & Torres-Olivar, V. (2017). Photosynthesis, growth, and fruit yield of cucumber in response to oxo-degradable plastic mulches. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 67(1), 77–84. <https://doi.org/10.1080/09064710.2016.1224376>
- Lowery, B., Hickey, W. J., & Lai, R. (1996). Soil Water Parameters and Soil Quality. *Methods for Assessing Soil Quality*, 143–155. <https://doi.org/10.2136/sssaspe-cpub49.c8>
- 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>
- Mendonça, S. R., Ávila, M. C. R., Vital, R. G., Evangelista, Z. R., Pontes, N. de C., & Nascimento, A. dos R. (2021). The effect of different mulching on tomato development and yield. *Scientia Horticulturae*, 275(December 2019). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109657>
- Mutetwa, M., & Mtaita, T. (2014). Effect of Different Mulch Colors on Cucumber Production. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 2(4), 178–184. <https://doi.org/10.17957/ijgiass/2.4.600>
- Oliveira, T. A. de, Mousinho, F. E. P., Barbosa, R., Carvalho, L. H. de, & Alves, T. S. (2021). Mulch films based on poly(butylene adipate-co-terephthalate)/carnauba wax/sugar cane residue: Effects on soil temperature and moisture. *Journal of Composite Materials*, 55(23), 3175–3190. <https://doi.org/10.1177/00219983211011658>

- Rangarajan, A., & Ingall, B. (2001). Mulch color affects radicchio quality and yield. *HortScience*, 36(7), 1240–1243. <https://doi.org/10.21273/hortsci.36.7.1240>
- Sharmila, S., & Singh, R. (2020). A review of mulching on vegetable crops production. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 2020*;, 9(6), 1889–1893. <http://www.phytojournal.com/archives/2020/vol9issue6/PartAA/9-6-137-128.pdf>
- Soleymani, R., Hassandokht, M., Res, V. A.-I. J. A. A., & 2015, undefined. (2015). Mulch and planting method on quantitative traits of cucumber. *Citeseer*, 6(1), 28–35. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.674.2917&rep=rep1&type=pdf>
- Torres, V., Valdez Aguilar, L. A., Cárdenas Flores, A., Lira Saldivar, H., Hernández Suárez, M., & Ibarra Jiménez, L. (2016). Effect of colored plastic mulch on growth, yield and nutrient status in cucumber under shade house and open field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 39(14), 2144–2152. <https://doi.org/10.1080/01904167.2016.1201108>
- Unsihuay, F. (2002). Evaluación del efecto de la disminución de la radiación absorbida en la temperatura del suelo y flujo de calor en el suelo. *Anales Científicos*, 87–100. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/30915341/tema8-libre.pdf?1392090997=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DObtencion+de+hibridos+somaticos+interes.pdf&Expires=1676578624&Signature=LEdlhrhjkAMZ-VcjPkEr8hizxyCp~c8JztcIKybBh7wd-Svhr401d~5irIMVylE59S11tSZxbMbxhe4a0xJwrzQRIt~Kzeqz~pP4nj9r6qcG2TpyjDjTzTWQQgfCdwdAbHYe9EmoSl479L8zTZadPTtW0d8O3rnwodztl-op-Ggyht6d9wKvkhucQz2v9OwngYmM~AXADV5U-HysgTM5svF~TrqaXH0Z9NasOx8u9GtEWE7q6LYO-tlgfzNgwynGK5hGvsCYTG0ZY7-77qgarqYc7zqt-leGdOURQ0J1kQd9OM~bSkpy2zAdXzWC8oUeePfrDjTdoIOMLLjC1ebb3F~hHw &Key-Pair-Id=APKA-JLOHF5GGSLRBV4ZA#page=87>
- You, S., Liu, H., Li, Z., Zhou, Y., Zhou, H., Zheng, W., Gao, Y., Li, J., & Zhang, X. (2021). Soil environment and spectra properties coregulate tomato growth, fruit quality, and yield in different colored biodegradable paper mulching during the summer season. *Scientia Horticulturae*, 275, 109632. <https://doi.org/10.1016/J.SCIEN-TA.2020.109632>

EVALUACIÓN DE BIOESTIMULANTE ORGÁNICO EN CACAO (*THEOBROMA CACAO L.*) VARIEDAD NACIONAL EN ETAPA DE VIVERO

EVALUATION OF ORGANIC BIOSTIMULANT IN COCOA (*THEOBROMA CACAO L.*) NATIONAL VARIETY IN NURSERY STAGE"

Alberto Javier Echeverría Salazar^{1,2}

E-mail: aecheverr3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7798-7921>

Julio Edwin Vega Armijos^{1,2}

E-mail: jvega7@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6916-8803>

Angel Eduardo Luna-Romero¹

E-mail: aeluna@utmachala.edu.ec

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

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

²Semillero de Investigación en Fitotecnia (SINFIT). El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Echeverría Salazar, A. J., Vega Armijos, J. E., Luna-Romero, A. E. (2023). Evaluación de bioestimulante orgánico en cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad nacional en etapa de vivero. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 52-58. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los bioestimulantes a base de algas marinas tienen el potencial de mitigar problemas de estrés siendo opción para mejorar la calidad y el rendimiento de los cultivos. Sin embargo, la aplicación de algas marinas como ingrediente activo en bioestimulantes sobre plántulas de cacao nacional es muy poca documentada. Por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un bioestimulante a base de algas marinas (*Ecklonia maxima*), sobre las características fenológicas en plantas de cacao en etapa de vivero en el cantón Machala, provincia El Oro. En base a esto se planteó generar un diseño homogéneo completamente al azar (4x4), el cual contó con 16 unidades experimentales; en las cuales se encuentran 4 plantas por unidad experimental, dando así un total de 64 plantas por todo el diseño, siendo el factor de estudio las dosificaciones: TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control). La utilización bioestimulante indica que la dosis en exceso (150%) dentro de las plántulas de cacao no es conveniente utilizarla debido a que influyó de manera adversa, pues en todas las variables morfológicas el tratamiento con el bioestimulante al 50 % presentó las medias más altas en las plántulas.

Palabras clave:

Bioestimulantes, algas marinas, plántulas, cacao.

ABSTRACT

Seaweed-based biostimulants have the potential to mitigate stress problems, being an option to improve crop quality and yield. However, the application of marine algae as an active ingredient in biostimulants in cacao national seedlings is poorly documented. Therefore, the objective of this research was to evaluate the effect of a biostimulant based on marine algae (*Ecklonia maxima*) on the phenological characteristics of cocoa plants in the nursery stage in the Machala canton, El Oro province. Based on this it was proposed to generate a homogeneous completely random design (4x4), which had 16 experimental units; in which there are 4 plants per experimental unit, thus giving a total of 64 plants for the entire design, the study factor being the dosages: TA (50%), TB (100%), TC (150%) and TD (control). The use of biostimulant indicates that the excess dose (150%) within the cocoa seedlings is not convenient to use because it had a negative influence, since in all morphological variables the treatment with 50% biostimulant presented the highest means. in the seedlings.

Keywords:

Bioestimulantes, seaweed, seedlings, cocoa.

INTRODUCCIÓN

La industria del cacao ha estado en el centro del crecimiento económico de todos los países productores y la producción mundial de cacao ha crecido rápidamente a lo largo del siglo XX. Sin embargo, el sector se ha visto afectado por varias recesiones en los últimos 30 años y ha fluctuado en función de las condiciones económicas. En los últimos tres años, Ecuador se ha convertido en el tercer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.), reportando una producción de 302 093,9 toneladas en el 2021, varios factores han afectado a la cadena productiva del grano en el país, como el cambio climático, los altos niveles de cadmio (García, et al., 2021). En la pandemia de Covid-19 la producción y exportaciones de cacao tuvieron un incremento debido a la demanda internacional especialmente en el mercado europeo (Mena & Gutiérrez, 2021).

La producción y exportación de cacao es un sector importante de la economía del país, que a su vez proporciona un medio de vida a muchas familias que se ganan la vida en los campos. Esta actividad está sujeta a la volatilidad, lo que se traduce en importantes fluctuaciones, ya que depende de los precios internacionales de las materias primas y, si éstos bajan, los ingresos del país se reducen considerablemente. El país produce el 75 % del cacao fino y de aroma en el mundo, es de los más grandes proveedores de esta variedad, al producir un total de 60 a 70 mil toneladas al año, lo que equivale más de la mitad en producción mundial, por ello, el cacao se ubica en el tercer puesto en producción agrícola, después del banano y de las flores (León, et al., 2016). Se ha reportado que la provincia El Oro representa el 7,62 % de la producción de cacao en Ecuador, sin tener registros de la superficie real cultivada del cacao tipo Nacional y del clon CCN51, afectando la rentabilidad del Nacional el precio referencial, el cual es igual en la cadena de comercialización local

El rendimiento de los cultivos viene determinado por varios factores, como los recursos físicos y agrícolas disponibles, la gestión de los cultivos y la eficiencia de los recursos, así como la calidad y el potencial de rendimiento inherente al cultivo seleccionado. La producción agrícola se ve afectada por el cambio climático (Jiménez, et al., 2022), la cual incrementa la tasa de evapotranspiración de los cultivos debido a las cantidades elevadas de CO₂, causando una disminución en el rendimiento, entre ellos el cultivo de cacao (Chino, Chipana & Choque, 2022) the growing scarcity of water makes it necessary to implement irrigation scheduling under efficient irrigation systems to optimize water use efficiency. The objective was focused on developing the necessary bases to program the irrigation of cocoa (*Theobroma cacao*). En Ecuador, se sabe que las zonas productoras de cacao son propensas a sufrir frecuentes fenómenos meteorológicos extremos, como sequías e inundaciones, debido a las anomalías de la temperatura de la superficie del mar; de hecho, el 77% de la superficie terrestre del país muestra una vulnerabilidad alta o muy alta al cambio climático (Macías et al., 2019) this research evaluated the alterations in the

environmental conditions and their relation with the vulnerability of smallholder cocoa (*Theobroma cacao* L.).

El cacao es muy sensible a las tensiones ambientales; entre las tensiones abióticas, la sequía es uno de los principales factores que limitan el crecimiento y la productividad de los cacaotales. Entre los factores que afectan la producción se encuentra el estrés abiótico, causa principal de la reducción productiva hasta un 50% de los cultivos hortícolas por tal motivo, la mayoría han optado a la búsqueda de estrategias para minimizar estos problemas, una de ellas, es el uso de bioestimulantes (Seutra et al., 2021). Los bioestimulantes son extractos de plantas que contienen una amplia gama de compuestos bioactivos, la mayoría de los cuales son aún desconocidos. En general, estos productos aumentan la eficiencia de utilización de nutrientes de las plantas y mejoran su resistencia a las tensiones bióticas y abióticas.

Los bioestimulantes de origen orgánicos, están compuestos por diversas sustancias como ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizados de proteínas y compuestos nitrogenados, extractos de algas y plantas superiores, quitosano y otros biopolímeros, compuestos inorgánicos, hongos benéficos y microorganismos que favorecen el crecimiento de las plantas (Lemus, Venegas & Pérez, 2021), ayudan a cultivos a tolerar el estrés hídrico (Jiménez et al., 2022), mejoran la absorción de nutrientes y favorecen la calidad de los frutos una vez que son aplicados de forma foliar o edáfica (Calvo, Nelson & Kloepper, 2014)

La aplicación de bioestimulantes en etapa de vivero, permite cubrir las necesidades de los macro y micronutrientes requeridos para el desarrollo vegetativo, es decir, se obtendrá plantas más vigorosas y con cierta resistencia a plagas y enfermedades a la hora de ser trasplantadas a campo (Rivas, López, Medina & Perez, 2021). Por lo general se utilizan diferentes sustancias de origen natural que tienen efectos beneficiosos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas, la resistencia al estrés y el rendimiento y la calidad de los cultivos pueden denominarse bioestimulantes. Sus efectos fisiológicos dependen de su composición ya que contienen diversos compuestos orgánicos y minerales que las plantas pueden utilizar como metabolitos, reguladores del crecimiento y nutrientes.

Bioestimulantes vegetales es el término más utilizado para designar una serie de productos específicos que benefician a la producción agrícola, pero otros nombres de clasificación utilizados para describir estos productos incluyen biofertilizantes, probióticos vegetales, bioestimulantes y potenciadores metabólicos. Los bioestimulantes comerciales suelen utilizarse primero en cultivos especializados, que suelen tener un mayor potencial de beneficios por acre que los cultivos en hilera. Los cultivos especializados suelen ser más sensibles a las tensiones ambientales; por lo tanto, el rendimiento potencial de la inversión de las aplicaciones de bioestimulantes puede ser mayor para los cultivos más sensibles a las tensiones inducidas por el clima (Sible, Seebauer, & Below, 2021).

La categoría de extractos de algas es un amplio grupo de bioestimulantes que se procesan a partir de diferentes especies de algas, principalmente macroalgas (kelp). Las especies utilizadas difieren en su composición y en su uso como bioestimulantes. Las macroalgas son un recurso renovable y las especies utilizadas para la producción de bioestimulantes se controlan cuidadosamente para garantizar una cosecha continua y mantener el suministro. La composición de los productos comerciales varía mucho en función de la especie elegida, la fase de recolección y el proceso de extracción patentado utilizado por cada empresa. El método de extracción más común es la hidrólisis alcalina; otros métodos son la hidrólisis ácida, la hidrólisis acuosa, la hidrólisis por microondas, la hidrólisis ultrasónica, la hidrólisis enzimática, la hidrólisis supercrítica y la extracción por presión de fluidos (Sible et al., 2021).

En el mercado existen diferentes tipos de bioestimulantes, entre los más utilizados se encuentran el vermicompost y sus lixiviados, microorganismos eficientes, entre otros (Ardisana et al., 2020). A ello se suman los beneficios del uso de algas marinas las cuales están ligadas a la producción de metabolitos, tales como: las hormonas vegetales, polisacáridos, compuestos antimicrobianos, entre otros, siendo éstos los encargados de activar reacciones de hidrólisis enzimáticas catalíticas reversibles, mejorar su estructura y la fisiología de las plantas (López et al., 2020).

Actualmente, existe muy poca disponibilidad de investigaciones basadas en el uso de algas marinas en cacao, por lo tanto, esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de un bioestimulante a base de algas marinas, sobre las características fenológicas en plantas de cacao en etapa de vivero en el cantón Machala, provincia El Oro.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Granja Experimental Santa Inés de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala. Ubicada geográficamente en las coordenadas 3°15'52.29 S, 79°57'4.3 W en el cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador. El régimen de lluvias es unimodal con una marcada estacionalidad; 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 et al., 2018).

Material Vegetal

Para la propagación sexual, se utilizó mazorcas de la finca "Elena" provenientes del sector Río Chico, parroquia Bellamaria, cantón Santa Rosa, ubicada a 50 msnm entre las coordenadas 2°52'56"S 79°00'16"W. Se recorrió dentro de la finca y se seleccionó las plantas de cacao Nacional con las mejores características fenotípicas.

Preparación del sustrato

Para la preparación del sustrato consistió en realizar una mezcla basándose en la relación 2:1:1 (suelo, tamo de arroz, hojarasca) (Cajamarca, Quevedo & García, 2017). Se desinfectó con formol y cubrió totalmente el sustrato con plástico negro, finalmente, se dejó reposar por 7 días; para posteriormente hacer el llenado de fundas (8x8 pulgadas).

Diseño Experimental

Se estableció un diseño homogéneo completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos: TA (bioestimulante al 50%); TB (bioestimulante al 100%); TC (bioestimulante al 150%); TD (control), y 4 repeticiones, cada unidad experimental contó con 4 plantas que fueran las unidades muestrales, dispuestas entre filas a 40cm y entre columnas 70 cm (Figura 1). El factor de estudio fueron las dosificaciones del bioestimulante a base de extracto de algas (*Ecklonia maxima*) al 34,26%, cuya actividad biológica equivalente en auxinas es de 11,00 ppm; citoquininas 0,03 ppm; poliaminas 4,0 ppm y phlorotannins a 0,95 ppm.

El bioestimulante que se utilizó por cada tratamiento fue 14,4 cm³ (TA), 28,8 cm³ (TB), y 43,2 cm³ (TC), y, para el TD no se aplicó producto; es necesario indicar que todos los tratamientos fueron disueltos en 2,9 litros de agua. Los tratamientos fueron aplicados de forma foliar con atomizador manual, en tres momentos, con un intervalo de 30 días, pero la primera aplicación fue 15 días después de la emergencia.

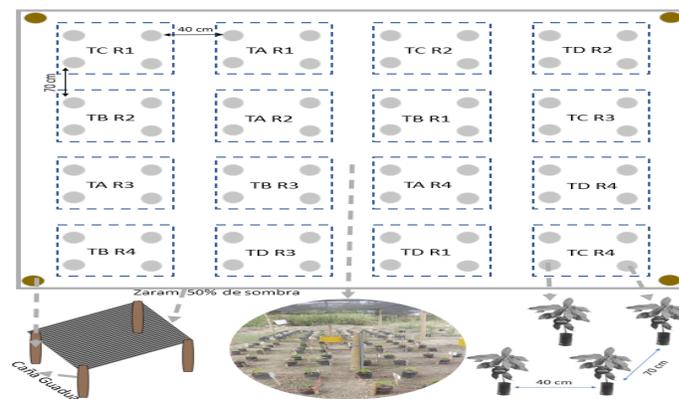


Figura. 1 Distribución de los diferentes tratamientos y sus repeticiones

Variables Evaluadas

Las variables medidas con una frecuencia de quince días fueron: altura de planta (AP), número de hojas (NH) y fuste del tallo (FT). La AP se midió desde la base del tallo hasta el meristema apical con una cinta métrica. El NH consistió en un conteo de hojas verdaderas (> 5cm de longitud). El FT fue medido con un calibrador Bernier digital, con exactitud de 0,02 mm.

Las variables largo de raíz (LR), peso de raíz por planta en húmedo (PRh), peso de raíz por planta en seco (PRs), peso aéreo por planta en húmedo (PAh), peso aéreo por planta en seco (PAS), clorofila en la hoja (CLH) fueron

tomados al finalizar el experimento. El LR se midió con una cinta métrica la raíz pivotante desde el cuello hasta la cofia. Para el PRh se separó la raíz de la parte aérea de la planta y se midió con una balanza gramera, esta muestra se llevó a estufa por 48 horas a una temperatura de 65°C y se obtuvo el PRs. Este último proceso también se aplicó para las variables PAH y PAs. Para la CLH se utilizó el equipo medidor de clorofila SPAD-502Plus, se colocó en el haz y a la mitad de la tercera hoja de la planta de cacao.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza ANOVA de un factor para las variables que cumplieron los supuestos del modelo: distribución normal (Test de Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Test de Levene). Para la separación de medias en subconjuntos homogéneos se utilizó las pruebas Post-Hoc de Duncan. Para las variables que no cumplieron los supuestos del modelo, se procedió con pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis. Para todas las pruebas se utilizó un nivel de significancia $p < 0,05$. Los procesamientos de los datos estadísticos fueron realizados en el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En la Tabla 1 se detalla los valores de altura de planta expresados en cm; para los días después de la siembra (dds) que presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$), dado que se realizó siete lecturas (Figura 2) y en cuatro de ellas no existió diferencias significativas. El TA registró los mejores resultados a los 30, 45 y 120 días después de la siembra (dds) (14,41, 15,08, 25,50 cm, respectivamente) en comparación a los demás tratamientos. Es necesario resaltar que el TC (bioestimulante al 150%) tuvo los valores más bajos a los 30 y 120 dds (13,22 y 21,69 cm, respectivamente). Además, TD (control) para estos mismos dds presentó los mejores valores por debajo del TA (Mendoza, Mendoza, Mateo, & Rodríguez, 2019), menciona que dosis menores de compuestos derivados de algas tiene un efecto positivo, mientras a elevadas produce un efecto de inhibición. Lo cual concuerda con (Moreno et al., 2021), que reportó en su trabajo en vainilla (*Vanilla planifolia*) la mejor altura de planta en la concentración más baja (0,25 ml L⁻¹).

Tabla 1. Resultados de la altura de planta (AP) en cm, para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra		
	30	45	120
TA	14,41 a ± 1,59	15,08 a ± 1,59	25,50 a ± 3,33
TB	13,38 b ± 1,55	14,50 ab ± 1,48	22,60 bc ± 2,72
TC	13,22 b ± 1,14	14,41 ab ± 1,21	21,69 c ± 2,71
TD	13,53 ab ± 1,12	14,00 b ± 1,13	24,41 ab ± 3,43

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan

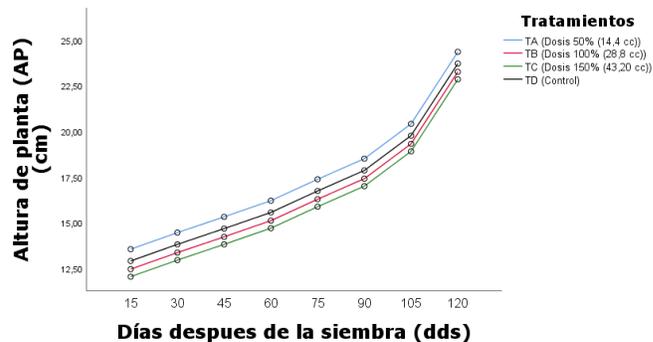


Figura 2. Comportamiento de la variable altura de planta (AP) durante los días después de la siembra (dds)

La figura 3 nos muestra el comportamiento de la variable fuste del tallo (FT), el TA para FT también se evidenció como el mejor tratamiento; sin embargo, la diferencia significativa ($p < 0,05$) entre grupos se expresó únicamente a los 60 y 75 dds (4,60 y 5,56 mm, respectivamente), Tabla 2, es decir en cinco observaciones no hubo diferencias significativas. Asimismo, el TC registró los valores más bajos 4,04 y 5,11 mm, que guarda similitud con la fundamentación teórica que un exceso de bioestimulante inhibe el desarrollo vegetativo Mendoza et al., (2019). Por otro lado, Moreno et al., (2021) también obtuvo mejores resultados en el FT con la concentración más baja de bioestimulante.

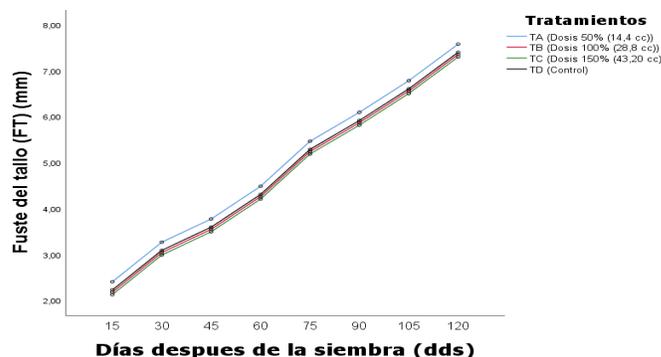


Figura 3. Comportamiento de la variable fuste del tallo (FT) durante los días después de la siembra (dds)

Tabla 2. Resultados del fuste del tallo (FT) en mm, para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra	
	60	75
TA	4,60 a ± 0,55	5,56 a ± 0,59
TB	4,35 ab ± 0,53	5,38 ab ± 0,62
TC	4,04 b ± 0,39	5,11 b ± 0,52
TD	4,25 ab ± 4,55	5,11 b ± 0,54

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan

Los valores de número de hojas (NH) presentaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos, (Tabla 3). En el NH, el TA presentó los mejores resultados a los 90 y 120 dds (8,06 y 13,81, respectivamente). Es necesario resaltar que el TC (bioestimulante al 150%) tuvo los valores más bajos (7,13 y 11,06 respectivamente). Lo que se corrobora con la investigación realizada por Arce (2012), el cual detalló que el mayor número de hojas en plantas de cacao en vivero se obtuvo en los tratamientos de menor concentración de bioestimulante (5 mL L⁻¹), lo cual sigue la misma fundamentación descrita por Mendoza et al., (2019) donde detallaron que las menores concentraciones de extracto acuoso *S. vulgare* (5%) y de *U. fasciata* (5% y 10%) ayuda en la fisiología de las plantas y son considerados como inductores de crecimiento. La figura 4 nos detalla el comportamiento de la variable número de hojas (NH) durante los días después de la siembra (dds).

Tabla 3. Resultados del número de hojas (NH), para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control)

Tr	Días después de la siembra	
	90	120
TA	8,44 a ± 1,09	13,81 a ± 1,94
TB	8,06 ab ± 1,24	12,94 a ± 1,84
TC	7,13 c ± 1,20	11,06 b ± 2,74
TD	7,44 bc ± 1,46	12,44 ab ± 2,42

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan.

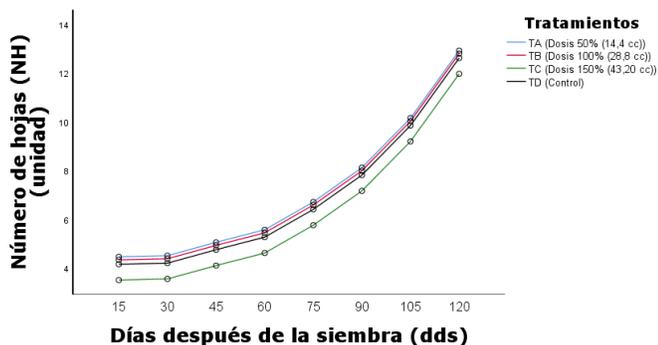


Figura 4. Comportamiento de la variable número de hojas (FT) durante los días después de la siembra (dds)

Los resultados del TA obtenidos en largo de raíz, LR (27,63 cm) (Tabla 4), presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en sus medias con respecto a los demás tratamientos, cabe recalcar que el TC (bioestimulante al 150%) fue el que presentó los resultados más bajos (23,28 cm), lo cual se sostiene con lo planteado por Cedeño, (2015) en su trabajo de investigación “Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales en el crecimiento de las plantas de cacao clon nacional (*Theobroma cacao* L.)” donde observó que las dosis más

bajas generan mejores resultados en cuanto a largo de raíz (LR).

El peso de raíz húmedo (PRh) (Tabla 4) obtuvo mejores resultados en el TA (7,28 g) siendo estadísticamente significativo ($p < 0,05$) en comparación con los demás tratamientos, es necesario señalar que los valores promedios de TC también presentaron los resultados más bajos (5,65 g), lo que no concuerda con lo obtenido por Cedeño, (2015) quien detalla que el uso de bioestimulantes con dosis altas (30 g) presenta mejores resultados en el peso de raíz por planta en húmedo (PRh). La variable peso de raíz por planta en seco (PRs) (Tabla 4) demuestra que no existe diferencias significativas entre los tratamientos, sin embargo, el TA (2,23) fue quien presentó mayor media.

Para el peso aéreo por planta en seco (PAs) los tratamientos TA (bioestimulante al 50%) y TB (bioestimulante al 100%) presentaron similitudes en sus medias (5,18 y 5,12 g, respectivamente) diferenciándose estadísticamente con los demás tratamientos. Se evidenció que las dosis no generan un efecto en el peso de raíz por planta en seco (PRs) a diferencia del peso aéreo por planta en seco (PAs) quién si presentó un efecto significativo en TA y TB con respecto a los demás tratamientos. El conjunto de estas variables se las puede considerar como el total de biomasa seca del cultivo (PAs + PRs) (Figura 5), siendo TA quién obtuvo los mejores resultados; a diferencia de los resultados obtenidos por Cedeño, (2015) quién determinó que a una mayor dosis de bioestimulantes se obtiene un mayor peso de biomasa seca.

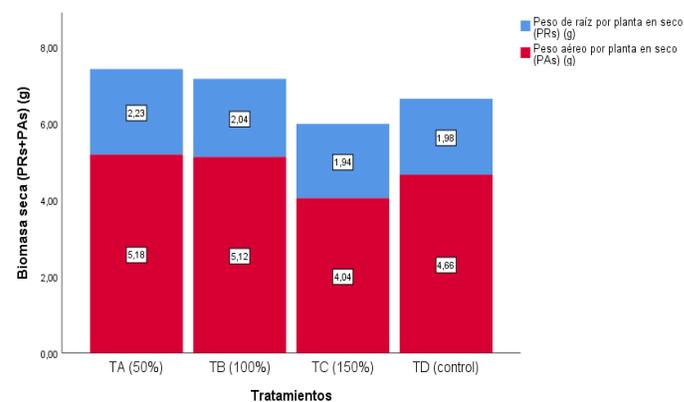


Figura 5. Histograma apilado media de peso de raíz en seco (PRs) (g) y media de peso aéreo en seco (PAs), por tratamientos: TA (bioestimulante al 50%); TB (bioestimulante al 100%); TC (bioestimulante al 150%); TD (control)

Tabla 4. Resultados de las variables largo de raíz (LR), peso aéreo de la planta en seco (PAs), peso de la raíz en húmedo y seco (PRh y PRs); para los tratamientos con bioestimulante TA (50%), TB (100%), TC (150%) y TD (control), mediante pruebas paramétricas ANOVA de un factor

Tr	Variables medidas			
	LR (cm)	PRs (g)	PRh (g)	PAs (g)
TA	27,63 a ± 5,93	2,23 ns ± 0,58	7,28 a ± 1,10	5,18 a ± 1,29

TB	26,50 ab ± 4,65	2,04 ns ± 0,52	6,51 ab ± 1,48	5,12 a ± 0,85
TC	23,28 b ± 4,38	1,94 ns ± 0,93	5,65 b ± 2,28	4,04 b ± 1,49
TD	27,03 ab ± 5,75	1,98 ns ± 0,64	6,50 ab ± 2,36	4,66 ab ± 0,99

Dentro de cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre las medias de los tratamientos ($p < 0,05$) por la prueba de Duncan; ns: demuestra que no hay diferencias significativas entre los subconjuntos homogéneos

Las variables; peso aéreo por planta en húmedo (PAh) y clorofila (CLH) no presentaron distribución normal, por tanto, se aplicó el test de Kruskal-Wallis (no paramétrico), Tabla 5. Donde posterior al test no se registró diferencias significativas entre las dosis de estudio en PAh, mientras que en la variable clorofila (CLH) (Tabla 5) si se presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos. TA no presentó similitudes de rangos promedios de clorofila (CLH) siendo estadísticamente significativo con las demás dosis. Se infiere que TA incrementa los niveles de clorofila en las hojas de cacao en plantas en vivero y que TC podría disminuir excesivamente los niveles de clorofila comparados con el testigo. Estos resultados se contraponen a los reportados por Guamán et al., (2022) en las cuales los tratamientos con bioestimulantes a base de microalgas reportan las medias más altas en las variables morfológicas.

Tabla 5: Pruebas no paramétrica de Kruskal-Wallis para las variables clorofila y peso aéreo de la planta en húmedo (CLH y PAh, respectivamente)

Tr	Variables medidas	
	CLH (spad)	PAh (g)
TA	45,50 a	5,18 ns
TB	32,19 b	5,12 ns
TC	18,19 c	4,04 ns
TD	34,13 ab	4,66 ns
Sd	7,37	3,89
Md	31,78	15,75
Cv (%)	23,19	24,68

En cada columna las letras minúsculas indican diferencia significativa entre los rangos promedios de los tratamientos ($p < 0,05$), de las pruebas no paramétricas de Kruskal-Wallis; ns. demuestra que no hay diferencias significativas entre los rangos promedios

CONCLUSIONES

La utilización del bioestimulante con la dosis al 150% (TC) dentro de las plántulas de cacao no es conveniente debido a que influyó de manera adversa, mientras que la utilización de una dosis al 50% (TA) presentaron los mejores resultados en las variables estudiadas: altura de planta (25,50 cm), fuste del tallo (5,56 mm), número de hojas (13,81), largo de raíz (27,63 cm), clorofila (45,50 spad), peso aéreo por planta húmedo y seco (5,18 g y 5,18 g, respectivamente), peso de raíz por planta húmedo y seco (7,28 g y 2,23 g, respectivamente), por tanto. Se

podría estimar que las dosis de un bioestimulante en etapa de desarrollo de un cultivo se deben aplicar en dosis menores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arce, E. (2012). Eficacia de bioestimulante para inducir el Crecimiento y Desarrollo Radicular en Etapa de Vivero del Cultivo de Cacao bajo las condiciones del Valle Chancay. <https://www.engormix.com/agricultura/foros/eficacia-bioestimulante-inducir-crecimiento-t14437/>
- Cajamarca-Marín, E. S., Quevedo-Guerrero, J. N., & García-Batista, R. M. (2016). Eficiencia de hormonas en el enraizamiento de ramillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional x trinitario. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/7645/1/DE00036_TRABAJO-DETITULACION.pdf
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, 383(1–2), 3–41. <https://doi.org/10.1007/s11104-014-2131-8>
- Cedeño, E. F. A. (2015). Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes comerciales en el crecimiento de las plantas de cacao clon nacional (*Theobroma cacao* L.) en la zona de Buena Fe. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1984>
- Chino, H., Chipana R., & Choque, C. E. (2022). Uso de dendrómetros para la programación de riego en cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en la Estación Experimental de Sapecho. *Revista Apthapi*, 8(3), 2433–2442. <https://doi.org/10.53287/gxmc9615go69h>
- García-Briones, A. R., Pico-Pico, B. F., & Jaimez, R. E. (2021). La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Novasinergia Revista Digital De Ciencia, Ingeniería Y Tecnología*, 4(2), 152–172. <https://doi.org/10.37135/ns.01.08.10>
- Guamán, M. A., Jaramillo, E. J., & Bernal, J. F. (2022). Control biológico de la mazorca negra (*Phytophthora Palmivora* L.) En el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 5(3), 149–154. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/539>
- Hector-Ardiana, E., Torres-García, A., Fosado-Téllez, O., Peñarrieta-Bravo, S., Solórzano-Bravo, J., Jarre-Mendoza, V., Medranda-Vera, F., Montoya-Bazán, J. (2020). Influencia de bioestimulantes sobre el crecimiento y el rendimiento de cultivos de ciclo corto en Manabí, Ecuador. *Cultivos Tropicales*, 41(4), 2. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266197002/html/>

- Jiménez-Arias, D., Morales-Sierra, S., Borges, A. A., Herrera, A. J., & Luis, J. C. (2022). New Biostimulants Screening Method for Crop Seedlings under Water Deficit Stress. *Agronomy*, 12(3), 1–15. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030728>
- Lemus-Soriano, B. A., Venegas-González, E., & Pérez-López, M. A. (2021). Efecto de bioestimulantes radiculares sobre el crecimiento en plantas de aguacate. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1139–1144. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i6.2725>
- León-Villamar, F., Calderón-Salazar, J., & Mayorga-Quinteros, E. (2016). Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*, 9(18), 45–55. <https://www.re-dalyc.org/pdf/5826/582663825007.pdf>
- López-Padrón, I., Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., Reyes-Guerrero, Y., Núñez-Vázquez, M., & Cabrera-Rodríguez, J. A. (2020). Las algas y sus usos en la agricultura. Una visión actualizada. *Cultivos Tropicales*, 41(2), 10. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v41n2/1819-4087-ctr-41-02-e10.pdf>
- 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>
- Macías, J. R., Cuenca, G. J., Intriago, F. G., Caetano, C. M., Menjívar, J. C., & Pacheco, H. A. (2019). Vulnerability to climate change of smallholder cocoa producers in the province of Manabí, Ecuador. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 72(1), 8707–8716. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n1.72564>
- Mena-Coronel, K., & Gutiérrez-Jaramillo, N. (2021). Efecto del Covid-19 y su incidencia financiera en las exportaciones del sector cacaoero. *CIENCIA UNEMI*, 14(36), 34–44. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss36.2021pp34-44p>
- Mendoza-Morales, L. T., Mendoza-González, A. C., Mateo-Cid, L. E., & Rodríguez-Dorantes, A. (2019). Analysis of the effect as biostimulants of *Sargassum vulgare* and *Ulva fasciata* extracts on *Lens esculenta* growth. *Mexican Journal of Biotechnology*, 4(4), 15–28. <https://doi.org/10.29267/mxjb.2019.4.4.15>
- Moreno, L., López, H., Medina, R., & Pérez, I. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis en Daule, Ecuador. *Revista Científica Eco-ciencia*, 8(6), 25–38. <https://revistas.ecotec.edu.ec/index.php/ecociencia/article/view/606/382>
- Rivas, L. P. M., López, H., Medina, R., & Pérez, I. (2021). Efecto de bioestimulantes sobre el crecimiento de la vainilla tahitensis en Daule, Ecuador. *Revista Científica Eco-ciencia*, 8(6), 25–38. <https://doi.org/10.21855/ecociencia.86.570>
- Seutra, K. J., Abunyewa, A. A., Kugbe, J., Kwashie, G. K. ., Owusu Ansah, E., & Andoh, H. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and potassium fertilizer as plant biostimulants and alternative research for enhancing plants adaptation to drought stress: Opportunities for enhancing drought tolerance in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Sustainable Environment*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/27658511.2021.1963927>
- Sible, C. N., Seebauer, J. R., & Below, F. E. (2021). Plant Biostimulants: A Categorical Review, Their Implications for Row Crop Production, and Relation to Soil Health Indicators. *Agronomy*, 11(7), 1297. <https://doi.org/10.3390/agronomy11071297>

08

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

GUÍA PREVENTIVA DE LA INOCUIDAD EN EMPRESAS DESTINADAS A LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS

PREVENTIVE SAFETY GUIDE IN COMPANIES DEDICATED TO FOOD PRODUCTION.

Yurima Díaz Dorticos¹

Email: yurimadiaz6@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1686-6928>

Maritza Sánchez Arce²

Email: jorgejimmy1956@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-6378-1467>

¹Centro Universitario Municipal Palmira

²Universidad de Cienfuegos

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Díaz Dorticos, Y. & Sánchez Arce, M. (2023). Guía preventiva de la inocuidad en empresas destinadas a la producción de alimentos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 59-66. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Dígase inocuidad como el conjunto de condiciones y medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de alimentos para asegurar que una vez ingeridos, no representen un riesgo para la salud. Por consiguiente, es imprescindible aplicar los códigos y principios específicos de práctica de higiene mediante la implementación de la NC; 143:2021 Código de Prácticas, Requisitos y Procedimientos Generales de Higiene de los Alimentos. NC, 1228:2017 Higiene de los Alimentos Términos y Definiciones como normas obligatorias para un control eficaz de la misma. Los brotes de enfermedades transmitidas por alimentos pueden perjudicar al comercio, al turismo y ocasionar costosas pérdidas de ingresos, desempleo y por ende pleitos legales que pueden influir negativamente en la salud, en la economía y en la confianza de los consumidores. De ahí la importancia de lograr un escenario de confianza, transparencia a la par de promover la competitividad por lo que supone un enorme reto para el sector alimentario en Cuba.

Palabras Clave:

Inocuidad, Producción de Alimento.

ABSTRACT

Say safety as the set of conditions and necessary measures during production, storage, distribution and food preparation to ensure that once eaten, they do not represent a health risk. Therefore, it is essential to apply the specific codes and principles of hygiene practice by implementing the NC; 143:2021 Code of Practices, Requirements and General Procedures for Food Hygiene. NC, 1228:2017 Food Hygiene Terms and Definitions as mandatory standards for an effective control of it. Foodborne disease outbreaks can disrupt trade, tourism and cause costly loss of income, unemployment and therefore legal lawsuits that can negatively influence health, the economy and consumer confidence. Hence the importance of achieving a scenario of trust, transparency while promoting competitiveness, which is a huge challenge for the food sector in Cuba.

Keywords:

Safety, food preparation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la mayor parte de las empresas que se dedican a la elaboración de alimentos no se han preocupado en implementar sistemas de inocuidad efectivos que puedan satisfacer las expectativas de los cambios que se generan a nivel mundial. Estas empresas se van quedando rezagadas hasta el punto de no poder comercializar sus productos en el exterior.

Satisfacer las necesidades alimentarias de la población con productos inocuos y con calidad es prioridad, por ende, se evidencia que los sistemas de salud redoblan sus esfuerzos para que se tenga los elementos y cumplan los requisitos higiénicos y sanitarios que establecen las normas cubanas. El conjunto de normas del sector alimentario lo conforman aquellos documentos desarrollados por el Comité Técnico de Normalización y se caracterizan por tener un elevado nivel de amortización y actualización con las exigencias nacionales e internacionales y regiones homólogas: Codex Alimentarius, Organización Internacional de Normalización (ISO), y Oficina Nacional de Química Analista (AOAC) etcétera.

Codex Alimentarius

Es el código de alimentación o ley de los alimentos y reúne normas, código de comportamiento, recomendaciones y directrices de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC)

La CAC es el más alto organismo internacional en materias de norma de alimentación y es subsidiario de las siguientes organizaciones:

- Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO).
- Organización Mundial de la Salud (OMS)

Objetivo del Codex:

Están dirigido en primera instancia a la salud y el bienestar de las personas y para ellos se enfoca al comercio internacional y a las normativas que rigen los alimentos:

1. Proteger la salud del consumidor.
2. Garantizar comportamientos correctos en el mercado internacional de los alimentos.
3. Coordinar todos los trabajos internacionales sobre normas alimentarias.

Antes la necesidad de contención de todos los riegos que trae consigo estas enfermedades Cuba celebra el día mundial de inocuidad de los alimentos el 7 de junio con el fin de divulgar acciones que garanticen la prevención de los riesgos transmitidos por los mismos para hacer cumplir por medios de las organizaciones rectoras vigentes como Oficina Nacional de Normalización (ONN) quien aprueba las normas, el Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad (CGDC) encargado de editar y destruir las mismas, Oficina Territorial de Normalización (OTN) ubicado por provincias y la Comité Técnico de Normalización (CTN) que se encarga de redactar los proyectos de normas existentes y da continuidad a los (CGDC). La política

de Inocuidad Alimentaria en Cuba, tiene entre otros objetivos los siguientes:

1. Lograr la protección de la salud a través de una alimentación inocua y nutritiva. La disponibilidad y acceso a alimentos inocuos y nutritivos mejora la salud y constituye un derecho de los consumidores.
2. Lograr un desarrollo competitivo y responsable. La inocuidad es el atributo básico de cualquier alimento y por lo tanto su logro a lo largo de la cadena alimentaria desde el productor primario hasta el consumidor, con la participación de todos los actores involucrados, es una exigencia para la competitividad.

Fortaleciendo las decisiones sobre la base de evidencia científica y el análisis de riesgos, con la transparencia y participación de los consumidores

3. Cumplir con las obligaciones en el ámbito internacional. Las autoridades nacionales competentes y otras instituciones que intervienen en el Sistema Nacional de Control de Alimentos, establecerán los acuerdos correspondientes con sus homólogas de otros países y darán cuenta de las distintas obligaciones internacionales contraídas por el país y requeridas para asegurar la inocuidad de los alimentos en el comercio nacional e internacional; así como fortalecerán el Sistema Nacional de Notificaciones. Cumplirán las recomendaciones del Codex Alimentarius y de otros organismos internacionales.
4. Basar las decisiones en información y evidencia científica. El análisis de riesgos debe ser la base de la Política y del Sistema Nacional de Control de Alimentos, sustentados en sólidos antecedentes científicos, con activa participación de las instituciones científicas y las universidades.
5. Alcanzar la certificación de los sistemas de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (Norma Cubana NC 136: 2017), así como de otros esquemas de certificación, incluyendo los sistemas de Gestión de la Inocuidad de los Alimentos (NC-ISO 22 000: 2018), dirigido en el corto plazo a proteger las exportaciones y la sustitución de importaciones de alimentos y a mediano plazo a garantizar los de consumo nacional.

La Gestión de la Inocuidad de los Alimentos es un derecho de las personas para obtener y consumir alimentos sanos sin discriminación de género, ni raza e independientemente al sector al que pertenece de ahí la importancia de un control eficaz de la higiene de los mismos. A partir de los principios generales preestablecido en la NC, 143:2021 Código de Prácticas, Requisitos y Procedimientos Generales de Higiene de los Alimentos junto a cada Código de Práctica Específica de Higiene en el momento preciso unido a las Directrices y Criterios Microbiológicos, de ahí la importancia de ser conscientes, regirse por ellos y aplicarlas en todas las fases de la cadena alimentaria así como darle seguimiento a partir del decreto ley No 9 y su decreto No 18 en la cadena principal y secundario y será la base para que las autoridades nacionales reguladoras (ANR) supervisen la

idoneidad de los productos. Estos garantizan que los alimentos sean inocuos y aptos para el consumo. De forma general la norma prevé orientar a las autoridades competentes, a fabricantes, elaboradores, revendedores, manipuladores y consumidores de alimentos tocando puntos como ámbitos de aplicación, utilización, funciones, proyectos, construcción de instalaciones, control de operaciones, mantenimiento, saneamiento e higiene personal, transporte e información sobre productos y sensibilización de los consumidores en breves guías hasta capacitación y les ofrece los objetivos, justificación para evaluar los posibles riesgos y adoptar medidas de solución de las definiciones.

Al no existir un Sistema de Análisis de Peligro y Puntos Críticos de Control que pueda satisfacer el interés cada vez más creciente por parte del consumidor, no sólo por los alimentos que consume, sino también hacia el concepto e implicaciones de la llamada cadena alimentaria en cada uno de los eslabones que la conforman: producción, procesamiento, comercialización y utilización de los nutrientes por parte del organismo, les ofrecemos las siguientes indicaciones como recurso para previa ejecución.

El cumplimiento de las normas de Buenas Prácticas de Manufactura y de análisis de peligros, permitirá que los alimentos lleguen al consumidor final con inocuidad e higiene dándole así un valor agregado al producto y así poder competir con mercados nacionales e internacionales.

Con la implementación del Manual de Buenas Prácticas de Manufactura, se logra disminuir de manera significativa el riesgo de contaminación alimentaria, reduciendo las poblaciones microbianas gracias a un control preciso y continuo sobre edificaciones, equipos, personal, materia prima y procesos.

Así se evidencia en el estudio aplicado sobre buenas prácticas de manufactura en la Revista SciELO implementada sobre la base de la inocuidad de los alimentos en la Región Metropolitana de Chile donde plasman las deficiencias en el cumplimiento de las normas establecidas y el desconocimiento de las técnicas de inocuidad por parte de los manipuladores y de ahí la importancia de la puesta en marcha de las mismas, también exponen mediante el concluyente trabajo realizado la interrelación de la calidad microbiológica con la capacitación del personal unida a la limpieza e higiene de los mismo. (Pallares, et al., 2022)

Con la aplicación del Plan de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP), se logrará analizar los peligros y puntos críticos de control en las diferentes líneas de producción y de esta manera ofrecer productos libres de peligros químicos, físicos y biológicos que resulten perjudiciales para la salud del consumidor, otorgando a los clientes productos inocuos y confiables.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con relación a los diversos procesos de la cadena alimentaria se encuentran asociado un grupo de normas y

requisitos higiénicos sanitarios que son aplicables ellas son: en la transportación, almacenamiento, distribución, exposición y venta, limpieza y desinfección manipulación de los alimentos entre otros como son envases, embalajes, medios auxiliares utensilios en contacto con los alimentos, relacionados con el etiquetado y otros de alto impacto como los aditivos y contaminantes.

Asociados a la venta como uno de los elementos de mayor importancia pues el producto está terminado y listo para el consumo hace referencia y pone de manifiesto qué pasa cuando se expide alimentos expuestos a deficiente manipulación higiénica y como se tornan vulnerables a la contaminación con microorganismos ocasionando o no su deterioro. (Ruelas, et al., 2020)

El manipulador debe antes y después del trabajo lavarse las manos y antebrazos, al saludar sonarse la nariz o hablar por teléfono, al manipular cualquier depósito desecho, usar el servicio sanitario y por ende evitar fumar, estornudar, hablar mientras manipule los alimentos por ello también se deben cumplir lo establecido en la resolución 50/2020 Reglamento de Inocuidad de los Alimentos, artículo 3 y 5 del capítulo II.

Relacionado con la transportación y almacenamiento se debe utilizar vasijas limpias que eviten la contaminación, no exponer los alimentos a temperaturas peligrosas o sea se debe mantener la cadena de frío ya sea en la transportación o el almacenamiento también deben mantenerse limpios y desinfectados para tener previsto el control de plagas, no permitir animales domésticos en la instalación por ende, podemos hacer cumplir lo establecido en el Capítulo VIII artículo 87 y artículo 13 inciso 19.1 y 25 respectivamente.

El área de elaboración tiene que estar organizada y la superficie de trabajo debe estar destinadas con ese fin, los materiales de limpieza del local alejados de esta área de trabajo, pues al concluir la jornada laboral se pone en práctica lo vigente en el capítulo IV proceso de elaboración de alimentos.

Otro aspecto importante a tener en cuenta no dejar de la mano otros artículos y normas referidas a la inocuidad alimentaria como sección cuarta, artículo 22 de los equipos y utensilios, en el capítulo III obligaciones en la higiene para los alimentos, sección segunda artículo 50 y 51 NC; 827:2017. Del abastecimiento de agua, sección tercera del tratamiento de los productos que se encuentra en contacto con los alimentos, artículo 56 y 73 y NC; 488:2020 Limpieza y Desinfección en la Cadena Alimentaria, Procedimientos Generales.

La oficina de normalización tiene como objetivo mantener y aumentar la calidad, contribuir al desarrollo de la industria mediante el progreso científico y tecnológico, proteger al consumidor primario de bienes y servicios etcétera y toda la información pertinente y necesaria la pone a disposición en sitios Web para que los usuarios obtengan la información actualizada y segura. Estos a su vez les es presentado y aprobado por el Consejo de Estado los Decretos Ley.

- Decreto Ley 8/2020 de Normalización, Metrología y Acreditación (GOC-066 del 1 de octubre 2020).
- Decreto Ley 9/2020 sobre Inocuidad alimentaria (GOC-076 del 30 de octubre 2020).

Decreto Ley 10/2020 de las Autoridades Nacionales Reguladoras. (GOC-065 del 18 septiembre 2020)

Y el Consejo de Ministro les aprueba los Decretos:

- Decreto 16/2020. Reglamento de Normalización, Metrología, Calidad y Acreditación. (GOC-066 del 1 octubre 2020)
- Decreto 17/2020 Reglamento del Decreto Ley de las autoridades Nacionales Reguladoras (GOC-65 del 18 septiembre 2020)
- Decreto 18/2020 Reglamento del Decreto Ley de Inocuidad alimentaria (GOC-076 del 30 de octubre 2020)
- Decreto 22/2020 De la Producción Industrial de Alimentos y Bebidas (GOC-084 del 26 de noviembre 2020)

Todas las resoluciones que complementan los Decreto ley 9/2020 Inocuidad de los Alimentos (GOC 076) estarán representada por los siguientes Organismos:

1. Ministerio de la Agricultura

- Resolución 441/2020. Reglamento para el registro Fitosanitario de las áreas de producción de artículos reglamentados con destino a la exportación. (GOC 076)
- Resolución 442/2020. Reglamento relativo al muestreo, conservación y remisión de las muestras de alimentos para el consumo Humano y animal que deben ser objeto de Análisis Bromatológicos, Microbiológicos y Toxicológicos en los Laboratorios del Sistema de Sanidad Animal del País. (GOC 076)

2. Ministerio de Salud Pública

- Resolución 262/2020 De la inscripción en el registro sanitario de los Alimentos, materias primas, Materiales en contacto con alimentos, aditivos u otros productos de interés sanitario destinado al uso o consumo Humano. (GOC 076)
- Resolución 265/2020 Autoriza a la dirección de tecnología y calidad del MINAL a expedir los certificados Sanitarios que se exigen en el mercado internacional para los pescados y productos pesqueros que constituyen Fondos Exportables. (GOC 076)

3-MINAL (Ministerio de la industria Alimenticia) Decreto ley 22/2020 de la producción Industrial de Alimentos y Bebidas (GOC 084)

- Resolución 106/2020. Reglamento del Decreto 22 de la producción Industrial de Alimentos y Bebidas. (GOC 084)

- Resolución 107/2020. Crea el registro Nacional de productores de Alimentos y Bebidas. (GOC 084)

Resolución 108/2020. Reglamento del Registro Nacional de Productores de Alimentos y Bebidas. (GOC 084)

Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)

Las BPM es un conjunto de herramientas que se efectúan en la industria de alimentos, cuyo objetivo principal es la obtención de productos inocuos aptos para el consumo humano. Sus principales ejes son las técnicas utilizadas para el control y manejo de: mantenimiento de instalaciones, equipos y utensilios, producto terminado, materias primas, higiene del personal, control de plagas, manejo de residuos, entre las más importantes (Barios, 2011).

Cuba es miembro del Codex Alimentarius, siendo la Oficina Nacional de Normalización (ONN) quien la representa ante el mismo, en consonancia con esto se han adoptado y aprobado 41 normas cubanas obligatorias de alimentos que abarcan toda la cadena alimentaria desde la producción primaria hasta el consumo final.

Dentro de estas normas tenemos:

- NC: 143:2021: Código de práctica principios generales de higiene de los alimentos.
- NC: 1228:2017: Higiene de los alimentos.
- NC: 454: 2014 Transportación de alimentos.
- NC: 108:2020 Norma General para la etiquetada de los alimentos Preenvasado.
- NC: 492:2014: Almacenamiento de Alimentos.
- NC: 488:2020: Limpieza y desinfección de la cadena alimentaria.
- NC: 456:2014: Equipos y utensilios en contacto con los alimentos.
- NC: 455:2015: Manipulación de los alimentos.
- NC: 452:2014: Embaces, embalajes y medios auxiliares al contacto con alimentos.
- NC: 454:2014: Transportación de Alimentos.
- NC: 571:2018: Exposición y venta de alimentos.
- NC: 136:2017 Sistemas de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de control (APPCC) o (HACCP)
- NC: 512:2018: Proyecto de construcción de establecimiento de los alimentos.
- NC 585: 2017 Contaminantes microbiológicos en alimentos requisitos sanitarios.

Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (APPCC)

El sistema de Análisis de Peligros y Puntos de Control Crítico, APPCC, es un plan reconocido y aprobado internacionalmente para asegurar la inocuidad de los alimentos (Veritas, 2011).

El objetivo es identificar los peligros relacionados con la seguridad del consumidor que puedan ocurrir en la cadena alimentaria, estableciendo los procesos de control para garantizar la inocuidad del producto, se basa en un sistema de ingeniería conocido como Análisis de Fallas, Modos y Efectos, donde en cada etapa del proceso, se observan los errores que pueden ocurrir, sus causas probables y sus efectos, para entonces establecer el mecanismo de control.

El sistema HACCP es una herramienta de gerencia que ofrece un programa efectivo de control de peligros. Es racional, pues se basa en datos registrados relacionados con las causas de ETA y de vigilancia de contaminantes en laboratorios. Es también lógico y extensivo, ya que considera los ingredientes, el proceso y el uso posterior del producto.

Este sistema es continuo, detectándose los problemas antes de que ocurran, o en el momento en que aparecen, y aplicándose inmediatamente las acciones correctivas. Es sistemático, por ser un plan completo que cubre todas las operaciones, los procesos y las medidas de control, disminuyendo el riesgo de ETA. Es compatible con otros sistemas de control de calidad. Esto significa que inocuidad, calidad y productividad pueden abordarse en conjunto, resultando en beneficios para los consumidores, más ganancias para las empresas y mejores relaciones entre todas las partes que participan, en función del objetivo común de garantizar la inocuidad y la calidad de los alimentos. Todo esto se expresa en evidente beneficio para la salud y para la economía de los países.

Actividades preliminares del Sistema HACCP

Antes de la aplicación del sistema HACCP, se debe realizar las siguientes actividades preliminares:

- Formación del Equipo HACCP o Equipo de Inocuidad, este equipo debe estar formado por varias personas que tengan el conocimiento y experiencia ya que debe estar en la capacidad de elaborar y desarrollar el sistema HACCP y efectuar su respectivo seguimiento.
- Descripción del producto, en donde se incluye el nombre, las materias primas o ingredientes utilizados, características del producto, condiciones de almacenamiento y distribución, condiciones de conservación, tiempo de vida útil, envasados y embalajes.
- Uso previsto, es el uso esperado del producto final, en el cual se debe describir la información necesaria acerca de cómo consumir el producto ya sea de manera directa o con una previa cocción o con una elaboración posterior, lo que influirá en el análisis de peligros.
- Población destino, se debe identificar el grupo de población al que va dirigido el producto, ya sea a un público en general o a un segmento en particular de la población.
- Realizar diagrama de flujo que describa globalmente el proceso, es una descripción simple y clara de

la secuencia de etapas involucradas en el proceso, a partir de la recepción de materia prima hasta el producto terminado. Se debe incluir detalles útiles tales como: entradas, salidas y flujos de materias primas, residuos, envases, etc. Tiempos, temperaturas de los tratamientos aplicados y condiciones necesarias de almacenamiento, dichos datos facilitarían la identificación de los peligros.

- Verificación In situ de los diagramas de flujo, en esta etapa se debe demostrar que el diagrama de flujo elaborado se ajuste a la realidad y confirmar si los datos corresponden exactamente al proceso Norma NC; ISO 22000: 2018, Norma NC; 136: 2017.

Principios del Sistema HACCP

En la tabla 1 podemos observar los siete principios del sistema HACCP con una breve descripción de su contenido.

Tabla 1. Los 7 principios del Sistema HACCP

Principio 1. Realizar un Análisis de Peligros	Los peligros relacionados con los alimentos deben ser identificados y evaluados por el equipo de trabajo en cada etapa del proceso. Además, deben describirse las posibles medidas de control.
Principio 2. Establecer los Puntos de Críticos de Control	Mediante el uso de un árbol de decisiones se determinan los PCC del proceso. (Figura 1) Ver en anexo1.
Principio 3. Establecer Límites Críticos para Cada PCC	Cada punto crítico de control tiene que ir acompañado de su respectivo límite crítico el cual divide lo admisible de lo que no lo es en las medidas de control.
Principio 4. Establecer un Sistema de Vigilancia	Los criterios de vigilancia para asegurar que los PCC estén dentro de los límites críticos deben ser establecidos por el equipo de trabajo. Se deben crear acciones definidas de vigilancia que contengan la frecuencia y los involucrados para llevarse a cabo. De los resultados obtenidos de la vigilancia se constituye el procedimiento necesario que se ajuste al proceso y mantener su control.
Principio 5. Establecer las Medidas Correctoras	Si surge una desviación fuera del límite crítico se debe crear acciones correctivas que restauren la seguridad en dicho PCC. Las acciones correctivas deben contener todas las etapas necesarias para mantener el proceso bajo control y las acciones a efectuar con los productos procesados mientras el proceso estaba fuera de control Principio 5. Establecer las Medidas Correctoras

Principio 6. Establecer Procedimientos de Verificación	Son auditorías del sistema APPCC con la finalidad de estudiar las desviaciones y el destino de los productos, así como comprobaciones que validen en su totalidad el plan. Se demostrará la eficacia del sistema.
Principio 7. Establecer un Sistema de Documentación	Se deben incorporar registros de los peligros y de sus medidas de control, la vigilancia de los criterios de seguridad y de las acciones ejecutadas para modificar las complicaciones. Para esto, el equipo se debe apoyar en conocimientos científicos, como investigaciones microbiológicas referentes a la temperatura y el tiempo, para controlar los patógenos alimentarios.

NC; ISO 22000: 2018, NC; 136: 2017

Metodología para el diseño del Sistema HACCP

Realizar diagnóstico

Primeramente, hay que hacer un diagnóstico para ver si la entidad presenta un manual de buenas prácticas y en qué estado está con el objetivo de cuidar la calidad e inocuidad de los alimentos procesados en la industria. Un sistema HACCP no funciona si no han sido previamente implementados con éxito los programas de buenas prácticas de manufacturas (BPM) así como los procedimientos estándares de saneamiento (POES).

Estos POES y BPM son exigencia de la norma NC; 143:2021: Código de práctica principios generales de higiene de los alimentos.

Elaboración del plan HACCP

Una vez realizado el diagnóstico se comienza con la elaboración del plan HACCP

En la elaboración de un plan HACCP hay cinco etapas de la Secuencia Lógica que deben cumplirse antes de la aplicación de los principios del HACCP para productos y procesos específicos. Estas cinco etapas son:

- Crear el equipo HACCP

La primera tarea en la elaboración de un plan HACCP es montar el equipo, con personas que tengan experiencia y conocimientos específicos sobre el producto y el proceso. El equipo debe ser multidisciplinario e incluir a diferentes profesionales como: ingenieros, veterinarios, bioquímicos, licenciados, etc. Debe también contar con personas conocedoras de las operaciones pues están familiarizadas con sus variabilidades y limitaciones. Además, participar del equipo aumenta el sentido de responsabilidad entre aquellos que implementaron dicho plan. El equipo HACCP puede necesitar del auxilio de especialistas externos, con conocimiento de los peligros biológicos, químicos y físicos asociados al producto y al proceso.

- Describir el producto

El equipo HACCP debe hacer una descripción general del alimento, de los ingredientes y métodos de procesamiento. La descripción del producto debe ser por escrito, y debe incluir informaciones relevantes para la inocuidad, como componentes, estructura y características físicas y químicas del producto final (incluyendo Aw, pH, etc.), tipo de embalaje (incluyendo hermetismo), validez, condiciones de almacenaje, y métodos de distribución (congelado, refrigerado o a temperatura ambiente).

- Describir el uso propuesto y los probables consumidores del producto

Describir el uso normal propuesto o el grupo específico de consumidores del alimento. Los probables consumidores pueden ser el público en general o un segmento específico de la población, como bebés, ancianos, pacientes inmunodeprimidos, etc. Es importante caracterizar si el uso/consumo final incluye tratamientos importantes para la inocuidad del producto, como selección, lavado, desinfección y cocción.

- Elaborar un flujograma describiendo el proceso

El flujograma debe incluir todas las etapas del proceso bajo control directo del establecimiento. Además, puede incluir las etapas de la cadena productiva que ocurren antes y después del proceso en el establecimiento. Un flujograma no necesita ser complejo, el de bloques es suficiente para describir el proceso, así como una ilustración esquemática de las instalaciones ayuda a comprender y evaluar el flujo del producto y del proceso.

- Verificar el flujograma

El equipo HACCP debe hacer una revisión en el lugar de la operación para verificar la exactitud del flujograma, incluyendo la observación de desempeño de todos los turnos de trabajo involucrados en la producción y las posibles diferencias en la conducción del proceso.

Después de realizar estas etapas preliminares se procede con los 7 principios básicos de un sistema HACCP descritos con antelación en la **tabla 1**.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de la información obtenida con el Diagnóstico realizado

Se constata que cuentan con la documentación requerida según la NC;143: 2021.

Formación de un equipo HACCP

Cuenta con un equipo HACCP con la formación académica y experiencia necesaria para llevar a cabo la implementación de un plan HACCP destinado al control de todos y cada uno de los posibles peligros que eventualmente pongan en riesgo la inocuidad de su producto.

Descripción del Producto, Utilización y Tipo de Consumidor

La implementación del sistema HACCP tiene como fin primordial el control de los principales peligros que eventualmente podrían presentarse en el proceso de elaboración, tales como contaminación física, química o biológica de la materia prima a lo largo de las diferentes etapas en su proceso. Como parte de la implementación del presente plan HACCP, se ha contemplado la descripción y el uso del producto al cual se aplicará dicho plan, así como una breve descripción del tipo de consumidor al cual está enfocado dicho producto.

Descripción del producto

La descripción del producto se fundamenta en un proceso físico-químico y las especificaciones de los índices de calidad de las materias prima y materiales según lo que establece norma cubana

Establecimiento del Flujoograma del Proceso:

Se detallan en forma secuencial todos los procesos implicados en la elaboración del producto al cual será aplicado el presente plan HACCP

Verificación del Diagrama de Flujo in Situ

Una vez realizado el flujoograma de proceso respectivo y previo a la realización del análisis de peligros se lleva a cabo la verificación de la misma in situ, realizándose mediante una visita a la línea de producción con el objetivo de corroborar la continuidad de los procesos.

Realización del Análisis de Peligros

Posterior a la verificación in situ del flujoograma de proceso, se llevó a cabo una reunión con el equipo HACCP de la organización para establecer, mediante una lluvia de ideas y discusión, cuáles son los peligros potenciales. Se llevó a cabo el análisis de peligros, en el cual se detallan los tipos de peligros específicos para cada fase del proceso, así como una ponderación numérica tanto de la severidad como de la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Todo esto tomando en cuenta una serie de aspectos tales como las actividades específicas para cada proceso, el equipo y los utensilios utilizados o los métodos empleados en el almacenamiento y empaque.

El cálculo de severidad y probabilidad de ocurrencia fue realizado en base a la tabla que a continuación se describe, tomando como criterio que los números más pequeños en ambas escalas representan la probabilidad y severidad más baja que un peligro determinado pueda causar. Así mismo el significado de las diferentes cifras también se detalla como complemento a dicha tabla.

En la Tabla 2. se realiza la valorización de los peligros significativos según probabilidad y severidad de ocurrencia.

Tabla 2. Nos muestra la probabilidad de ocurrencia

Probabilidad de Ocurrencia	1	2	3	4	5
5	5	18	15	20	25
4	4	8	12	16	20
3	3	6	9	12	15
2	2	4	6	8	10
1	1	2	3	4	5

Bajo: 1-5

Moderado: 6-9

Significativo: 10-15

Alto: 16-20

Muy alto: 21-25

Establecimiento de los Puntos Críticos de Control

Una vez realizado el análisis de peligros se procede al establecimiento de los Puntos Críticos de Control (PCC), procedimiento que se desarrolló en base a la técnica denominada "Árbol de decisiones", la cual consiste en un conjunto secuencial de preguntas cuyo objetivo es determinar si los peligros significativos detectados serán clasificados como Punto de Control, dependiendo de la posibilidad de controlarlos solamente una o varias veces a lo largo del proceso de producción.

Posteriormente se detallarán las fichas elaboradas para el análisis de cada peligro hallado en cada una de las fases del proceso, detallándose sus características, origen, medios de control y finalmente la decisión de definirlo como un Punto Crítico de Control o no.

Establecimiento de los Límites Críticos para cada Punto Crítico de Control

Una vez determinado los puntos críticos se procede a determinar el límite crítico para cada uno de ellos. El o los límites críticos establecidos representan los límites utilizados para asegurar que la operación produce productos seguros, y que han sido establecidos a través de requerimientos regulatorios o a través de literatura técnica o científica las cuales son la base de los procesos de producción.

Sistema de Vigilancia del Control de los Puntos Críticos de Control

Se llevará a cabo una secuencia planificada de observaciones o mediciones de los parámetros de control para evaluar si un PCC está bajo control.

Establecimiento de Medidas Correctivas.

Establecimiento de Procedimientos de Comprobación.

Establecimiento de un Sistema de Documentación y Registros.

CONCLUSIONES

Se elaboró una guía del Plan HACCP para el proceso de elaboración con el fin de controlar eficientemente los peligros significativos que puedan comprometer la inocuidad de sus productos. En la misma puede determinar la existencia del punto crítico de control específico en la elaboración de cualquiera de las etapas de las líneas de producción que existan en los establecimientos. Los riesgos existentes pueden ser físicos, químicos o biológicos; por consiguiente, a cada positivo se le hace corresponder el límite crítico con su respectiva medida preventiva y la acción correctiva a través de un sistema de vigilancia; todo ello no es más que el monitoreo de los puntos críticos hallados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Análisis de Peligros Y Puntos Críticos de Control (HACCP), Manual, Organización Panamericana de la Salud.

Cuba. Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad. (2020). Boletín de páginas sueltas. <https://www.cgdc.cu>

Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2017). Sistema de Análisis de Peligro y Puntos Críticos de Control. (APPCC) o (HACCP). NC; 136.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2018). Sistema de Gestión de la inocuidad de los alimentos-Requisitos para cualquier organización en la cadena alimentaria. NC ISO22000.

Cuba. Oficina Nacional de Normalización. (2021). Código de Prácticas, Requisitos y Procedimientos Generales de Higiene de los Alimentos. NC; 143.

El Salvador. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA). (2018). Manual de introducción de inocuidad de los alimentos. <https://www.oirsa.org>

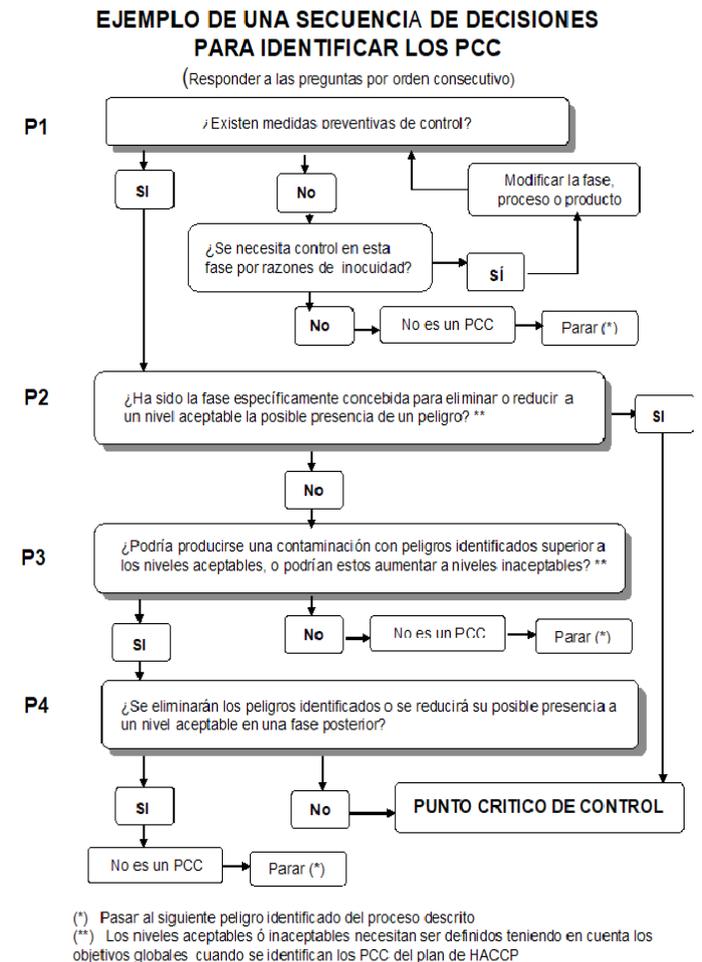
[Pallares Rodríguez, X., Astorga Pino, C., Bascañan Cancino, V., Aspee Salva, R. \(2022\). Evaluación del cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura \(BPM\) en fundaciones sociales de la Región Metropolitana de Chile. Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, 20\(1\), 1812-9528. DOI: <https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2022.020.01.85>](#)

Ruelas Castañeda, G.M., Baéz Germán, L.J., Burgos Castillo, M., Edeza Jiménez, M. (2020). Venta a granel de embutidos: una tendencia de comercialización asociada al riesgo de enfermedades transmitidas por alimentos en Culiacán, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 2448-6698. DOI: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5274>

Veritas, B. (S.A). (2011). Evolución del sistema HACCP/ APPCC. Madrid, España

Villa Clara. Centro Nacional de Inspección de la Calidad Territorial. (2016). Curso Taller Sobre: Análisis de Peligros y Puntos de Control Críticos.

Anexo 1



Secuencia del árbol de Decisiones. Figura 1

09

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

SINTROPÍA: EFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO FITOSANITARIO DEL CULTIVO DE BANANO (*Musa X Paradisiaca L.*)

SYNTROPY: EFFECTS ON THE PHYTOSANITARY BEHAVIOR OF THE BANANA CROP (*Musa X Paradisiaca L.*)

Segundo Samuel Lalvay Lalvay¹

E-mail: slalvay1@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6528-2593>

José Nicasio Quevedo Guerrero¹

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rgarcia@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala. El Oro. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Lalvay Lalvay, S. S., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Sintropía: efectos en el comportamiento fitosanitario del cultivo de banano (*Musa x paradisiaca l.*). *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1),67-75. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El banano (*Musa x paradisiaca L.*) es uno de los principales cultivos en Ecuador, que se caracteriza por ser una valiosa fuente de alimento para los consumidores. En el futuro, se espera un aumento en la demanda internacional de banano libre de agroquímicos y cultivados en sistemas agroforestales, en este sentido, la agricultura sintrópica es un sistema productivo que imita los procesos naturales y ayuda a producir alimentos en abundancia, restaurar tierras degradadas, convirtiéndolas en tierras fértiles y aprovechando al máximo la energía solar y el agua del terreno. Por lo anteriormente expuesto el objetivo del presente estudio fue aplicar la agricultura sintrópica en el cultivo de banano, para evaluar sus efectos en el comportamiento fitosanitario, picudo negro y rayado, afectación por *Colaspis hypochlora*, nematodos y parámetros agronómicos, donde el T2 (Banano+Café+Piña+Nabo+Kudzu) resultó tener mejor comportamiento en las diferentes variables evaluadas.

Palabra clave:

Sintropía, fitosanitario, sigatoka, nematodos.

ABSTRACT

Banana (*Musa x paradisiaca L.*) is one of the main crops in Ecuador, which is characterized as a valuable source of food consumers. In the future, an increase in the international demand for bananas free of agrochemicals and cultivated in agroforestry systems is expected. In this sense, syntropic agriculture is a productive system that imitates natural processes and helps to produce abundant food, restore degraded lands, turning them into fertile land and making the most of solar energy and water from the land. Due to the above, the objective of this study was to apply syntropic agriculture in banana cultivation, to evaluate its effects on phytosanitary behavior, black and striped weevil, affectation by *Colaspis hypochlora*, nematodes and agronomic parameters, where T2 (Banana+Coffer,Pineapple+Turnip+Kudzu) turned out to have better behavior in the different variables evaluated.

Keywords:

Syntropy, phytosanitary, sigatoka, nematodes.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa x paradisiaca* L.) es el principal cultivo agrario en Ecuador, que se caracteriza por ser una valiosa fuente de alimento para los consumidores. Además, su producción es vital para la economía del país, representa el 28% del valor del PBI agrícola, con una producción anual de 1600 a 2500 cajas por hectárea. Hay aproximadamente 7300 productores de banano, muchos de los cuales se encuentran en la provincia de El Oro debido a que existe el clima ideal para su cultivo (García Saltos *et al.*, 2016; Prado-Ocampo & Garzón-Montealegre, 2022).

En el futuro, se espera un aumento en la demanda de banano libre de agroquímicos, pero esta presión sobre el uso de la tierra resultará en una degradación del suelo, una escasez de recursos naturales y un aumento de plagas y enfermedades como, *Cosmopolites sordidus* G, *Micropharella fijiensis* y nematodos (Tárraga, 2016). El cultivo intensivo ha causado una degradación en la estructura del suelo, lo que ha afectado la fertilidad y la producción de los cultivos, esto se debe al uso de insumos químicos “necesarios” para mantener la producción a niveles rentables, es importante destacar que actualmente estamos enfrentando una crisis de cambio climático, que modifica los escenarios agrícolas y aumenta los riesgos al momento de cuantificar la producción (Segarra, 2014).

Además de afectar la degradación del suelo, la agricultura también contribuye a la contaminación del aire, especialmente a través de los gases emitidos por los fertilizantes y la quema de biomasa, según Enríquez (2018), la agricultura es una de las principales causas de la disminución de agua, lo que afecta su propio entorno agrícola ya que el agua es esencial para la producción. En este sentido, la agricultura sintrópica es un sistema de siembra que imita los procesos naturales y ayuda a producir alimentos en abundancia, restaurar tierras degradadas convirtiéndolas en tierras fértiles y aprovechar al máximo la energía solar y el agua del terreno.

La agricultura sintrópica es una técnica de cultivo que busca satisfacer las necesidades de diferentes especies cultivadas. Se puede aplicar desde suelos con textura arenosa hasta suelos con textura arcillosa con el objetivo de aumentar la producción. El método fue desarrollado por Ernst Götsch, un investigador suizo que después de ver la deforestación que ocurría en Brasil creyó que, para lograr una agricultura sostenible y abundante, sería necesario crear condiciones ideales para cada cultivo (Andrade *et al.*, 2020).

Antes de implementar la agricultura sintrópica, es necesario realizar un estudio detallado del terreno para identificar sus condiciones y seleccionar las especies de cultivos que se desean producir, es importante elegir especies con funciones similares para que se puedan adaptar entre sí, durante este proceso, es crucial tener en cuenta cómo interactúan estas especies Joaquim *et al.*, (2021). Esta técnica promueve una mayor diversidad biológica en la parcela, lo que ayuda a controlar plagas

y mejora la salud de las plantas, haciéndolas más resistentes, fomentando la autogestión de la parcela, logrando un equilibrio entre los insectos y hongos benéficos que controlan las plagas (Rojas, 2022).

Actualmente, dentro de la provincia existe muy poca disponibilidad de investigaciones que han apuntado a establecer sintropía en el cultivo de banano, esto llevaría a responder preguntas de investigación sobre la adaptabilidad del banano ante su exposición con diferentes cultivos. Por lo anteriormente expuesto el objetivo del presente estudio fue aplicar la agricultura sintrópica en el cultivo de banano, para observar sus efectos en el comportamiento fitosanitario.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las parcelas de banano Orgánico de la Granja Experimental “Santa Inés” perteneciente a la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia el cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador, las coordenadas geográficas 3°17'17" de latitud sur y 79°54'43", su altura de 5 msnm, según INAMHI, (2017), tiene una precipitación mensual promedio de 75,5 mm, temperatura con un promedio de 24,7°C.

Se evaluaron 48 plantas de banano Clon Grand Nain, en un área de 320m², se dividió en tres tratamientos, con asociación de diferentes cultivos, además la aplicación de microorganismos que tiene el efecto de promover la actividad microbiana presentes en el suelo (Figura 1).

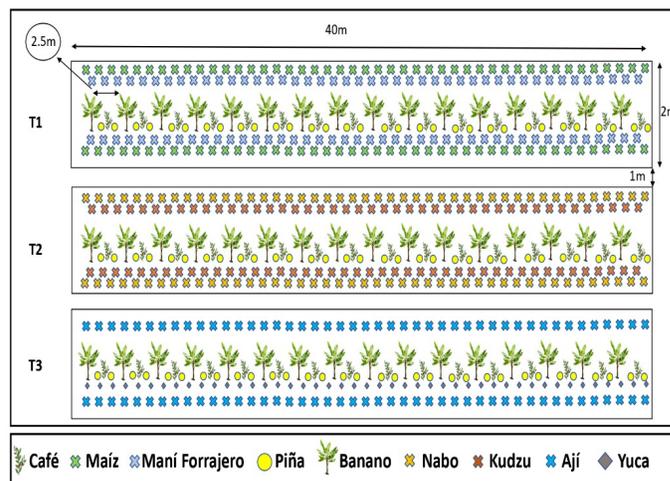


Figura 1. Modelo del sistema de siembra con asociación de cultivos (Sintropía)

Los tratamientos participantes en el estudio descrita en la tabla 1.

Tabla 1. Sistema de siembra en Sintropía

Tratamiento	Cultivo	Distancia de siembra (m)	Número total de plantas
T1	Banano	2.50 entre planta	16
	Maíz	0.4 x 2.00 doble hilera	200
	Piña	0.5 entre planta	80
	Maní forrajero	0.40 X 1.00	200
	Café	2.50 entre planta	16
T2	Banano	2.5 entre planta	16
	Nabo	0.4 x 2.00 doble hilera	200
	Piña	0.50 entre planta	80
	Kudzu	0.40 X 1.00	200
	Café	2.50 entre planta	16
T3	Banano	2.50 entre planta	16
	Ají	0.40 x 2.00 doble hilera	200
	Piña	1.00 entre planta	40
	Yuca	1.00 entre planta	40
	Café	2.50 entre planta	16

Variables Evaluadas

En los tres tratamientos se registró datos morfológicos: altura de planta, emisión foliar, fuste, y número de hojas, además del monitoreo el estado evolutivo de sigatoka, picudo negro y rayado, afectación por *Colaspis hypochlora*, raíces y nematodo, se cuantificó las cosechas durante todo el proyecto de investigación que se estableció en 30 semanas.

Monitoreo del estado evolutivo de sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet).

Se utilizó un método de preaviso biológico conocido como estado evolutivo de la sigatoka (Infante, 2017). En el sistema de siembra sintrópico no se aplicó ningún tipo de fungicida, (tabla 1) sobre la intensidad de grado de infección, se clasificó según el número de estadios comprendidos entre 0 y 5; 6 y 10; mayor 11, valores que manifiesta la cantidad de estados en una hoja con síntomas (la escala de Fouré, dice que la sintomatología de la Sigatoka negra se divide en seis estados), el castigo se lo refleja con una letra a, b y c; cada factor está establecido entre 1 y 3 de acuerdo al porcentaje de la hoja a observar, lo mismo ocurre para la tercera, cuarta y quinta hoja con valores constante.

Tabla 2. Intensidad de grado de infección

Intensidad de Grado de Infección		
Nº DE ESTADIOS	CASTIGO	FACTOR
0-5	A	1
6-10	B	2
> de 11	C	3
Valores Constantes Según Posición de la hoja:		
Tercera Hoja	120	
Cuarta Hoja	100	
Quinta Hoja	80	

Fuente: (Infante, 2017)

Se registró en la tabla 2 cada semana los datos de la tercera, cuarta y quinta hoja, para examinar la intensidad y grado de severidad, se evaluó en plantas jóvenes con apariencia sintomatológica de sigatoka, por ende, el grado de severidad se visualizó en las hojas antes mencionada hasta que el inoculo afecte el 100% de la hoja, el cual se escogía otra vez la hoja más joven (Carrillo & Quevedo, 2022).

Para determinar el estado evolutivo se realizó la multiplicación de los promedios; del grado severidad, con el factor y la constante conforme el número de hoja que se selecciona, a través de este cálculo se determina el estado evolutivo de la enfermedad en las hojas, se marcó las hojas 1, 2 y 3 para evaluar cuando su posición está en 3, 4 y 5.

Tabla 3. Procedimiento para determinación de los estados evolutivos de Sigatoka

Determinación de los Estados Evolutivos por Hoja EJEMPLO:									
Planta N°	Hoja - 3ra			Hoja - 4ta			Hoja - 5ta		
	Grado Sever	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3	Grado Sever	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3	Grado Sever	Castigo A-B-C	Factor 1-2-3
1	2	B	2	3	A	1	3	B	2
2	0	-	0	2	B	2	3	C	3
3	2	A	1	2	B	2	3	A	1
4	2	A	1	3	B	2	4	A	1
5	2	B	2	2	B	2	4	B	2
Totales	8	-	6	12	-	9	17	-	9
Promedio	1,6		1,2	2,4	-	1,8	3,4	-	1,8
Constante	120			100			80		
Estado Evolutivo	1,6x1,2x120=230,4			2,4x1,8x100=432			3,4x1,8x80=489,6		
Calificación	Baja ≤ de 250			Moderada (251 A 500)			Severa ≥ 501		

Fuente: Ejemplo determinación de los estados evolutivos de sigatoka. (Carrillo & Quevedo, 2022).

En los tres tratamientos no se realizó ninguna aplicación de fungicida, no obstante, se realizó el deshoje; podas y cirugías, de igual importancia se efectuó el despunte temprano para disminuir la fuente de inóculos, asimismo esta labor cultural se procedió a realizar dos veces por semana.

Monitoreo y control de picudos negros y rallados

Se realizó las trampas tipo sándwich que consiste en utilizar un pseudotallo de una planta recién cosechada se procede a cortar de 55 a 60cm de forma longitudinal, además se divide una nervadura central y se lo coloca entre la mitad del pseudotallo incidiendo así que el insecto ingrese, el área debe estar limpio y se lo debe proteger con hojas de banano para evitar la deshidratación y genere sombra, se lo coloca continuo a la planta de banano (figura 2). Se registró datos a las 24, 48 y 72 horas en cada uno de los tratamientos, un total de tres repeticiones, no se incorporó ningún atrayente en las trampas de picudo rayado y negro (Espinosa & Guerrero, 2019).



Figura 2. Representación de las trampas para *Cosmopolites sordidus* G

Monitoreo y control de Colaspis hypochlora

Se registró la incidencia para estimar el daño (figura 3), se procedió a recopilar información de plantas que tienen hojas afectada por *Colaspis hypochlora* (PAC) y Plantas no afectadas (PNC) por el insecto antes mencionado, esta especie según (Ostmark, 1975), demuestra el daño en el área foliar de la hoja candela y generalmente esta no causa daño al fruto. La presencia y daño de este defoliador se controló sembrando nabos en el T2, logrando bajar la incidencia del ataque a las hojas de banano.



Figura 3. Registro de afectación de *Colaspis hypochlora*

Muestreo de Nematodos

Se efectuó un muestreo de raíces totalmente al azar (figura 4), hecho específicamente delante del hijo seleccionado de la planta que esta recién emitida la bellota, se construyó un hoyo de 20x20x30cm obteniendo un volumen de 12000 cm³ de tierra, se procede a extraer todas las raíces de cada submuestra. Se recogió 5 submuestras por tratamiento y enviadas a laboratorio para determinar las diferentes especies de nematodos presentes en cada tratamiento (Chávez Velasco & Araya Vargas, 2009).



Figura 4. Muestra de Raíces

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Tabla 4), muestra que la altura de la planta en T2 (Banano+Café+Piña+Nabo+Kudzu) presentó la mayor media para esta variable con 173,14 cm. Según Chabla Carrillo, (2017) esto es influenciado por la cobertura vegetal que aporta nitrógeno y biomasa el cual permite mayor crecimiento en la planta de banano. En emisión foliar se aprecia diferencias significativas, el T2 con un promedio de 0,728 seguido de T1(Banano+Café+Piña+Maíz+MF) 0,686 y T3 (Banano+Café+Piña+Ají) 0,660. Además, la variable fuste presento diferencias significativas en T2 con 52,51 cm con relación a los otros

Con respecto al número de hojas emitidas en 30 semanas se aprecia diferencias entre tratamientos, el T2 con 20,61 muestra medias iguales a T1 (20,35), mientras que el T3 presentó 19,06 hojas. El área foliar es significativa, T1 muestra medias iguales a T2 (Tabla 4) mientras que las medias de T2 Y T3 son diferentes entre sí.

Tabla 4. Análisis de varianza y Tukey para parámetros agronómicos del cultivo

	Altura (cm)	Emisión Foliar	Fuste (cm)	Hojas 30S	Área Foliar (m2)
T1	151,909 a	,686 a	47,20 a	20,35 a	8,41 ab
T2	173,144 a	,728 a	52,51 a	20,61 a	9,5669 b
T3	155,177 a	,660 a	48,27 a	19,06 a	7,2856 a
F	2,480	1,695	1,717	1,57	3,016
Sig	,095	,195	,384	,219	,059

En la figura 4, se aprecian diferencias considerables entre los tratamientos con relación al estado evolutivo de sigatoka tanto en la 3era, 4ta y 5ta hoja. Tomando en cuenta esta valoración (Cuadro 2) en la Hoja 3, el T2 presenta significancia con un valor promedio bajo de estado evolutivo (177) en comparación con los otros tratamientos; la

variable de emisión foliar fue mayor en el T2 con 0,728 por semana, demostrando que estas dos variables se correlacionan de forma positiva, mientras que T1 y T3 presentaron valores medios de EE y baja emisión foliar (figura 4).

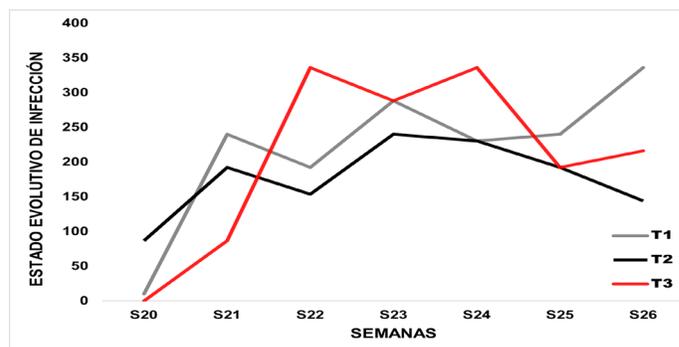


Figura 4. Estado evolutivo en Hoja 3

En la hoja 4, T1 mostró un valor promedio de estado evolutivo de 335 considerado bajo, siendo significativo en relación con el T2 y T3, pero se resalta que el T2 y T3 demuestran una disminución del 14% en la evolución de la enfermedad en comparación con los valores medios semanales a partir de la semana 21 (Figura 5), debido al deshoje fitosanitario temprano y limpieza de drenajes realizados, lo que permitió bajar la presión del inculo, esto se corrobora con lo expresado por Quevedo et al., (2018).

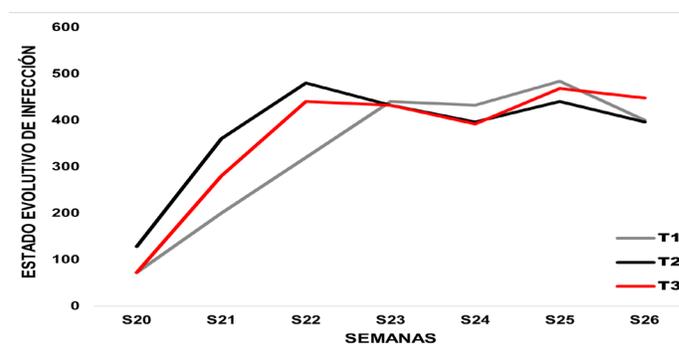


Figura 5. Estado evolutivo en Hoja 4

La hoja 5, refleja que el T3 obtiene un promedio de 367 para estado evolutivo considerado bajo, sin embargo, los tratamientos T1 y T2 presentaron disminuciones (cerca del 18%) en la evolución de la enfermedad si se comparan con los valores medios semanales obtenidos (Figura 6). Además, en todos los tratamientos el nivel del inculo de sigatoka negra se mantuvo por debajo del rango establecido según (la tabla 2).

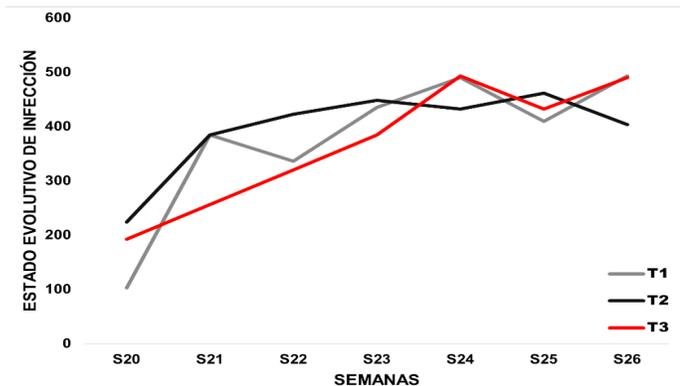


Figura 6. Estado evolutivo en Hoja 5

Control de picudos negros y rayados

Durante la evaluación de picudo negro (PN) (*Cosmopolites sordidus* G.) y picudo rayado (PR) (*Metamasius hemipterus*, L.) con trampas tipo sándwich durante las primeras 24h de la aplicación en campo se contabilizaron un total de 7 (PN) y 14 (PR) en el T1. Mientras que el T2 presentó 6 (PN) y 9 (PR) y en el T3 se encontraron 7 (PN) y 14 (PR) como se muestra en la (Figura 7), estos valores están en concordancia con el estudio reportado por Espinosa & Guerrero, (2019) quienes señalan que la mayor captura de (PR) se da las 24 horas.

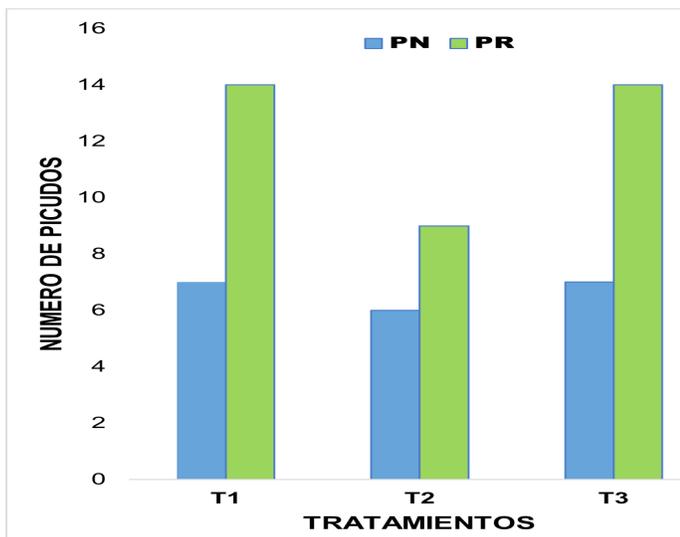


Figura 7. Picudo negro y rayados capturados por tratamiento a las 24 horas

Durante las 48 horas de evaluación se contabilizaron en T1 un total de 20 (PN) y 17 (PR), en T2 17 (PN) y 12 (PR), y en T3 23 (PN) y 21 (PR), se observa en la (Figura 8), en este muestreo se captura la mayor incidencia de picudos negro.

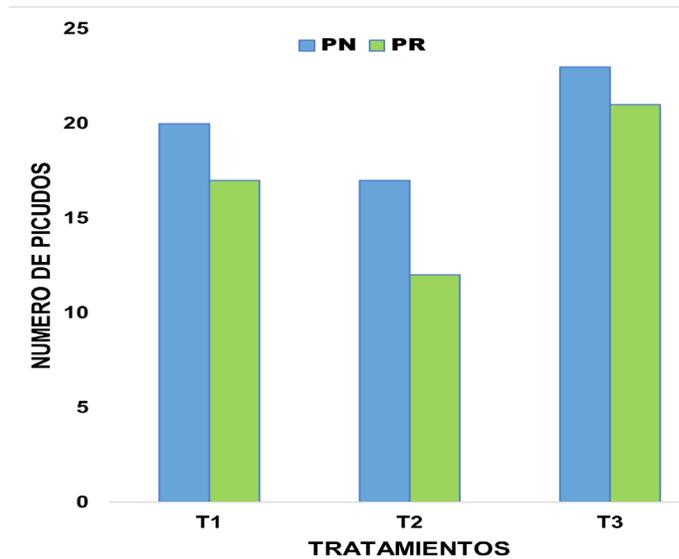


Figura 8. Picudo negro y rayados capturados por tratamiento a la 48 horas

Finalmente, a las 72h de evaluación en T1 se contabilizo 18 (PN) Y 15 (PR), en T2 13 (PN) y 12 (PR), y en T3 un total de 20 (PN) Y 15 (PR), en esta lectura se visualiza menos cantidad de (PN) y (PR) capturados, en función de la demás hora de lectura corroborando lo expuesto por Espinosa & Guerrero, (2019) que a las 72 horas es menor la captura de insectos, por la deshidratación del material vegetal de las trampas.

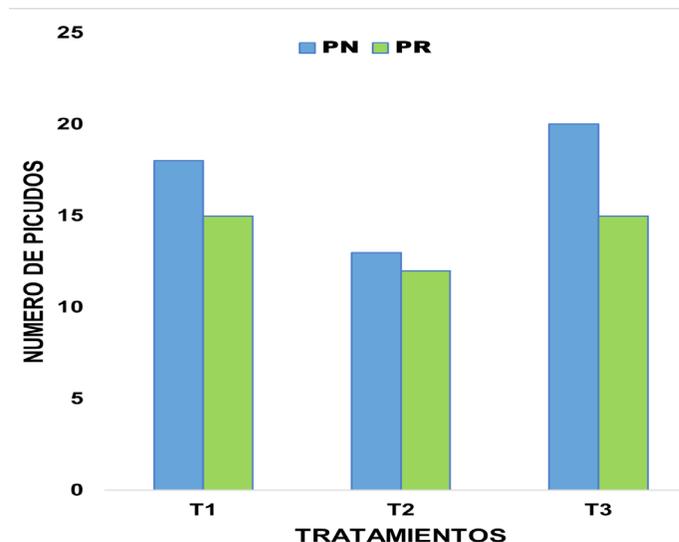


Figura 9. Picudo negro y rayados capturados por tratamiento a la 72 horas

Según Monserrate (2010), cuando estos 2 insectos superan el umbral económico determinado de 5 picudos por trampa se consideran plagas ya que causan graves daños a los cultivos. En el estudio durante la evaluación del promedio del número de insectos por trampa resultó el T2 con 4 (PN) y 4 (PR) por trampa durante toda la

evaluación, seguido del T1 con 5 (PN) y 5 (PR) por trampa y finalmente el T3 con 7 (PN) y 7 (PR), cabe recalcar que las trampas que se realizó no contienen ninguna aplicación de feromona o atrayente.

Control de *Colaspis hypochlora*

Al comenzar la investigación, sin establecer sintropía, se obtuvieron en T1, 6; T2, 4 y T3, 7 Planta afectada por *C. hypochlora* (PAC) respectivamente (figura 10). Se visualiza la afectación en la lamina foliar de la hoja cigarro que se caracteriza por mostrar agujeros de forma irregular, además de considerarse una plaga con hábitos nocturnos según Ostmark, (1975).

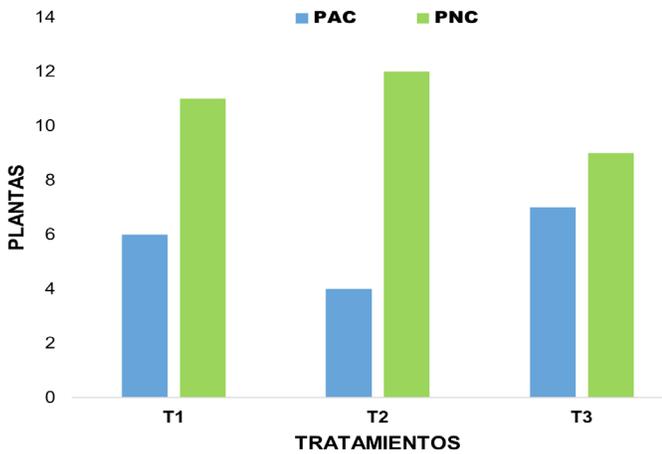


Figura 10. Registro de plantas afectada por *C. hypochlora* sin sintropía. Al establecer el cultivo de nabo en T2 mediante el diseño sintrópico permite apreciar que las plantas de nabo tienen perforaciones en sus hojas, mientras que las nuevas hojas cigarro de las plantas de banano afectadas anteriormente, ya no presentan ataques de *C. hypochlora*. No existe información sobre esta interacción de asociación de cultivos, de manera que permite establecer futuras investigaciones (Figura 11).

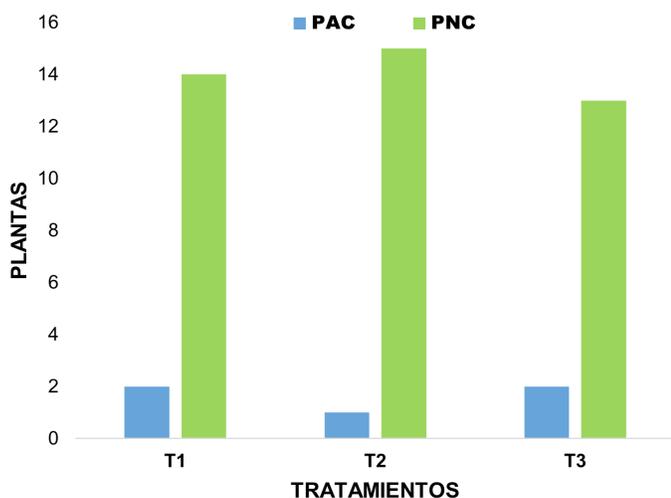


Figura 11. Registro de plantas afectada por *C. hypochlora* con sintropía

Raíces

El porcentaje de raíces sanas en T2 muestra una media de 86%, seguido del T1 con una media de 82% y finalmente el T3 con una media de 82.16%, de tal manera que las raíces enfermas no presentan significancia (Figura 12).

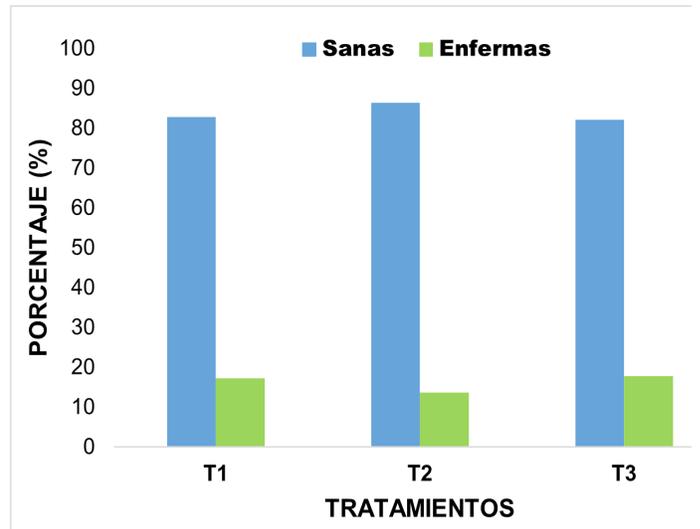


Figura 12. Raíces por tratamiento, porcentaje de raíces sanas y enfermas

Nematodos

En los resultados emitidos por el laboratorio se ratifica la presencia de los siguientes nematodos: *Radopholus sp.*, *Helicotylenchus sp.*, *Meliodogyne sp.*, y *Pratylenchus sp.*

En T1, no se encontró la presencia de *Radopholus sp.*, pero se registró 13 200 *Helicotylenchus sp.*, y 400 *Meliodogyne sp.*, y 2 *Pratylenchus sp.*, en T2 no se registró *Radopholus sp.*, y *Pratylenchus sp.*, pero se aprecia 1200 *Helicotylenchus sp.*, 800 *Meliodogyne sp.*. Finalmente, en el T3 se visualiza 1200 *Radopholus sp.*, 7600 *Helicotylenchus sp.*, 800 *Meliodogyne sp.* y 2 *Pratylenchus sp.*

Según los parámetros establecidos en laboratorio, T2 presenta un mayor porcentaje de raíces funcionales (90,53%), seguido de T1 (77,78%) y T3 (73,92%), por otra parte, en el T1 registra mayor densidad de población de *Helicotylenchus sp.* (13200) corroborando lo expuesto por López Aguilar et al., (2022) que indicó mayor cantidad de nematodos de esta especie, pero se difiere lo determinado por Araya & Vargas, (2018), cabe recalcar que ya se considera un umbral crítico en el T1, además para futuras investigaciones se puede aplicar ácido húmico que permite suprimir la población de *Helicotylenchus sp.*

Tabla 5. Resultados obtenidos de laboratorio

	RAIZ FUNCIONAL	RAIZ NO FUNCIONAL	SUMA	% RAIZ FUNCIONAL	Radopholus sp	Helicotylenchus sp	Meloidogyne sp	Pratylenchus sp
T1	35,00	10,00	45,00	77,78	0	13200	400	2
T2	86,00	9,00	95,00	90,53	0	1200	800	0
T3	60,00	18,00	78,00	76,92	1200	7600	800	2

Producción en otros cultivos de ciclo corto obtenidos en sintropía con banano

La producción de los cultivos asociados en sintropía (Figura 13), el cultivo de maíz en T1, se obtuvieron 56,9 kg (en elotes), según Espinosa et al., (2003) esta asociación (banano+maíz) produce gran aporte de biomasa que beneficia al suelo. El cultivo de nabo en T2 produjo 171,09 kg de hortaliza fresca, y el cultivo de ají cayena en T3 rindió 59,13 kg, cabe recalcar que el cultivo de café estuvo establecido antes del diseño sintrópico y se obtuvo una producción de 18kg.

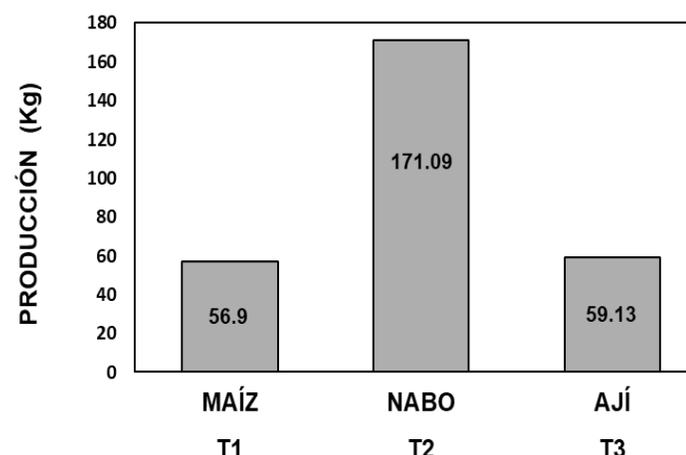


Figura 13. Producción en kg de los cultivos de: Maíz, Nabo y Ají cayena.

CONCLUSIONES

Al evaluar el efecto de la sintropía sobre el comportamiento fitosanitario del cultivo de banano se concluye que el T2 presentó un mejor resultado en las variables estudiadas, en cuanto al estado evolutivo de la sigatoka, los tres tratamientos se comportan de manera similar, pero el T2 se mantiene estable dentro del rango de incidencia de manera que permitirá, en conjunto con las prácticas culturales de prevención, el control de la enfermedad desde sus primeros estadios sin la necesidad de aplicación de agroquímicos.

El comportamiento de picudos en relación con su umbral crítico y el tipo de trampa tipo sándwich establece que la mayor cantidad se observó a 24 horas para picudo rayado y 48 horas picudo negro, de igual importancia la interacción que se visualizó en *Colaspis hypochlora*, con la siembra de nabo, permite reducir la afectación en las nuevas hojas cigarro del cultivo de banano.

El porcentaje de raíces sanas y sus raíces funcionales en el T2 predominan respecto al T1 y T3, por otra parte, la cantidad de producción de los diferentes cultivos asociados que se estableció permite conocer el diseño sintrópico con el cultivo de banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, D., Pasini, F., & Scarano, F. R. (2020). Syntropy and innovation in agriculture. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 20-24. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2020.08.003>
- Araya, M., & Vargas, R. (2018). Frecuencia y densidades poblacionales de nematodos parásitos en plantaciones comerciales de banano (*Musa AAA*) muestreadas en el intermedio madre-hijo y al frente del hijo de sucesión. *Corbana*, 44(64), 71-96. <https://www.researchgate.net/publication/333802998>
- Carrillo Romero, E. A. & Quevedo Guerrero, J. N. (2022). Evaluación de un fungicida orgánico a base de taninos flavonoides, fenoles y saponinas para el control de sigatoka negra en banano. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19867>
- Chabla Carrillo, J. E. (2017). *Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos de la compactación de suelos bananeros bajo sistemas de riego* [Universidad Da Coruña]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/20296>
- Chávez Velasco, C., & Araya Vargas, M. (2009). Correlación entre las Características del suelo y los nematodos de las raíces del banano (*Musa AAA*) en Ecuador. *Agronomía Mesoamericana*, 20(2), 361-369. <https://doi.org/10.15517/am.v20i2.4952>
- Enríquez, G. (2018). *Análisis de los factores habilitantes para implementar un sistema agroforestal biodiverso con café, para incrementar la resiliencia al cambio climático de las fincas y hogares de dos parroquias del Noroccidente de Quito*. [Tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Cambio Climático, Universidad Andina Simón Bolívar]. <http://hdl.handle.net/10644/6350>

- Espinosa, E., Hernández, M. A., Folgueras, M., González, J., Simó, J., Ramírez, T., González, L., Armario, D., Cabrera, M., Maza, N., Hernández, E., de La Nuez, A., Méndez, A., Jacomino, M., & Pérez, D. (2003). Efecto del intercalamiento de maíz (*Zea mays*L.) sobre el rendimiento del banano (*Musa* spp.) en sistemas agroecológicos. *Revista Centro Agrícola*, 30(1), 75-79. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-30-2003/numero-1-2003/774>
- Espinosa Velepucha, Y. & Guerrero Quevedo, J. N. (2019). Determinación de la eficiencia de diferentes trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus* G.) en banano orgánico. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13848>
- García Saltos, M. B., Juca Maldonado, F., & Juca Maldonado, O. M. (2016). Estudio de los eslabones de la cadena de valor del en la provincia de El Oro. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos*, 8(3), 51-57. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/411>
- INAMHI. (2017). *Anuario meteorológico No 53-2013. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (Issue 52)*. https://www.inamhi.gob.ec/docum_institucion/anuarios/meteorologicos/Am_2013.pdf
- Infante, C. J. (2017). *Efecto de la aplicación de fungicidas sistémicos y protectantes en el control de sigatoka negra en cuatro fincas bananeras* [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/10521>
- Joaquim, C., Ares, A., Pintado, D., Santos, D., Messmer, M. M., Costa, J., & Mendes-Moreira, P. (2021). *Analyses Of The Rhizosphere Microbiota In Three Different Crop Systems (Conventional, Organic And Syntropic Agriculture), Using A Portuguese Maize Population And Ccp ('Pigarro' And 'Sinpre')*. <https://orgprints.org/id/eprint/42152/1/OWC2020-SCI-1360.pdf>
- López Aguilar, C., Barrezueta Unda, S., & Jaramillo Aguilar, E. (2022). Efectos de hongos entomopatógenos para el control de nematodos en el sistema radicular del banano. [Informe de proyecto de investigación, FCA-UTMACH]
- Monserate, L. (2010). Evaluación de la efectividad de dos insecticidas ecológicos aplicados en tres tipos de trampas para el control de picudo negro (*Cosmopolites sordidus*) en banano en la parroquia San Juan Cantón pueblo viejo provincia Los Ríos. [Trabajo de titulación, Universidad Estatal de Bolívar]. <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/1168>
- Ostmark, H. E. (1975). Banana Pests in the Genus *Colaspis*, including Description of a New Species (Coleoptera: Chrysomelidae). *The Florida Entomologist*, 58(1), 1-8. <https://doi.org/10.2307/3493857>
- Prado-Ocampo, J., & Garzón-Montealegre, V. (2022). Evolución económica y productiva del sector bananero de la provincia de El Oro en el período 2011 – 2020. *593 Digital Publisher CEIT*, 7(2), 260-270. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.2.1035>
- Quevedo Guerrero, J., Infante Noblecilla, C. J., & García Batista, R. M. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de sigatoka (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. [Informe de proyecto de investigación Semillero de Investigación en Recursos Fitogenéticos (SIRF), FCA-UTMACH]
- Rojas, M. (2022). Recuperación De La Fertilidad Y Carbono Orgánico Total Del Suelo Mediante La Implementación Del Sistema De Agricultura Sintrópica En La Región De Ucayali. En *Universidad Científica del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental*.
- Segarra, P. (2014). Sinergias entre degradación de la Tierra y cambio climático en los paisajes agrarios del Ecuador. En *Ministerio del Ambiente del Ecuador - Mecanismo Mundial de la CNUCLD- ECOPAR*.
- Tárraga, Y. (2016). *El cambio climático y los alimentos: una relación de ida y vuelta*. <https://www.vidasostenible.org/el-cambio-climatico-y-los-alimentos-una-relacion-de-ida-y-vuelta/>

10

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

EFFECTOS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DEL BANANO BAJO POLICULTIVO

EFFECTS ON THE AGRONOMIC BEHAVIOR OF BANANAS UNDER POLY-CULTURE

Héctor Leonardo Escobar Pizarro¹

E-mail: hescobar2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8800-2339>

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)

Escobar Pizarro, H. L., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Efectos en el comportamiento agronómico del banano bajo policultivo. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 76-83. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El monocultivo de banano ha ocasionado una grave erosión genética de especies endémicas en zonas donde se ha extendido su cultivo. Con el propósito de demostrar que se puede producir banano junto con otras especies vegetales, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar los efectos en el comportamiento agronómico de plantas de banano bajo policultivo. El diseño usado fue de bloques al azar con tres tratamientos, T1 (Banano, maíz, piña y maní forrajero), T2 (Banano, nabo, piña y kudzu) y T3 (Banano, yuca, piña y ají). Los resultados obtenidos señalan que el T2 presenta mejor comportamiento agronómico en las variables estudiadas: altura de planta, diámetro de fuste, emisión foliar, área foliar, hojas emitidas, raíces sanas, raíces enfermas y conductividad eléctrica del suelo. El T1 alcanzó la media más alta en la variable de pH en (KCl). La implementación de banano bajo policultivo permitió incrementar la fertilidad del suelo, mejorar la rentabilidad y diversificar las cosechas en una misma área, a diferencia de un monocultivo que perjudica la biodiversidad y demanda grandes cantidades de agroquímicos para obtener desarrollo **óptimo de la planta**, pero cosechas contaminadas, afectando al medioambiente y al consumidor.

Palabras clave:

Policultivo, monocultivo, producción, banano.

ABSTRACT

Banana monoculture has caused serious genetic erosion of endemic species in areas where its cultivation has spread. With the purpose of demonstrating that bananas can be produced together with other plant species, the objective of this work was to evaluate the effects on the agronomic behavior of banana plants under polyculture. The design used was randomized blocks with three treatments, T1 (Banana, corn, pineapple, and forage peanut), T2 (Banana, turnip, pineapple, and kudzu), and T3 (Banana, cassava, pineapple, and chili). The results obtained indicate that T2 presents better agronomic behavior in the variables studied: plant height, stem diameter, leaf emission, leaf area, leaves emitted, healthy roots, diseased roots and electrical conductivity of the soil. The T1 reached the highest mean in the pH variable in (KCl). The implementation of bananas under polyculture allowed to increase soil fertility, improve profitability and diversify crops in the same area, unlike a monoculture that harms biodiversity and demands large amounts of agrochemicals to obtain optimal development of the plant, but crops contaminated, affecting the environment and the consumer.

Keywords:

Polyculture, monoculture, production, banana.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de banano ocupa el cuarto lugar en el mundo, debido que es considerado como un alimento de alto consumo, ubicándose después del arroz, trigo y maíz; además ha logrado aportar con el progreso económico y social en los países que lo siembran, generando fuentes de empleo y divisas (Erazo *et al.*, 2021).

Los países productores principales de banano a nivel mundial son: Brasil, China, Ecuador, Guatemala, Indonesia y Costa Rica (Rodríguez, 2020) before the incorporation of the biostimulant Nutrisorb® G in the fertilization program of the banana crop. The study was developed at Finca San Gerardo, located in Parrita, Puntarenas, from November 2018 (beginning of the summer season). Ecuador es considerado uno de los grandes exportadores en el mundo por contar con un clima megadiverso y suelos fértiles, alcanzando con todo lo necesario para el crecimiento y desarrollo de la planta, tanto así logrando obtener un fruto con todos los estándares calidad. En el año 2019 este país la superficie alcanzo las 190.381 hectáreas plantadas, liderando la mayor producción la provincia de los Ríos con el 33,56%, seguida la provincia del Guayas con un 25,83% y en 3er lugar la provincia del El Oro un 24,06% (Motoche *et al.*, 2021).

En la actualidad, ante los altos índices de demanda de alimentos orgánicos los productores se ve la necesidad de ejercer una agricultura sostenible (Castillo *et al.*, 2022) the fundamental motivation in this research, was to evaluate the impact of the diversification of short-cycle crops in a System Agroforestry of *Theobroma cacao* L., in the Jamal massif, Baracoa municipality, on Sialitic Brown soil, undulating relief and average slope of 15 percent. Taking an extensive bibliographical review as a starting point, the materials and methods were established, selecting two plantations located in the same edaphoclimatic conditions. In one of them, alternatives were applied for the diversification of crops in the cocoa agroforestry system (polyculture, sin embargo el monocultivo de banano lleva varias décadas avanzando en nuestro territorio, causando erosión de los suelos, pérdida de biodiversidad y desplazamiento de muchas especies. Actualmente es de suma importancia comenzar a tomar decisiones para cambiar esta realidad, y comenzar a plasmar conceptos como la sintropía y la agroecología para fomentar un cambio en la forma de producir nuestros alimentos.

Para enfrentar esta problemática es de vital importancia considerar la implementación de los policultivos lo cual consiste en utilizar diferentes especies de plantas que participen en una misma área (Gutiérrez, 2020), lo que garantiza a los consumidores una alimentación completamente sana y multivariada (Nunez *et al.*, 2021).

Esta práctica permite mejorar las condiciones de vida de las futuras y actuales familias, ya que privilegia el uso adecuado de los agroecosistemas, también se ha evidenciado que en las propiedades agrícolas que utilizan este sistema se han incremento sus ingresos económicos, sus producciones, y una considerable disminución de

consumo agua y con excelentes resultados en el crecimiento de la fertilidad del suelo (Tamayo & Alegre, 2022). También se caracteriza por protegerse de las plagas y enfermedades (Herrera *et al.*, 2017) Jalisco con base en las prácticas agroecológicas realizadas por los productores en el agrosistema tradicional con policultivo (ATP, porque al tener diferentes especies de plantas sembradas en una misma área, algunas de ellas logran liberar olores repelentes hacia los insectos a través de sus hojas o frutos, llegando alcanzar un equilibrio biológico (Mendoza, 2021).

El estudio tiene como objetivo evaluar los efectos del comportamiento agronómico del banano bajo policultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en el área de banano de la Granja experimental Santa Inés, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la Av. Panamericana km 5,5 vía Machala-Pasaje, en la parroquia El Cambio, provincia de El Oro – Ecuador, (Figura 1). De acuerdo a los registros del Instituto de Meteorología e Hidrología, esta zona posee una precipitación anual de 500 mm, con una temperatura media de 25 °C, presentando una heliofanía de 2 a 3 horas diarias y una altura de 6 m.s.n.m., además cuenta con un clima seco - tropical y presenta una textura del suelo franca arcillosa y franca arenosa.



Figura 1. Ubicación del experimento

El experimento se realizó en un área total de 320 m², donde se escogió como principal cultivo a evaluarse al banano durante un periodo de 30 semanas. El estudio fue de bloques al azar, para esto se tomó un registro de 48 plantas del clon Gran Nain, del cual se estableció tres clases de policultivos como tratamientos, organizados en campo de la siguiente manera: T1 (banano, maíz, piña y maní forrajero), T2 (banano, nabo, piña y kudzu), T3 (ají, banano, yuca y piña), (Figura 2). La tabla 1 indica la distancia de siembra de los cultivos utilizados.

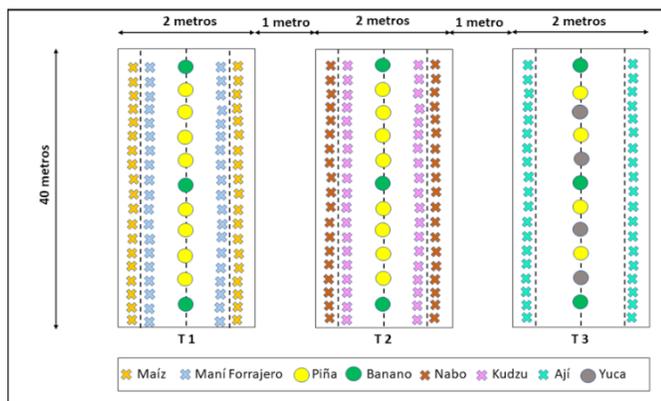


Figura 2. Organización de policultivo en campo

Tabla 1. Distancia de siembra de los cultivos

Tratamiento	Cultivo	Distancia de siembra (m)	Número total de plantas
T1	Maíz	0.40 X 2.00 a doble hilera	200
	Piña	0.5 entre planta	80
	Banano	2.50 entre planta	16
	Maní forrajero	0.40 X 1.00	200
T2	Nabo	0.40 X 2.00 a doble hilera	200
	Piña	0.50 entre planta	80
	Banano	2.50 entre planta	16
	Kudzu	0.40 X 1.00	200
T3	Ají	0.40 X 2.00 a doble hilera	200
	Piña	1.00 entre planta	40
	Banano	2.50 entre planta	16
	Yuca	1.00 entre planta	40

Para el manejo agronómico del banano se requirió la metodología de (Nagua *et al.*, 2022).

Deshoje: Se lo realizó un día a la semana, con el propósito de eliminar hojas contaminadas o parte de ellas, evitando así que sea fuente de inóculo de la sigatoka negra.

Fertilización: Se aplicó microorganismos con la función de promover la actividad microbiana que existe en el suelo.

Control de arvenses: Se lo hizo de forma cultural con machete con una frecuencia de 15 días.

Riego: Se utilizó el riego sub foliar con una frecuencia de 3 días por semana, en un lapso de tiempo de 30 minutos cada riego.

Enfunde: Esta actividad se ejecutó una vez que la bellota ha emergido, y al mismo tiempo se realizó respectivamente el encintado del racimo para poder llevar el control de la edad y luego con el pasar de los días se procedió hacer el deschive.

Las variables a evaluarse en el banano fueron las siguientes:

Altura de la planta (AIP), Se midió en cm desde el nivel del suelo hasta la “v” que está formada por las dos últimas hojas emitidas de planta.

Diámetro del fuste (DF), Se procedió a medir a 20 centímetros desde el nivel de suelo, el resultado de la medición fue en centímetro (cm).

Emisión foliar (EF), Se recopiló en toda la fase del desarrollo de la planta expresado en hoja/semana (h/s).

Área foliar (AFm²), Se utilizó la fórmula (TLA=L x B x 0.80 x N x 0.662), de (Kumar *et al.*, 2002) para obtener la estimación del área foliar en banano.

Numero de hojas (HE30S), Se tomó el número de hojas total emitidas en la planta dentro de un periodo de 30 semanas.

Raíces sanas (RaSa), Se tomó una muestra de raíces a una distancia de 15 cm frente al hijo y luego se pesaron las raíces sanas en (g) y se lo expresó el resultado en porcentaje (%).

Raíces enfermas (RaEn), Se escogió una cantidad de la muestra de raíces extraídas y se pesaron las raíces enfermas o dañadas en (g) y se lo expresó el resultado en porcentaje (%).

pH en kcl (pHkcl), Se utilizó 10 muestras de suelo en cada tratamiento para luego ser analizadas en extracto de Kcl en el laboratorio de Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, perteneciente a la Universidad Técnica de Machala.

Conductividad eléctrica (Cems), De las 10 muestras tomadas anteriormente, se utilizó una parte de ellas, para ser analizadas bajo agua destilada y determinar la conductividad eléctrica de cada tratamiento.

Producción de los policultivos de ciclo corto asociados con banano, En cada tratamiento se escogió la producción de un cultivo; el T1 se lo eligió al maíz, en el T2 se eligió al nabo y por último al T3 se escogió al ají.

Método estadístico

Para realizar las pruebas estadísticas se utilizó el software IBM SSPS Statistics 25, se realizó ANOVA de un factor y pruebas de Tukey. El Alpha utilizado es de (p<0,05) a un intervalo de confianza del 95%.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Los resultados del ANOVA que muestra la tabla 2, nos permite apreciar que la variable (Cems) presentó diferencia significativa. Las demás variables (AIPI, DF, EF, AFm², HE30S, RaSa, RaEn y pHkcl), no presentaron

Tabla 2. Resultados del ANOVA y Prueba de Tukey

Tratamiento	AIPI	DF	EF	HE30S	AFm2	RaSa	RaEn	pHkcl	Cems
T1	151,90 a	47,20 a	0,68 a	20,35 a	8,41 ab	82,79 a	17,21 a	5,60 a	0,64 a
T2	173,14 a	52,51 a	0,72 a	20,61 a	9,56 b	86,38 a	13,62 a	5,83 a	0,45 a
T3	155,17 a	48,27 a	0,66 a	19,06 a	7,28 a	82,16 a	17,84 a	6,21 a	0,48 a
F	2,48	1,71	1,69	1,57	3,01	4,36	4,36	1,63	3,35
Significancia	0,095	0,191	0,195	0,219	0,059	0,068	0,068	0,215	0,050

Altura de la planta (AIPI)

Estadísticamente esta variable no presentó diferencia significativa entre los tratamientos agrupados en tres subgrupos homogéneos mediante la prueba de Tukey, pero logro alcanzar distintos valores entre los tratamientos, siendo el menor el T1 con una media de 151.90 cm, seguido el T3 con 155.17 cm y finalmente alcanzado un mayor valor el T2 con una media de 173.14 cm, (Limón, 2022) manifiesta que la altura del clon Gran Nain oscila entre los 250 a 270 cm en el momento de la floración, lo cual la altura del T2 puede estar influenciado debido que las plantas tuvieron una recopilación de datos de 30 semanas y aun no llegan al momento de la floración, (Figura 3).

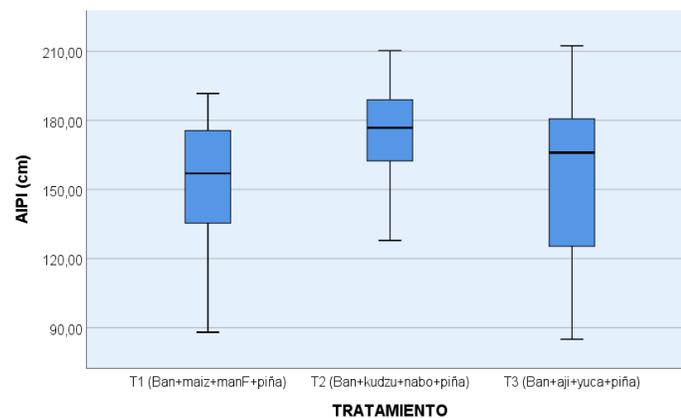


Figura 3. Promedio de altura de la planta del cultivo de banano

Diámetro del fuste (DF)

Con la prueba de Tukey, esta variable no presentó diferencia significativa entre los tratamientos agrupados en subgrupos homogéneos, sin embargo, presentó valores diferentes en el diámetro del fuste donde el T1 tiene una media de 47.20 cm, seguido el T3 con una media de 48.27 y por último el T2 logra tener un mayor valor con una media de 52.51 cm a excepto de un valor atípico que se ubica fuera del rango, (Figura 4).

significancias estadísticas debido que no cumple con el Alpha propuesto de ($p < 0,05$), sin embargo, la variable (AFm²) presentó diferencias entre los tres subgrupos homogéneos de acuerdo a la prueba de Tukey.

El resultado del T2 bajo la asociación de (banano + kudzu + piña + nabo), tiende a ser similar a los resultados obtenidos de (Torres et al., 2020), con respecto al diámetro de fuste de una producción de banano convencional.

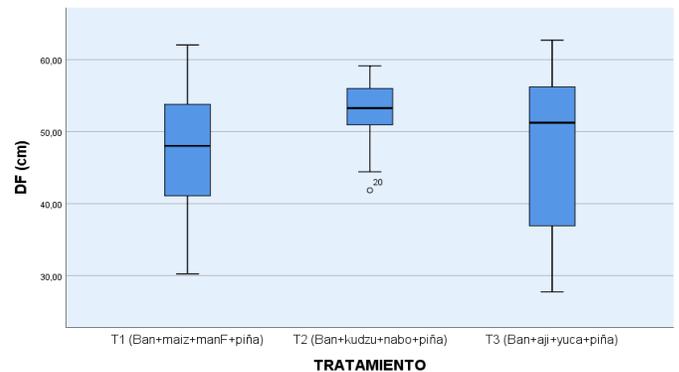


Figura 4. Promedio del diámetro de fuste en cm del cultivo de banano

Emisión foliar (EF)

En el análisis estadístico de la variable emisión foliar no presentó diferencia significativa entre sí, pero los tratamientos presentaron diferentes valores, lo cual se encuentra en primer lugar el T2 con una media de 0.72 (hoja/semana), en segundo lugar, está el T1 con una media de 0.68 (hoja/semana) y finalmente el T3 tiene una media de 0.66 (hoja/semana), (Figura 5).

Por lo tanto el valor del T2 es similar a lo expuesto por Quevedo *et al.*, (2018), donde manifiesta que su producción depende del uso de insumos agrícolas. Se puede decir que, al momento de utilizar al banano bajo policultivo, la emisión foliar no se verá afectada.

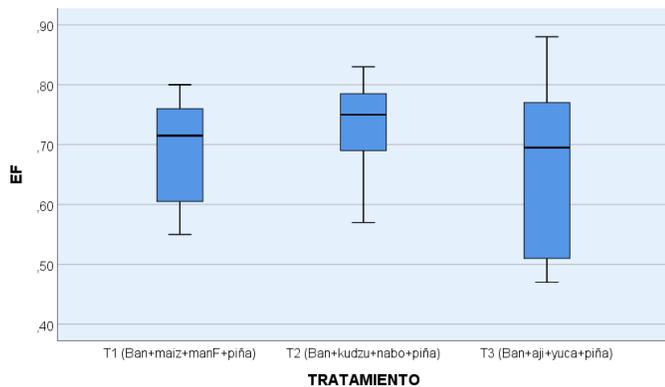


Figura 5. Promedio de la emisión foliar del cultivo de banano

Número hojas emitidas (HE30S)

En lo que respecta a la variable número de hojas emitidas en 30 semanas, los tratamientos agrupados en subgrupos homogéneos no presentaron diferencias significativas en la prueba de Tukey, pero cabe destacar que hay diferencias entre los valores del número de hojas entre los tratamientos, por ello el T3 tiene una media de 19.06 de hojas seguido el T1 con una media de 20.35 y por último el T2 tiene una media de 20.61 siendo esta la mayor de todas. (Figura 6).

Según (Navarro, 2020) which is located at kilometer 13 of the E30 Quevedo-Valencia road in the "El Descanso" area, north of the Los Ríos Province. With the objective of: Evaluate the effect of translinear nutrition on banana cluster characteristics (Musa AAA Var. Williams, señala que el rango de hojas totales emitidas en el banano al momento de la aparición de la bellota oscila entre 25 a 35. Conforme a los valores obtenidos de los tratamientos se debe a que las plantas aun no llegan al momento de la aparición.

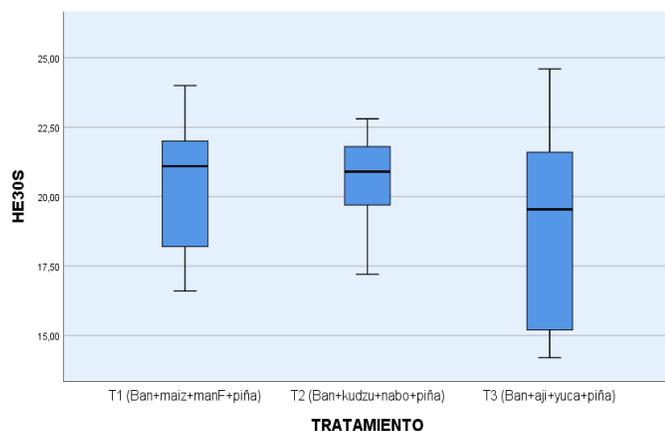


Figura 6. Promedio del número de hojas emitidas en 30 semanas del cultivo de banano

Área foliar (AFm²)

Cabe resaltar que estadísticamente la variable área foliar no presentó significancia entre los tratamientos, sin embargo, presentaron variabilidad en cuantos los valores

obtenidos. El T2 tuvo la mayor media con 9.56 m², siendo superior al T1 con una media de 8.41 m² y al T3 con una media de 7.28 m², (Figura 7).

En el **área foliar** de los tratamientos, los valores son mayores con respecto a (Cueva *et al.*, 2022) que presenta un menor valor, donde su investigación radica en controlar el hongo (*Mycosphaerella fijiensis*) con fungicidas. Los resultados de los tratamientos, se debe a que la sigatoka negra su afectación fue muy leve estando bajo policultivo, por lo tanto, el banano presentó mayor cantidad de hojas lo cual genera un alto valor en el **área foliar**.

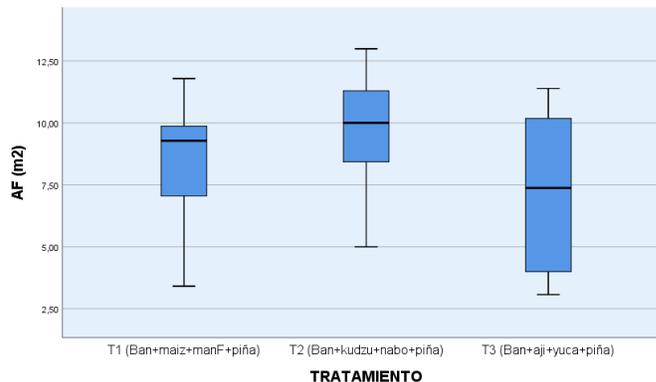


Figura 7. Promedio del área foliar en m² del cultivo de banano

Raíces sanas (RaSa)

Acorde con la prueba de Tukey, la variable raíces sanas agrupadas en subgrupos homogéneos no presentó significancia, aun así, los tratamientos mostraron diferencias entre los valores de las medias de las raíces sanas, siendo en primer lugar el T2 con una media de 86.38 %, en segundo lugar, el T1 con una media de 82.79 % y finalmente el T3 con una media de 82.16 %, (Figura 8).

El resultado del T2 puede estar influenciado según (Chabla, 2017) considered as the hidden enemy of the farmer, causes soil degradation, since it results in a loss of soil porosity and the hardening of upper soil horizons. The general objective of this work was to analyze soil compaction under pressurized irrigation systems, and the effectiveness of physical, chemical and biological treatments to ameliorate soils condition in Machala city, Ecuador. The study was conducted from May 2015 to April 2017 on three farms with subfoliate and suprafoliar irrigation systems. A total number of 360 soil samples were collected and analyzed. In each irrigation system, the tested treatments were: control, gypsum applied on soil surface, tilling, and the establishment of a vegetation cover. Organic matter content and several physical properties, including specific surface (SS, por el kudzu debido que manifiesta un sistemas radicular robusto, mayor a 50 cm de longitud capaz de crear macro y micro poros en un suelo compactado, lo cual beneficia al banano a generar gran cantidad de raíces y tener una mejor absorción de agua y nutrientes.

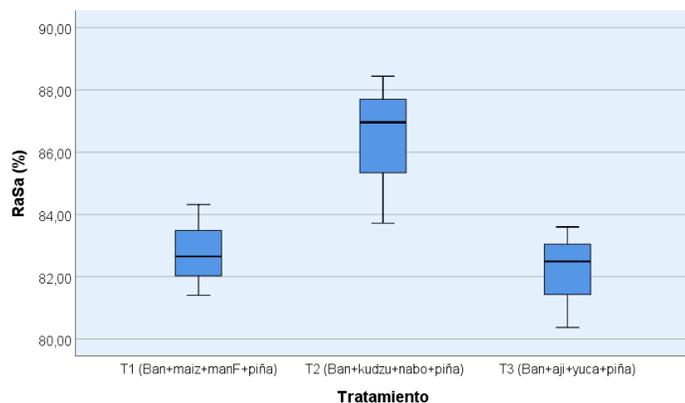


Figura 8. Promedio de raíces sanas en % del cultivo de banano

Raíces enfermas (RaEn)

La variable raíces enfermas no presentó significancia estadística entre sí, pero cabe destacar que los tratamientos tuvieron diferencias en los valores de las medias de las raíces enfermas, en este parámetro la media más baja se la identifica como el mejor tratamiento siendo esta el T2 con una media de 13.62 %, seguido el T1 con una media de 17.21 % y por **último** el T3 con una media de 17.84 5 %, (**Figura 9**).

Según lo que manifiesta (Nagua et al., 2022), el porcentaje de raíces enfermas presente en el T2 no afecta a la planta en cuanto a la absorción de nutrientes.

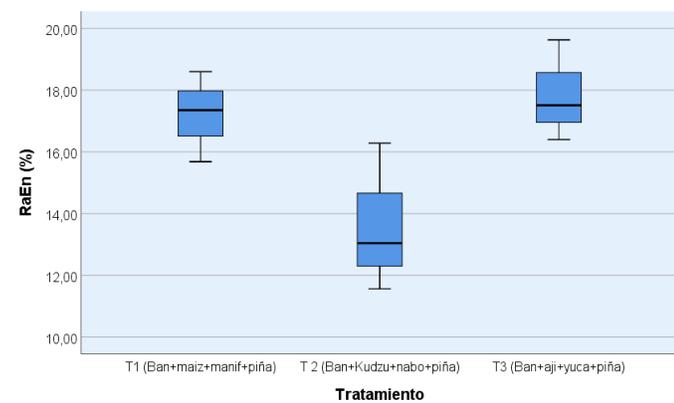


Figura 9. Promedio de raíces enfermas del cultivo de banano

pH en Kcl (pHkcl)

Estadísticamente la variable pH en Kcl no presentó diferencia significativa entre los tratamientos agrupados en subgrupos homogéneos, sin embargo, los tratamientos presentaron diferencias en los valores del pH, dicho eso el T3 alcanzo un mayor valor con una media de 6.21 a excepción de un valor atípico que se encuentra fuera de rango, en segundo lugar, está el T2 con una media de 5.83 y finalmente el T1 con una media de 5.60, (**Figura 10**).

Con respecto al T3 que tiene un pH casi neutro, el desarrollo del cultivo de banano fue bajo a diferencia del T1

y T2 que se encuentra con un pH ligeramente ácido, su comportamiento agronómico del T1 fue medio y el T2 fue exitoso, (Sancho & Molina, 2016) señala que si pH se encuentra entre los rangos de (5.5 y 6.5) el banano tendrá mejor rendimiento.

Las razones por lo cual el T1 y T2 tiende a ser suelos ligeramente ácidos bajo cubierta vegetal, según (Suárez & Carrillo, 1976), indica que la elevada descomposición de materia orgánica que produce estas leguminosas, genera gran cantidad de amonio, que al instante de oxidarse y transformarse en NO₃, el suelo viene a acidificarse.

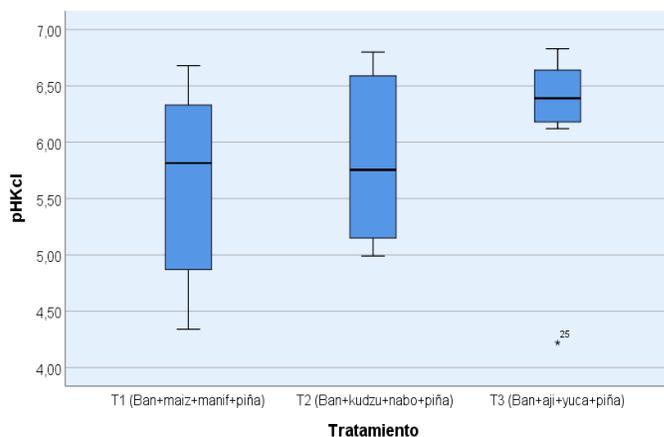


Figura 10. Promedio del pH en Kcl del cultivo de banano

Conductividad eléctrica (Cems)

Conforme a la variable de conductividad eléctrica con respecto al suelo, presentó significancia entre los tratamientos, siendo el menor valor el mejor tratamiento, encontrándose el T1 con una media de 0.64 ms, de igual modo el T3 tiene una media de 0.48 ms, y finalmente como el mejor tratamiento el T2 presentó una media de 0.45 ms a excepción de dos valores atípicos que están fuera del rango, (**Figura 11**).

La incidencia del valor del T2 puede estar influenciado por el aporte de materia orgánica que desempeña el Kudzu, (Simón et al., 2013) manifiesta que la materia orgánica crea porosidad en el suelo por ello ayuda a direccionar a la conductividad eléctrica.

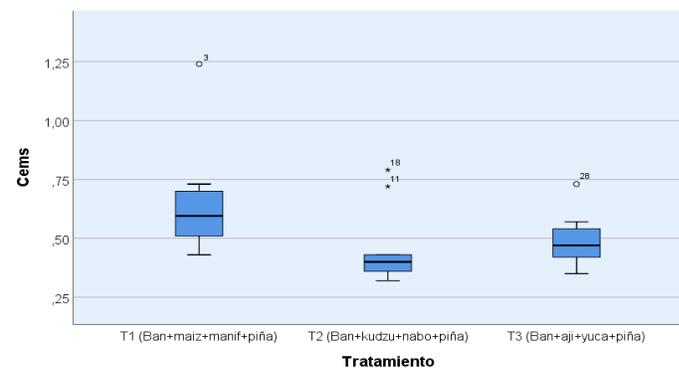


Figura 11. Promedio de la conductividad eléctrica en ms del cultivo de banano

Producción de los policultivos de ciclo corto asociados con banano

Con el área utilizada y las distancias de siembra indicadas anteriormente, la producción de los tres tratamientos bajo policultivo, se señala que en el T1 se obtuvo 56.9 13 Kg de maíz, seguido el T2 que se obtiene 171,09 Kg de nabo y finalmente el T3 presenta 59.3 kg de ají, (**Figura 12**).

Se puede decir que el policultivo es de suma importancia, ya que genera diversas producciones en una misma área, lo cual el agricultor no dependerá de un solo cultivo y así mismo se beneficiará económicamente.



Figura 12. Producción en Kg de los cultivos utilizados en el policultivo

CONCLUSIONES

En cuanto a los diferentes tratamientos, el que mejor sobresalió fue T2 (Ban + Kudzu + Nabo + Piña) debido que alcanzó los mejores valores con respecto a las medias de las siguientes variables: (AIPi), (Df), (EmFo), (Afol), (HE30S), (RaSa) y (RaEf), lo que se puede apreciar que el banano estando junto al kudzu en una misma área se benefician, la leguminosa aporta nitrógeno y materia orgánica al suelo, supliendo las necesidades nutricionales de la planta de banano. Además, el banano estando en conjunto con otros cultivos, el productor se beneficiará al obtener cosechas diversificadas y alto valor nutritivo, lo cual generaran otro ingreso económico hacia el agricultor. También se demuestra que el banano bajo policultivo logra presentar un mejor comportamiento agronómico, en cuanto a la producción de banano convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Castillo Gamez, M. de J., Morejón García, M., Suárez Veneno, G., & Acuña Velázquez, I. (2022). Diversificación de cultivos en un sistema agroforestal cacaotero en el macizo del jamal, municipio Baracoa. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 10(3), 364–379. <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/754>

Chabla Carrillo, J. E. (2017). *Efecto de mejoradores físicos, químicos y biológicos de la compactación de suelos bananeros bajo sistemas de riego* [Universidade da Coruña]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=145278&info=resumen&idioma=ENG>

Cueva Camacho, F. T., Guerrero Quevedo, J. N., & Batista García, R. M. (2022). Mulch Orgánico: aplicación y efecto en el cultivo de Banano (*musa paradisiaca*, l.). [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19865>

Erazo Berrú, M., Prado Carpio, E., Cervantes Álava, A., & Vite Cevallos, H. (2021). Análisis de regulación del precio de la caja de banano en el Ecuador periodo 2015-2020. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(S1), 210–217. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/429/449>

Gutiérrez Alzate, F. (2020). *Práctica tradicional de agricultura: los policultivos como estrategia de sustento económico y conservación de los recursos naturales in situ en el corregimiento de Santa Cecilia - Pueblo Rico*. [Universidad Católica de Pereira]. <http://hdl.handle.net/10785/7154>

Herrera Pérez, L., Valtierra Pacheco, E., Ocampo Fletes, I., Tornero Campante, M. A., Hernández-Plascencia, J. A., & Rodríguez-Macías, R. (2017). Prácticas agroecológicas en Agave tequilana Weber bajo dos sistemas de cultivo en Tequila, Jalisco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(18), 3713–3726. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.216>

Kumar, N., Krishnamoorthy, V., Nalina, L., & Soorianathasundharam, K. (2002). A new factor for estimating total leaf area in banana. *INFOMUSA*, 11(2), 42–43.

Limón Quimi, E. B. (2022). *Estado físico, químico y microbiológico del suelo en cultivo de banano de las variedades Gran Enano y Gran Williams, en la provincia de Los Ríos, Quevedo*. [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/8734>

Mendoza Vera, C. V. (2021). *Repuesta agronómica del pimiento (Capsicum annuum) a la siembra del cultivo de acelga (Beta vulgaris) en el cantón Milagro, N C recinto la Esperanza* [Universidad AGRARIA del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MENDOZA_VERA_CINDY_VALERIA.pdf

Motoche Pacheco, M. A., Garzón Montealegre, V. J., Carvajal, H., & Quezada, J. (2021). Análisis de la participación del banano en las exportaciones agropecuarias del Ecuador periodo 2015-2019. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4(2), 83–89. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/379/399>

- Nagua Velepucha, E. M., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2022). Biota del Suelo: Fortalecimiento Mediante la Aplicación de tres Fuentes de Inóculo en el Cultivo de Banano. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19874>
- Navarro Patta, F. R. (2020). *Efecto de la nutrición trans-laminar en las características del racimo de banano (Musa AAA Var. Williams) en el cantón Valencia* [Quevedo: Ecuador]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5998>
- Nunez, L., Lucati, L., & Pietrarelli, L. (2021). Evaluación del cultivo agroecológico de maíz, poroto y zapallito en policultivo. *Revista de Difusión Socio-Tecnológica Nexo-Agropecuario*, 9(1), 96–104. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/nexoagro/article/view/33007>
- Quevedo Guerrero, J., Infante Noblecilla, J., & García Batista, R. (2018). Efecto del uso predominante de fungicidas sistémicos para el control de Sigatoka negra (*Mycosphaerella Fijiensis* Morelet) en el área foliar del banano. [Informe de proyecto de investigación Semillero de Investigación en Recursos Fitogenéticos (SIRF), FCA-UTMACH].
- Rodríguez, C. (2020). *Efecto De La Aplicación Del Bioestimulante Nutrisorb® G Sobre La Respuesta Agronómica Del Cultivo De Banano (Musa Aaa Subgrupo Cavendish Cv. Gran Enano), En Parrita, Puntarenas*. [INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA]. <https://repositorio.tec.ac.cr/handle/2238/12243>
- Sancho, H., & Molina, E. (2016). Efecto de la concentración del H₃O⁺ y Mg en el crecimiento inicial y la absorción de nutrimentos en plantas de banano cultivadas en solución hidropónica. *Siembra*, 3(1), 37–52. <https://doi.org/10.29166/siembra.v3i1.257>
- Simón, M., Peralta, N., & Costa, J. L. (2013). Relación entre la conductividad eléctrica aparente con propiedades del suelo y nutrientes. *Ciencia Del Suelo*, 31(1), 45–55. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672013000100005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Suárez Vásquez, S., & Carrillo Pachón, I. F. (1976). *Descomposición biológica de leguminosas y otros materiales de la zona cafetera Colombia*. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/998>
- Tamayo Ortiz, C. V., & Alegre Origuela, J. C. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1), e3287. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287>
- Torres, C. D., Leyanes García, Á., Bermúdez Caraballoso, I., Sarría, Z., Hurtado Ribalta, O., Delgado, E., Pérez, A., & Fernández Martínez, O. (2020). Respuesta morfo-agronómica y organoléptica de cinco cultivares de banano (*Musa* spp.) en condiciones de campo. *Revista Biotecnología Vegetal*, 20(1), 43–50. <http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n1/2074-8647-bvg-20-01-43.pdf>

EFECTO DE LA FERTILIZACIÓN INYECTADA Y DIFERENTES DOSIS DE ENRAIZANTES EN EL CULTIVO DE BANANO

EFFECT OF INJECTED FERTILIZATION AND DIFFERENT DOSES OF ROOTING AGENTS IN THE BANANA CROP

Hugo Nicolás Guamán Holguín¹

E-mail: hguaman2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5385-9172>

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)

Guamán Holguín, H. N., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Efecto de la fertilización inyectada y diferentes dosis de enraizantes en el cultivo de banano. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 84-90. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El banano es un producto de relevancia económica en el Ecuador y otros países productores, por esto es esencial la innovación para su producción de forma sostenible. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la fertilización inyectada y diferentes dosis de enraizantes mediante el análisis de parámetros agronómicos durante los estados fenológicos iniciales del cultivo. Se ejecutó un diseño experimental de bloques completamente al azar, con tres tratamientos y 15 repeticiones. Los tratamientos estuvieron compuestos de los fertilizantes: nitrato de potasio, azufre micronizado, ácido bórico, óxido de zinc, oligosacáridos, ácido giberélico; y los enraizantes: extracto de algas, óxido de calcio, ácidos húmicos y fúlvicos. Las variables evaluadas fueron: número total de hojas, emisión foliar, altura de planta, días a la parición, altura del hijo, peso y porcentaje de raíces funcionales y no funcionales. El tratamiento 3 registró los mayores valores en casi todas las variables, excepto en el peso de raíces funcionales donde el tratamiento 2 presentó mejores resultados. En conclusión, la aplicación de fertilizantes inyectados de manera directa al pseudotallo de banano en conjunto con las diferentes dosis de enraizantes, mejoran los parámetros de desarrollo en las fases fenológicas iniciales del cultivo.

Palabras clave:

Fertilización inyectada, enraizantes, fertilizantes, nutrición.

ABSTRACT

Banana is a product of economic relevance in Ecuador and other producing countries, for this reason is essential for its production in a sustainable way. The objective of this research was to evaluate the effect of injected fertilization and different doses of rooting agents through the analysis of agronomic parameters during the initial phenological stages of the crop. A completely randomized block experimental design was carried out, with three treatments and 15 repetitions. The treatments were composed of fertilizers: potassium nitrate, micronized sulfur, boric acid, zinc oxide, oligosaccharides, gibberellic acid; and the rooting agents: seaweed extract, calcium oxide, humic and fulvic acids. The variables evaluated were: total number of leaves, foliar emission, plant height, days to birth, child height, weight and percentage of functional and non-functional roots. Treatment 3 registered the highest values in almost all the variables, except in the weight of functional roots where treatment 2 presented better results. In conclusion, the application of fertilizers injected directly to the banana pseudostem together with the different doses of rooting agents, improve the development parameters in the initial phenological phases of the crop.

Keywords:

Injected fertilization, rooting agents, fertilizers, nutrition.

INTRODUCCIÓN

El banano es uno de los frutos más populares a nivel mundial, cuyo consumo es cada vez más frecuente debido a los nutrientes que aporta (Carvajal *et al.*, 2019), según Mata *et al.*, (2021) señalan que Ecuador es el mayor exportador de banano y su presencia en el comercio mundial va en aumento. La relevancia que tiene este producto en el comercio nacional e internacional refuerza la idea de que es necesario continuar generando innovación en el manejo del cultivo en todas sus etapas. La producción bananera del país, en términos financieros, es una de las principales fuentes de dinamización de la economía local (León *et al.*, 2022). En el Ecuador, durante el año 2020 la superficie sembrada de banano fue de 186.222 hectáreas, de las cuales 42.513 corresponden a la provincia de El Oro (Márquez *et al.*, 2021).

Al ser el banano un producto con relevancia en el aspecto económico y laboral del Ecuador, su producción se enfoca no solo en la cantidad, sino en la calidad, para lograr obtener productos cuya demanda crezca a nivel nacional e internacional, traer beneficios económicos y aumentar plazas laborales. Para esto, resulta esencial la investigación de métodos que aporten a la mejoría y aumento de su calidad de forma sostenible, y así demostrar su eficacia a través de la experimentación documentada. El manejo adecuado de los nutrientes en un cultivo precisa la medición correcta de sus necesidades (Haylin & Heiniger, 2020), y una vez descrita, es necesario realizar el trabajo de campo que procure aportar a su restablecimiento, y para esto, se deben identificar métodos efectivos y precisos.

La fertilización inyectada y la aplicación de estimulantes radiculares son dos métodos comunes para mejorar la producción de banano. En zonas de alta producción bananera, se evidencia deterioro en el rendimiento del cultivo ocasionalmente, lo que puede ser resuelto al emplear estimulantes para que existan raíces más fuertes y sanas (Córdova & Quevedo, 2022). La fertilización, por su parte, es una de las labores culturales más importantes en ese ámbito, ya que interviene en la velocidad de desarrollo del cultivo, tanto en su zona aérea como radicular, con la finalidad de obtener el fruto de calidad comercial adecuada (Tenesaca & Quevedo, 2020). Estas técnicas han estado en uso hace varios años, y han demostrado ser eficaces para aumentar la calidad y el rendimiento de los cultivos. La fertilización inyectada implica administrar fertilizantes directamente en el sistema vascular de una planta, lo que ayuda a la misma a absorber los nutrientes necesarios para su crecimiento y desarrollo. Esta técnica se usa para mejorar el rendimiento de los cultivos, ya que los fertilizantes inyectados se absorben de manera más eficiente que los fertilizantes convencionales.

El uso de técnicas que favorezcan a la producción de banano de calidad, trae beneficios a la comunidad debido al aumento de posibilidades laborales y económicas que implica, al ser este de alta relevancia en la región. La inyección de soluciones nutritivas requiere menor cantidad de insumos, debido a que se hace posible que exista un

suministro directo de nutrientes y evita las pérdidas por factores climáticos o edáficos como la lixiviación por la lluvia (Silva *et al.*, 2022). La pérdida de cultivos por técnicas que no son efectivas tendría un impacto negativo en el desarrollo local, por lo que es importante reforzar siempre el producto en cuestión, evaluar las diversas variables y buscar las dosis adecuadas del fertilizante a utilizar para así observar si esto puede traer una mejoría en el mismo.

En vista a lo antes mencionado, la presente investigación se plantea como objetivo evaluar el efecto de la fertilización inyectada y las diferentes dosis de enraizantes mediante el análisis de parámetros agronómicos durante los estados fenológicos iniciales del cultivo de banano.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el área de banano de la Granja Experimental “Santa Inés” en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, situada a 5,5 km de la vía Machala – Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro (Figura 1). El área de estudio se ubica en las siguientes coordenadas geográficas: 03° 17' 16" S y 79° 54' 05" W. 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 que determinan un clima de tipo bosque seco tropical.



Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio

El material vegetal utilizado fueron 45 plantas en etapa vegetativa de banano cultivar Grand Naine, subgrupo Cavendish, distribuidas en 3 bloques de 15 plantas cada uno, lo que forma un área de 350 m². El diseño experimental que se llevó a cabo fue de bloques completamente al azar con tres tratamientos (T1, T2 y T3) y 15 repeticiones (Tabla 1). El trabajo de campo se efectuó desde abril de 2022 hasta enero de 2023.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos

Fertilizantes	T1	T2	T3
Ácido bórico	0,5 g		
Óxido de zinc	0,5 g		
Azufre micronizado	2 g	2 g	
Nitrato de potasio	4 g	4 g	4 g
Oligosacáridos	1 g		0,5 g
Ácido giberélico			0,3 g
Enraizantes			
Extracto de algas marinas (Ascophillum nodosum)	1,5 ml/l	2 ml/l	2,5 ml/l
Óxido de calcio	0,25 ml/l	0,5 ml/l	0,75 ml/l
Ácidos húmicos y fúlvicos	1,25 g/l	2,5 g/l	5 g/l
Repeticiones	15	15	15

Metodología

Aplicación de fertilizantes

Para la preparación de los tratamientos de la fertilización inyectada se pesaron los fertilizantes: 1 g de oligosacáridos, 2 g de azufre micronizado, 0,5 g de ácido bórico, 0,5 g de óxido de zinc y 4 g de nitrato de potasio para el primer tratamiento; 4 g de nitrato de potasio y 2 g de azufre micronizado para el segundo; 4 g de nitrato de potasio, 0,5 g de oligosacáridos y 0,3 g de ácido giberélico para el tercero. Luego de pesar se colocó cada mezcla en una probeta de 100 ml para completar con agua.

Las aplicaciones se realizaban cada 15 días con la ayuda de una jeringa de 5 ml marca Lhaura (Figura 2A) en la base del pseudotallo de la planta, en la intersección entre dos vainas (Figura 2B), a una inclinación de 45° y una inserción de 3 cm de la aguja para evitar daños el punto de crecimiento de la planta.



Figura 2. a) Jeringa marca Lhaura utilizada en la investigación. B) Aplicación de los fertilizantes

Aplicación de enraizantes

En la preparación de las dosis de enraizantes (Figura 3A), con la ayuda de jeringas se midieron: 22,5 ml de extracto de algas marinas, 3,75 ml de óxido de calcio y 18,75 g de ácidos húmicos y fúlvicos para el tratamiento 1; 30 ml de extracto de algas marinas, 7,5 ml de óxido de calcio y 37,5 g de ácidos húmicos y fúlvicos para el segundo, 37,5 ml de extracto de algas marinas, 0,75 ml de óxido de calcio y 75 g de ácidos húmicos y fúlvicos para el tercero.

Cada mezcla se colocó en una bomba de mochila de 15 litros a razón de 1 litro por planta. El intervalo de aplicación fue mensual en forma de drench (Figura 3B) frente a la planta y a unos 10 cm de distancia para lograr que cubra toda la zona de fertilización.



Figura 3. a) Enraizantes utilizados en la investigación. B) Aplicación de los enraizantes

Labores culturales

Se ejecutaron las siguientes actividades para el manejo del cultivo:

Control de arvenses: esta labor consiste en eliminar las malas hierbas que emergen de manera silvestre y afectan al cultivo, las cuales fueron controladas mediante una rozadora cada mes.

Riego: el lugar de estudio contaba con un sistema de riego por aspersión, por lo tanto, se realizaba de tres a cuatro veces por semana con un intervalo de 45 min por riego.

Deshoje: se trata de la eliminación de hojas bajas no funcionales con presencia de sigatoka en estadios leves, lo cual se realizó con la ayuda de un podón.

Deshije: consiste en descartar los hijos de sucesión mal posicionados, hijos de agua, y los hijos no apropiados de la planta madre a través de una pala. Para la selección de estos se usaron los de segunda línea del cormo (Méndez & Rodríguez, 2016).

Deschante: es la limpieza de las chantas (vainas de las hojas cortadas que forman el pseudotallo), para prevenir la presencia de plagas, dicha actividad se llevaba a cabo cada mes con un machete.

Enfunde: al momento de la parición de la bellota (fruto) se colocó una funda plástica para evitar los daños estéticos y de calidad por el ataque de plagas.

Deschive: es la eliminación de la mano falsa (mano que no se desarrolló por completo), a la que se suman las dos o tres últimas manos para el llenado oportuno de las manos restantes. El número de manos eliminadas dependerá de las condiciones climáticas de la zona y de la época.

Variables evaluadas

Variables de desarrollo

Número total de hojas a la parición (NH): se trata del número total de hojas emitidas desde la primera hoja verdadera hasta la aparición de la bellota.

Emisión foliar (EF): se describe como el registro del crecimiento de la hoja cigarro, la toma de datos se efectuó cada semana desde el segundo mes de iniciada la investigación hasta la semana de parición.

Altura de la planta (HP): consiste en la altura total de la planta alcanzada en su etapa reproductiva, medida con flexómetro desde la base del pseudotallo hasta la intersección de las vainas de la primera y segunda hoja.

Días a la parición (DAP): en pocas palabras, es el tiempo transcurrido de la emisión de la primera hoja verdadera hasta la aparición del fruto.

Altura del retorno hasta la parición (HRP): es el crecimiento desde la selección del retorno (hijo) hasta la parición de la planta madre. Las medidas fueron tomadas cada semana con la ayuda de un flexómetro desde la base del pseudotallo hasta la intersección de las vainas de las dos primeras hojas.

Variables de raíces

Peso de raíces funcionales (Rf): es la cantidad de raíces funcionales (vivas), expresada en gramos, de una muestra. El muestreo se lo realizó en plantas al azar (tres plantas por cada tratamiento); a una distancia de 25 cm se cavó un agujero de 20 cm x 15 cm x 30 cm de profundidad, se recolectaron las raíces encontradas y se separó en dos grupos, funcionales y no funcionales, para obtener el peso y el porcentaje de cada uno (Agrocalidad, 2020).

Peso de raíces no funcionales (Rnf): se trata de la cantidad de raíces no funcionales (muertas, ahogadas) del total de una muestra.

Porcentaje de raíces funcionales (%Rf): se puede definir como la cantidad de raíces funcionales con relación al total del muestreo realizado.

Porcentaje de raíces no funcionales (%Rnf): es la cantidad de raíces muertas en relación con el total del muestreo realizado.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ADEVA) de un factor con la verificación de los supuestos de normalidad de datos y la homogeneidad de las varianzas. Además, para las pruebas post hoc se realizó Tukey (0,05%) para identificar los subconjuntos homogéneos de las medias que no difieran entre sí. Todas las pruebas fueron ejecutadas mediante el software SPSS versión 25 (IBM, 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en el análisis de varianza de las variables estudiadas (Tablas 2 y 3), señalando que existen diferencias significativas en las medias de altura de la planta y días a la parición por su valor de significancia menor a 0,05, por otro lado, en los datos de raíces se evidenció similitudes entre los tratamientos (mayor a 0,05).

Tabla 2. Resultados del ADEVA en las variables de desarrollo

Tratamientos	NH	EF	HP	DAP	HRP
T1	22,31	0,76	203,00	242,87	68,00
T2	22,12	0,89	202,40	243,13	68,53
T3	23,40	0,73	223,00	226,67	70,80
Sig. (0,05)	0,603	0,236	0,013	0,001	0,969

Tabla 3. Resultados del ADEVA en las variables de raíces.

Tratamientos	Rf	Rnf	%Rf	%Rnf
T1	61,09	37,54	62,48	37,52
T2	63,19	34,27	65,61	34,39
T3	60,04	34,41	67,14	32,86
Sig. (0,05)	0,164	0,583	0,571	0,571

Número total de hojas a la parición: aunque el T3 mostró la mejor media de 23,4 hojas (Figura 4) por encima de la media central y los demás tratamientos, el T2 presentó el mejor resultado con un valor de 27,60 hojas, seguido del T3 y T1 con 26,00 y 25,80 hojas respectivamente, lo que evidencia que no existen diferencias significativas. Miranda & Quevedo (2021) obtuvieron resultados diferentes en 3-4 hojas en el número de hojas en la fase vegetativa, lo que asegura que la combinación entre la fertilización inyectada y las dosis de enraizantes inciden en el desarrollo de la planta.

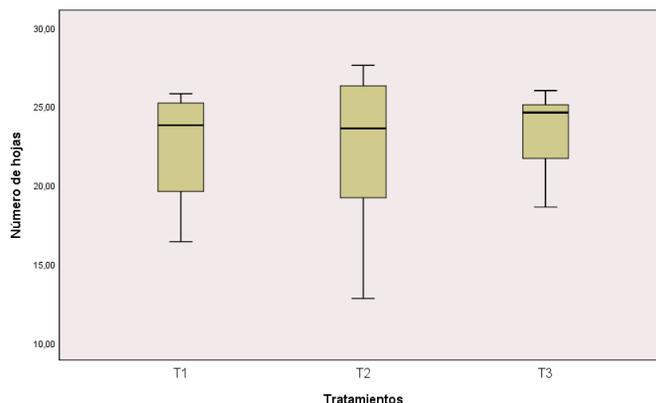


Figura 4. Diagrama de cajas de la variable número total de hojas a la parición

Emisión foliar: en esta variable predominó el T2 con una media de 0,89 hojas/semana (Figura 5), mientras que las medias más bajas las reportan el T3 y T1 con valores de 0,73 y 0,76, lo que señala una homogeneidad entre los tratamientos por lo que no existen diferencias significativas. Según Van Oosten *et al.*, (2017) los extractos de algas marinas son utilizados como bioestimulantes para promover el crecimiento de las plantas.

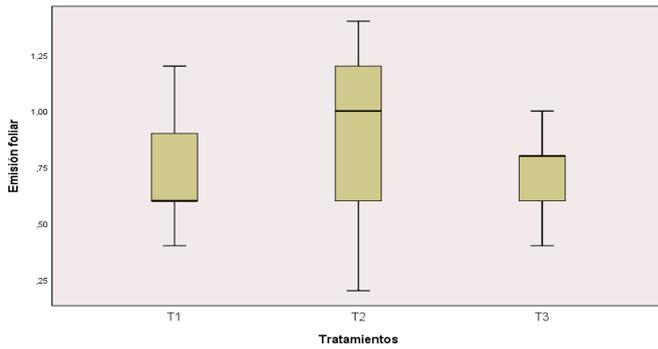


Figura 5. Diagrama de cajas para la variable emisión foliar

Altura de la planta: el análisis estadístico indica similitudes entre T1 y T, sin embargo, hay diferencias con T3, lo que evidencia que los fertilizantes y las dosis de enraizantes del T3 obtuvieron un valor máximo de 246 cm (Figura 6) y una media de 223 cm, lo que supera a los datos del T2 (202,40 cm), T1 (203 cm) y a la media central (209,47 cm), indicando que los tratamientos influyen en el crecimiento. La variable presentada registró valores similares a los reportados por Gómez (2017).

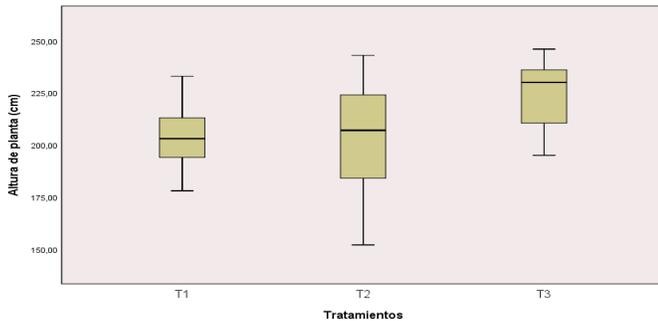


Figura 6. Diagrama de cajas de la variable altura de la planta

Días a la parición: en la figura 6, de acuerdo con la prueba de subconjuntos homogéneos se clasificó en dos grupos demostrando similitudes estadísticas entre los tratamientos 1 y 2, con medias de 242,86 y 243,13; y diferencias con el tratamiento 3 con una media menor de 226,67 días. El T3 conformado por las dosis de mayor concentración de los enraizantes llegaron a la fase reproductiva en menor tiempo en relación con los demás, lo que indica la importancia radicular en la nutrición del cultivo y concuerda con los estudios realizados por Córdova & Quevedo (2022).

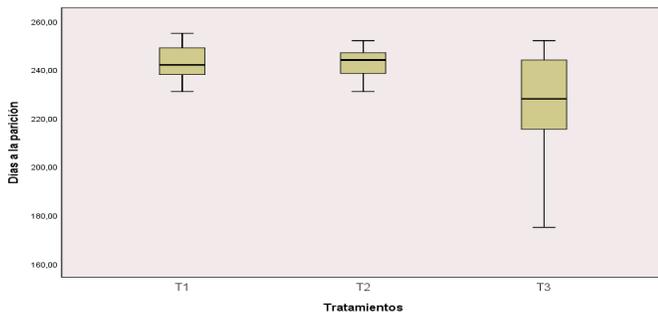


Figura 7. Diagrama de cajas para la variable días a la parición

Altura del retorno a la parición: en la figura 8 se evidencia que el T3 obtuvo un mayor valor de 70,8 cm, el menor fue el T1 con 68,0 cm, y en el nivel medio el T2 con 68,53 cm; lo que demuestra que, en las combinaciones formadas de los tratamientos, la variable se comportó de igual manera. Estos resultados fueron bajos con relación a lo obtenido por Delgado & Quevedo (2019) quienes aseguran que la adición de microorganismos eficientes incrementa la altura del hijo.

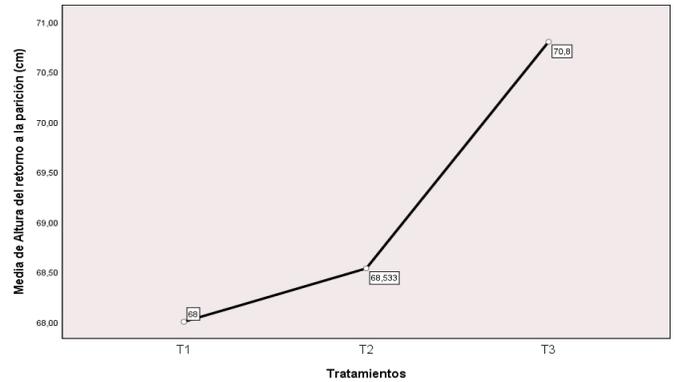


Figura 8. Medias de la variable altura del retorno a la parición

Peso de raíces funcionales: el análisis estadístico presenta que en el peso de las raíces funcionales resultó un valor de significancia igual a 0,164 (mayor a 0,05), lo que destaca que, en las combinaciones de los tratamientos, el peso de las raíces funcionales no muestra diferencias significativas. Los resultados de la variable (Figura 9) presentan que el T2 alcanzó la mayor media de 63,189 g, y el T1 y T3 con valores en orden decreciente de 61,089 g y 60,044 g. El efecto de los ácidos húmicos es esencial para reducir la población de nemátodos en el suelo y evitar los daños en las raíces para que sean funcionales en la nutrición de la planta (Seenivasan & Senthilnathan, 2018).

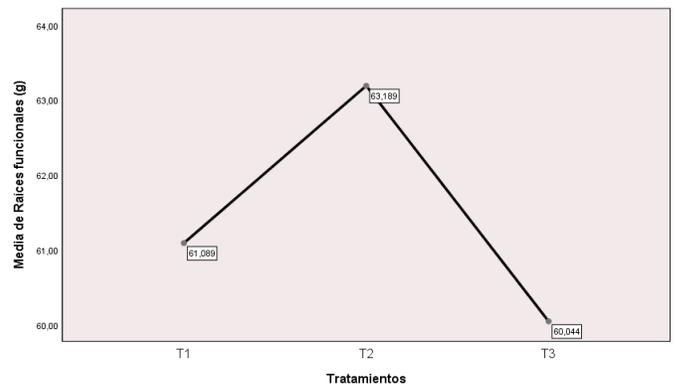


Figura 9. Medias de la variable peso de raíces funcionales

Peso de raíces no funcionales: de igual manera que en las raíces funcionales, se obtuvo un valor de significancia menor a 0,05, lo que señala que, los tratamientos no indicaron diferencias estadísticas. La media más baja la obtuvo el T3 con 31,411 g, seguido por el T2 con 34,267 g y, por último, el T1 con 37,544 g (Figura 10). Cabrera et

al., (2022) indican que los bioestimulantes cumplen una gran función en el sistema radicular de los cultivos.

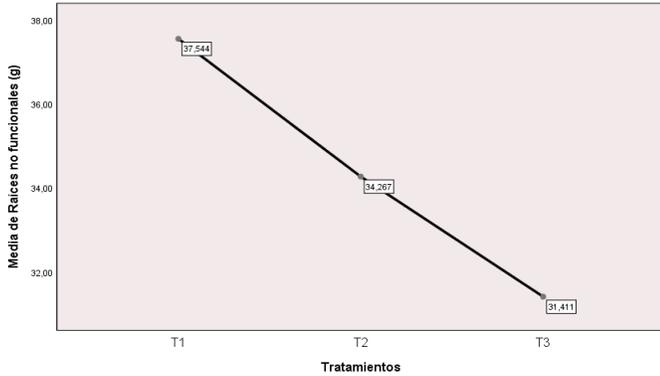


Figura 10. Medias de la variable peso de raíces no funcionales
 Porcentaje de raíces funcionales: aunque las pruebas estadísticas realizadas presentan que los tratamientos no demuestran diferencias estadísticamente significativas, el T3 alcanzó la media más alta con un valor de 67,142%, el T2 con el 65,614% y finalmente el T1 con un 62,482% (Figura 11).

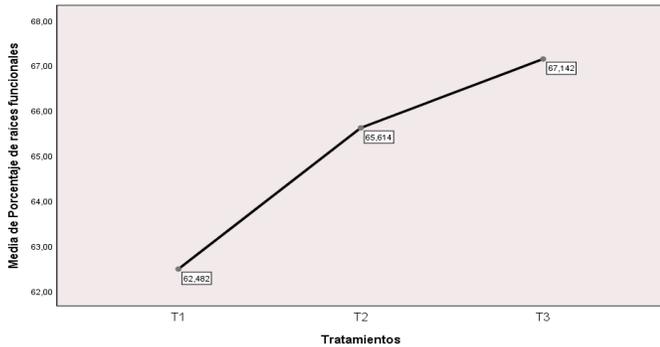


Figura 11. Medias de Porcentaje raíces funcionales
 Porcentaje de raíces no funcionales: los resultados de las pruebas estadísticas muestran un valor de significancia igual a 0,571, lo que sugiere que los tratamientos no presentan diferencias significativas entre sí. Sin embargo, el T3 indica la media menor con un 32,858%, el T1 con el 37,518%, y en la parte intermedia el T2 con el 34,386% (Figura 12).

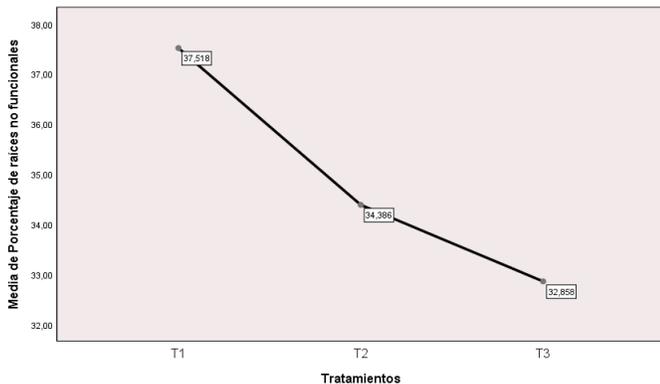


Figura 12. Medias de porcentaje de raíces no funcionales

CONCLUSIONES

El T3 presentó el mejor resultado en los parámetros de desarrollo y raíces. Las dosis de enraizantes de mayor concentración inciden en el sistema radicular de la planta, permitiendo la mayor absorción de nutrientes esenciales para su crecimiento y desarrollo.

La aplicación de fertilizantes inyectados de manera directa al pseudotallo en conjunto con las diferentes dosis de enraizantes, mejoran los parámetros de desarrollo en las diferentes fases fenológicas iniciales del cultivo de banano.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agrocalidad (2020). *Instructivo de muestro para análisis nematológico*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/dxi9.pdf>

Cabrera Barros, J. S., Yáñez Araujo, E. A., & García Batista, R. M. (2022). Efecto de la aplicación de 3 bioestimulantes en la germinación y desarrollo de especies hortícolas. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19863>

Carvajal García, M., Zuluaga Arango, P., Ocampo López, O., & Duque Gómez, D. (2019). Las exportaciones de plátano como una estrategia de desarrollo rural en Colombia. *Apuntes del Cenes*, 38(68), 113-148. <https://doi.org/10.19053/01203053.v38.n68.2019.8383>

Córdova Girón, Y. B. & Quevedo Guerrero, J. N. (2022). Evaluación de estimulantes radicales en el cultivo de banano (musa x paradisiaca). [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/19868>

Delgado Pontón, A. M. & Quevedo Guerrero, J. N. (2019). Maceración del pseudotallo en banano utilizando microorganismos de montaña en combinación con fertilizantes químicos para estimular el crecimiento del retorno. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/13844>

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%c3%b-3mez%20Alvarado%20Jes%c3%bas%20Alberto.pdf>

Havlin, J. & Heiniger, R. (2020). Soil Fertility Management for Better Crop Production [Gesti[on de la fertilidad del suelo para mejores cultivos]. *Agronomy*, 10(9), 1349. <http://dx.doi.org.10.3390/agronomy10091349>

IBM (2022). *One-Way ANOVA Post Hoc Tests*. IBM Documentation. <https://www.ibm.com/docs/en/spss-statistics/saas?topic=anova-one-way-post-hoc-tests>

- León Armijos, F., Espinoza Aguilar, M., Carvajal Romero, H., & Quezada Campoverde, J. (2022). Análisis económico de la producción bananera orgánica y convencional de la Parroquia La Iberia. *Polo del Conocimiento*, 7(1). <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8331431.pdf>
- Márquez, J., Salazar, D., & García, M. (2021). *Boletín Técnico de la ESPAC 2020*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin_Tecnico_ESPAC_2020.pdf
- Mata Anchundia, D., Suatunce Cunuhay, J., & Poveda Marín, R. (2021). Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Avances*, 23(4). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869393005>
- Méndez Hernández, C. & Rodríguez Serrano, M. (2016). *Información técnica: Deshijado de la platanera*. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_596_platanera.pdf
- Miranda Ordóñez, K. G. & Quevedo Guerrero, J. N. (2021). Efectos de la fertilización inyectada en plantas de banano (musa x paradisiaca l.) en diferentes estados fenológicos. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16557>
- Silva, E., Cardona, W., Bolaños, M., & Osorno, H. (2022). Inyección de nutrientes: una técnica eficiente para incrementar el rendimiento del cultivo de plátano (Musa AAB). *Agronomía Mesoamericana*, 33(3). https://www.mag.go.cr/rev_meso/v33n3-04.pdf
- Tenesaca Martínez, S. I. & Quevedo Guerrero, J. N. (2019). Determinación de la dosis óptima de biocarbón como enmienda edáfica en el cultivo de banano (musa x paradisiaca) clon williams. [Trabajo de titulación, Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15165>
- 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>
- Van Oosten, M., Pepe, O., De Pascala, S., Silletti, S., & Maggio, A. (2017). The Role of bioestimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(5). <https://doi.org/10.1186/s40538-017-0089-5>

EVALUACIÓN EN DOS FASES FENOLÓGICAS DEL BANANO GROS MICHEL BAJO DOS SISTEMAS DE FERTILIZACIÓN EDÁFICA

EVALUATION OF THE BEHAVIOR OF GROS MICHEL BANANA UNDER TWO EDAPHIC FERTILIZATION SYSTEMS

Yelixa Leonela Condoy Campuzano¹

E-mail: ycondoy2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3846-4922>

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)

Condoy Campuzano, Y. L., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Evaluación en dos fases fenológicas del banano Gros Michel bajo dos sistemas de fertilización edáfica. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 91-99. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El cultivo de banano es producido en zonas tropicales y sus requerimientos nutricionales son necesarios durante sus etapas fenológicas para impulsar su desarrollo y crecimiento. Los productores bananeros se inclinan hacia el uso de fertilizantes químicos con el fin de alcanzar un alto rendimiento en producción generando ingresos. Este estudio fue orientado al análisis del comportamiento agronómico de la variedad de banano Gros Michel bajo fertilización química y orgánica. Se aplicó un diseño experimental de bloques completamente al azar con dos tratamientos y quince repeticiones: T1= 200g de microorganismos eficientes en sólido + 5 g de Biochar; T2= 40 g de Urea + 4 g de Biochar. Las variables evaluadas fueron: altura de la planta, emisión foliar, diámetro de fuste, número de hojas a los 271 días, área foliar, número de hojas emitidas hasta los 271 días totales, pérdida de hojas diarias de agosto a enero, raíces sanas, raíces enfermas, pH en agua destilada, pH en solución KCl y conductividad eléctrica. Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de 200 gramos de microorganismos eficientes + 5 gramos de Biochar incide en la mayoría de parámetros agronómicos como el tratamiento con mejor respuesta en el cultivo.

Palabras clave:

Comportamiento, microorganismos, fertilización, biochar.

ABSTRACT

Banana cultivation is produced in tropical areas and its nutritional requirements are necessary during its phenological stages to promote its development and growth. Banana producers are inclined towards the use of chemical fertilizers in order to achieve a high yield in production generating income. This study was oriented to the analysis of the agronomic behavior of the Gros Michel banana variety under chemical and organic fertilization. A completely randomized block experimental design was applied with two treatments and fifteen repetitions: T1= 200g of efficient solid microorganisms + 5g of Biochar; T2= 40 g of Urea + 4 g of Biochar. The evaluated variables were: plant height, leaf emission, stem diameter, number of leaves at 271 days, leaf area, total number of leaves emitted up to 271 days, loss of daily leaves from August to January, healthy roots, diseased roots, pH in distilled water, pH in KCl solution and electrical conductivity. The results obtained indicated that the application of 200 grams of efficient microorganisms + 5 grams of Biochar affects the majority of agronomic parameters as the treatment with the best response in the crop.

Keywords:

Behavior, microorganisms, fertilization, biochar.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa x paradisiaca*, L) es una de las frutas más apetecidas con un importante valor nutricional gracias a las vitaminas que provee y las distintas maneras de ser consumida, por estas razones es uno de los productos con mayor comercialización contribuyendo a la seguridad alimentaria de la población a nivel mundial.

En Ecuador el cultivo de banano es de gran potencial e importancia económica siendo un rubro de exportación trascendente convirtiéndose en uno de los principales países exportadores en calidad del producto, cuenta aproximadamente con 218000 hectáreas y en producción promedio de 1600 a 2200 cajas por hectárea al año aportando considerablemente a la economía del país nacional. De igual forma, esta actividad agrícola es una fuente sustancial de empleo en muchas zonas del país generando ingresos para la población (Burgo et al., 2019).

El país cuenta con grandes extensiones de plantaciones bananeras y a pesar de ser mayor exportador de banano, su producción es inferior a comparación de Colombia, Filipinas, Guatemala y Costa Rica (Acaro et al., 2021), de forma que el territorio nacional representa el 30% del mercado mundial luego esta Filipinas, Colombia y Costa Rica (Andrade et al., 2020).

De acuerdo a lo expuesto por León et al., (2020) las zonas con mayor producción de banano en el país son Los Ríos, Guayas, Esmeraldas y El Oro, donde la mayoría de los casos en esta última provincia las plantaciones bananeras pertenecen a pequeños y medianos productores los cuales rara vez cuentan con un establecimiento estandarizado a comparación de las otras provincias con grandes productores bananeros. Sin embargo, no ha sido impedimento para producir fruta de calidad debido a condiciones edafoclimáticas favorables que poseen para dicho cultivo.

El nitrógeno es el responsable del crecimiento de las plantas, de igual contribuye al desarrollo del sistema radicular, por lo tanto, es uno de los macronutrientes de mayor absorción. No es suficiente con las cantidades existentes en el suelo ya se de forma orgánica o mineral, debido a que se debe complementar con fertilizantes sintéticos, mencionando que estos tienden a ser volátiles ocasionando pérdidas a los productores. La aplicación en conjunto de biocarbono y urea reduciría estas pérdidas por la moderación de la mineralización de nitrógeno y que se encuentre disponible en el suelo por más tiempo y así obtener plantas vigorosas (Macas, 2021).

Se indica la existencia de dos bananos comerciales, banano variedad Gros Michel (*Musa AAA*) y Variedad Cavendish (Reynoso, 2019). El banano variedad Gros Michel es un banano criollo que resultó ser susceptible a enfermedades como *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense, dicho hongo habita en el suelo afectando en su mayoría a musáceas siendo Gros Michel el más perjudicado (López & Castaño, 2019).

Los productores se vieron obligados a reemplazar por el cultivar Cavendish el cual es resistente al hongo, siendo el banano de mayor exportación en el comercio mundial. Actualmente el banano Gros Michel o guineo seda se lo encuentra en parcelas de pequeños productores y en patios de casa para consumo interno o con valor comercial en mercados pequeños (Carr et al., 2017).

El banano Gros Michel fue una de las primeras variedades comerciales gracias a sus agradables cualidades organolépticas, su adaptabilidad conlleva a que se continúe cultivando en nuestras zonas de forma orgánica, aunque a menor escala, pero siendo una fruta de alta calidad ideal para su consumo con la perspectiva de que vuelva a ser rentable y exportable en el sector productivo (Jiménez, 2006).

Tradicionalmente la industria bananera se ha basado en el uso desmedido de agroquímicos con el fin de producir un rendimiento mayor en la cosecha de la fruta y obtener ganancias. De acuerdo a lo expuesto por Tuz, (2018) el mercado internacional demanda banano de calidad con una fertilización orgánica, baja en productos químicos ya que el uso de estos altera las condiciones del suelo provocando su degradación, así como la alteración de la microfauna y microflora, importantes para la conservación de la materia orgánica donde se desarrollan las plantas.

En este marco, implementar una agricultura orgánica se convierte en un desafío, pero es lo que se está tratando de llevar a cabo. En base a lo que menciona Valverde et al., (2019) los fertilizantes orgánicos contribuyen a manejar plantaciones sustentables promoviendo el uso de abonos orgánicos consiguiendo aportar al suelo mejores condiciones físicas incrementando su fertilidad, así como aumentar la actividad microbiológica. De esta manera fomenta alternativas nutricionales y a la vez amigables para el sector bananero.

En base a estos argumentos el objetivo del presente estudio fue analizar el comportamiento agronómico de la variedad de banano Gros Michel bajo fertilización química y orgánica de forma edáfica en la etapa vegetativa y reproductiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en las áreas de la granja experimental Santa Inés perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada en la parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, Ecuador.

El área de estudio se encuentra en la ubicación de coordenadas geográficas 3°17'30" S; 79°54'51" W, donde según GAD Municipal de Machala (2016) la zona posee una temperatura promedio anual de 25°C y precipitación entre 250-1000 mm correspondiente a dos tipos de climas tropicales: megatérmico seco y megatérmico semiárido.

El material vegetal utilizado fueron 30 plantas obtenidas de corchitos de banano de la variedad Gros Michel, establecidas en un área total de 156 m² y distribuidas en

dos bloques de 15 plantas cada uno donde cada bloque representa un tratamiento con sus respectivas repeticiones. El estudio fue de bloques completamente al azar, con dos tratamientos y 15 repeticiones (tabla 1). El trabajo de campo se realizó desde abril de 2022 hasta enero de 2023.

La tabla 1 muestra los dos tratamientos establecidos, en ambos se empleó diferentes dosis de fertilizante orgánico y químico los cuales fueron aplicados de forma edáfica a cada unidad muestral bajo un entorno experimental homogéneo.

Tabla 1. Tratamientos y descripción de sus dosis

Tratamientos	Descripción de dosis por planta
T1 (ME200+Biochar5)	200 gr de microorganismo benéficos (en solido) + 5 gr de biochar
T2 (Urea40+Biochar4)	40 gr Urea + 4 gr de biochar

Captura y preparación de microorganismos eficientes (ME) en sólido

Se empleó el modelo usado por Quevedo et al., (2019) como trampa para la captura y reproducción de microorganismos. El arroz cocinado únicamente con agua se dejó enfriar y se colocó en vasos, luego se los selló con medias nylon de forma que los microorganismos sean capturados en esa parte, y se los distribuyó dentro del área experimental Santa Inés en espacios libre de la aplicación de agroquímicos, lo que se muestra en la Figura 1 (A, B).

A. Llenado de arroz en vasos y sellado B. Colocación de trampas en áreas de la granja Santa Inés.

Figura 1. Trampas para la captura de microorganismos

Luego de 6-7 días las trampas en campo se procedió a retirarlas y con guantes se fue seleccionando los microorganismos eficientes para la planta. Cabe mencionar que se recolectó hojarasca descompuesta de cacao y bosque, afrecho de trigo en proporciones iguales y a esto se le mezcló los ME recolectados para su posterior multiplicación en una solución de melaza, posterior a eso se deja en reposo por 30 días en un tacho bien tapado.

Se utilizó biochar de cascaras de cacao ya obtenido entonces solo se procedió a triturar para su posterior pesaje y aplicación a tratamientos (Figura 2). El biochar proporciona al suelo beneficios como mejorar sus condiciones en cuanto a fertilidad y retención de nutrientes entre los más sobresalientes, así como estimular el crecimiento radicular.



Figura 2. Biochar de cascaras de cacao ya triturado

Mezcla y aplicación de los tratamientos en la planta.

Una vez obtenido los microorganismos ya multiplicados y el biochar molido, se realizó pesaje de 200 g de microorganismos eficientes y 5g de Biochar para el tratamiento 1, 40g de Urea más 4g de Biochar para el tratamiento 2 se procedió a una mezcla homogénea en cada tratamiento Figura 3 (A, B, C). Antes de cada aplicación se realizó la labor de riego a capacidad de campo para ambos tratamientos.



A

B



A. ME200+5Biochar

B. Urea40+Biochar4

C. Aplicación de Tratamientos

Figura 3. Pesaje de cada uno de los tratamientos y respectiva aplicación

Como una técnica de ayuda para mantener la humedad del suelo se colocó mulch de origen vegetal alrededor de cada planta, el cual se lo hacía a un lado antes de cada aplicación de tratamiento y se volvía cubrir. El tiempo de aplicación de los tratamientos fue mensual y de forma edáfica.

En el transcurso de este trabajo se realizaron labores culturales como:

Control de arvenses: dicha labor se realizó con herramientas de manera manual cada 15 días.

Riego: se regaba 5 días a la semana puesto que fue de forma manual y con la ayuda de un balde tomando agua del canal.

Deshoje: la actividad se realizó cada semana y consistió en eliminar hojas bajas enfermas con la presencia de Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) con el fin de evitar que se disemine a las demás hojas y mantener la fitosanidad.

Deshije: con la ayuda de un palín se eliminó hijos de agua o hijos mal posicionados, dejando solo uno el de mejor ubicación. Al final de la extracción de los hijos se tapa los orificios para evitar el ingreso de plagas o enfermedades.

Deschante: esta actividad se realiza en el pseudotallo y consiste en eliminar vainas secas de la planta para evitar que se hospeden plagas.

Enfunde: esta actividad se realizó cuando la bellota ha emergido sin que comience abrir el racimo con el fin de proteger el fruto de los insectos. Luego de un tiempo prudente se realizó el deschive.

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron las siguientes: emisión foliar, altura de la planta, diámetro de fuste, área foliar, porcentaje de raíces sanas y porcentaje de raíces enfermas, pH del suelo, conductividad eléctrica, número de hojas, número de hojas emitidas totales de agosto a enero y pérdida de hojas diaria de agosto a enero. Las tres primeras variables fueron contabilizadas semanalmente.

Altura de la planta (HP): variable medida con flexómetro en cm cada semana desde la base del pseudotallo hasta el área foliar donde se forma la última V con la hoja bandera.

Emisión foliar (EF): esta variable fue tomada una vez por semana contabilizando el número totales contando el estadio de la hoja bandera.

Diámetro de fuste (DF): con una cinta métrica a una altura de 1,20m se midió el diámetro de cada planta una vez por semana.

Número de hojas a los 271 días (NH271D): se refiere al número de hojas que existen en las plantas hasta los 271 días de ensayo.

Área foliar (AFm2): fue medida con la ayuda de cintas métricas adheridas a un tubo polietileno debido que las hojas excedían el largo 1,50m. Se midió desde la base del peciolo hasta la punta de la hoja. Variable tomada una solo vez casi al final del ensayo (m²).

Número de hojas emitidas a los 271 días totales (NHE271T): hace referencia al número total de hojas emitidas en los últimos 271 días del experimento desde agosto a enero.

Perdida de hojas diaria de agosto a enero (PHDAE): esta variable se refiere a la pérdida de hojas diarias desde el mes de agosto a enero.

Raíces sanas (RSN): a 15cm diagonal al pseudotallo se tomó una muestra de raíces, se las lavo y se separó las raíces sanas para luego pesarlas y expresar el valor en porcentaje (%).

Raíces enfermas (RENF): se extrajo muestra de raíces 15cm diagonal al pseudotallo, se lavó y separo raíces enfermas para luego pesarlas y expresar el resultado en porcentaje (%).

pH en agua (pHA) y pH en KCl (pHKCl): estas variables fueron tomadas en laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se recolectó 10 muestras de suelo al azar por tratamiento, se pesó 10 g de cada muestra en un vaso y se aforo con agua destilada para pHA y en solución de KCl para pHKCl y se midió con la ayuda de un potenciómetro.

Conductividad eléctrica (CE/Sm): esta variable fue obtenida en el laboratorio de suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se tomó 10 muestra de suelo al azar de cada tratamiento, se pesó 10 g de cada una en un vaso y se analizó cada en agua destilada.

Procedimiento estadístico

En la evaluación de datos se efectuó en ANOVA para determinar si existe diferencias significativas con valor ($p < 0,05$) entre los tratamientos para cada una de las variables de estudio, dicho proceso se realizó mediante el programa estadístico IBM SPSS statistics.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se detallan en la tabla 2, muestran que la variable pH en agua (pHA) y RENF evidenciaron diferencia significativa mientras que las variables HP, EF, DF, NH271D, AFm2, NHE271T, PHDAE, RSN, pHKCl, CEmS no presentan esta diferencia estadística debido que expresan un nivel mayor a $p = 0,05$ según el análisis estadístico.

Tabla 2. Resultados del ANOVA de las variables de crecimiento evaluadas

Tratamientos	HP	EF	DF	NH271D	AFm2	NHE271T	PHDAE	RSN	RENF	pHA	pHKCl	CEms
T1(ME+Biochar)	204,82	0,73	34,22	8,67	8,50	15,08	0,05	68,59	31,41	6,54	5,57	0,29
T2(Urea+Biochar)	213,71	0,71	34,51	9,20	9,74	15,05	0,04	69,97	30,84	7,07	5,90	0,26
F	,154	,534	,13	1,00	1,739	,003	,331	,055	,920	5,15	1,66	,434
Sig. (0,05)	,697	,471	,910	,326	,198	,959	,570	,821	,011	,036	,213	,518

Altura de la planta

Los resultados del análisis estadístico no presentaron diferencias significativas para esta variable, señalando que en ME200+Biochar5 ocurrió mayor variabilidad en altura de planta, existiendo valores superiores a la media de 204,82 cm, mientras que Urea40+Biochar4 se evidenció uniformidad con una media de 213,71 cm (Figura 4) siendo este el tratamiento con mejor respuesta en el cultivo. Estos resultados concuerdan con lo que detalla Finol et al., (2004) que plantea que el nitrógeno contribuye al crecimiento y desarrollo en las plantas.

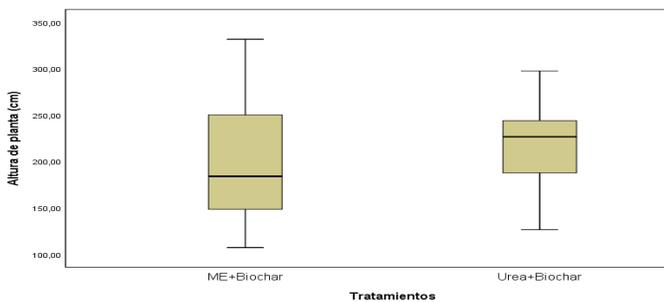


Figura 4. Diagrama de cajas de la variable altura de planta

Emisión Foliar

El análisis estadístico de emisión foliar reflejó que el tratamiento de ME200+Biochar5 contiene valores variados con una media de 0,73 h/s (Figura 5), en el caso de Urea40+Biochar4 la emisión de hojas se encontró dentro de rangos semejante y con valores atípicos superiores a la media de 0,71 h/s, lo que indica que la aplicación del tratamiento ME200+Biochar5 tuvo mejor efecto, aunque no se evidenció diferencias significativas debido a que sus valores son cercanos. Autores como Barrezueta et al., (2022) demuestran que existe valores similares entre el rango de 0,6 a 0,8 hojas bajo la aplicación de biochar a banano, siendo las hojas las responsables del llenado del fruto.

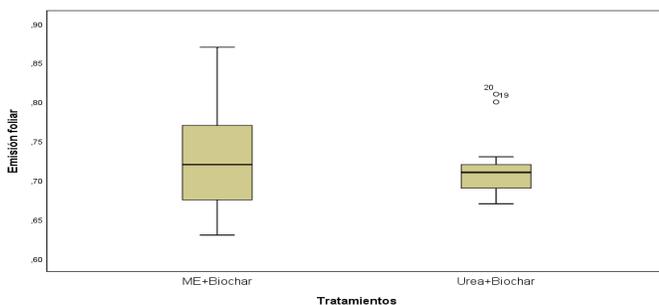


Figura 5. Diagrama de cajas de la variable emisión foliar

Diámetro de fuste

Para la variable de estudio diámetro de fuste no existió diferencias significativas (Figura 6) muestra que el tratamiento ME200+Biochar5 presentó una media de 34,22 cm, así como el tratamiento Urea40+Biochar4 con una media de 34,51 cm, pese a que existe valores atípicos fuera de la media y similitudes estadísticas; la combinación de Urea40+Biochar4 incide en el diámetro de fuste mostrando homogeneidad. Estos resultados fueron bajos en comparación a los obtenidos por Barrezueta, Condoy, et al., (2022) quienes aseguran que la aplicación de biochar incrementa el diámetro del fuste del banano.

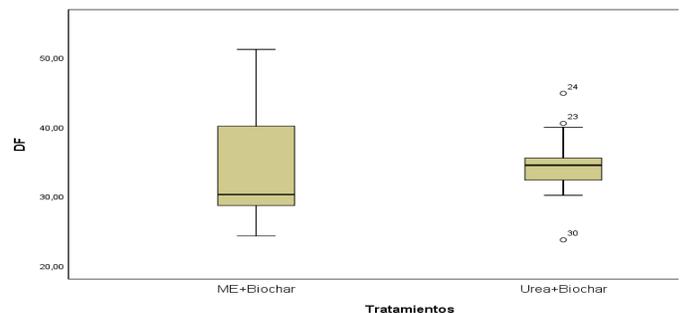


Figura 6. Diagrama de cajas y bigotes de la variable diámetro de fuste (DF)

Número de hojas a los 271 días

El número de hojas que existió en la planta hasta los 271 días (Figura 7), indica que el resultado del tratamiento Urea40+Biochar4 es singular en vista de que los valores no se concentran, la cantidad de hojas es heterogénea y con valores superiores e inferiores a la media estimada de 9,20 hojas, mencionando que no manifestó diferencias significativas, el tratamiento ME200+Biochar5 pese tener una media menor de 8,67 hojas es el tratamiento que mejor se comporta debido a la distribución de hojas que se presentan. Estos valores son superiores en relación a los datos obtenidos por Tuz (2018) quien manifiesta que la aplicación de biochar incide al incremento de hojas funcionales.

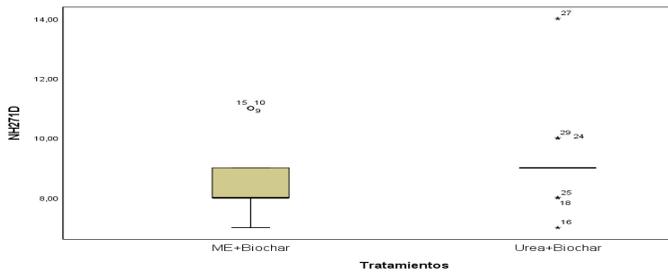


Figura 7. Diagrama de cajas y bigotes número de hojas a los 271 días

Área foliar en m²

Estadísticamente en esta variable no existió diferencias significativas, se aprecia variabilidad en el tratamiento ME200+Biochar5 con una media de 8,50 m² junto a un valor máximo de hasta 13m², destacando el tratamiento Urea40+Biochar4 que señala similitud entre sus valores con media de 9,74 m² (Figura 8). La Urea influyó en esta variable debido a su alto contenido de Nitrógeno (N), tal y como lo revelan Cervantes et al., (2020) en su investigación, la aplicación de N aporta una mayor área foliar en el desarrollo de la planta de banano para mejores procesos fisiológicos.

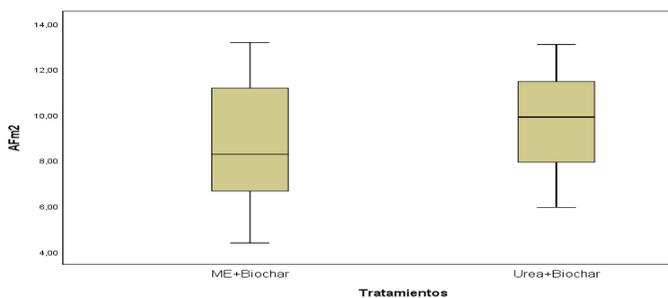


Figura 8. Diagrama de cajas y bigotes de la variable área foliar en m²

Número de hojas emitidas hasta los 271 días totales (NHE271T)

El número de hojas emitidas en el lapso del mes de agosto a enero indicó que la combinación de ME200+Biochar5 obtuvo valores superiores a la media de 15,08 (Figura 9) por otro lado está el tratamiento Urea40+Biochar4 el cual señala datos homogéneos con un promedio de 15,05 lo que declara una leve diferencia entre tratamientos descartando la existencia de diferencias significativas. No obstante, resultados de ME200+Biochar5 demuestran que es mejor para esta variable por el máximo dato de hojas que se llegó a emitir. La aplicación de ME+Biochar influye en el incremento de hojas sin uso alguno de químico (Tuz, 2018).

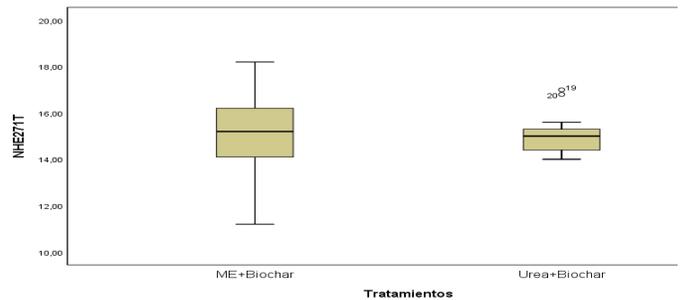


Figura 9. Diagrama de cajas de la variable número de hojas totales emitidas a los 271 días

Pérdida de hoja diaria desde agosto a enero

Las hojas diarias pérdidas desde el mes de agosto a enero (Figura 10), revela una media de 0,05 en el tratamiento ME200+Biochar5 perdiendo inclusive hasta 0,7 hojas por día en tanto que el tratamiento Urea40+Biochar4 con una media de 0,04 alcanzó una pérdida máxima de 0,6 hojas por día, aún con un valor atípico, ocurre mejor fitosanidad resultando ser una combinación idónea para reducir la pérdida de hojas, sumado a un deshoje temprano y correctas labores culturales (Tuz, 2018).

Bajo este resultado Finol et al., (2004) quienes exponen en su ensayo que existe correlación positiva entre el nitrógeno del suelo y el encontrado en la planta, conforme este elemento incrementa en el suelo sucede igual en la biomasa foliar bajo la misma proporción.

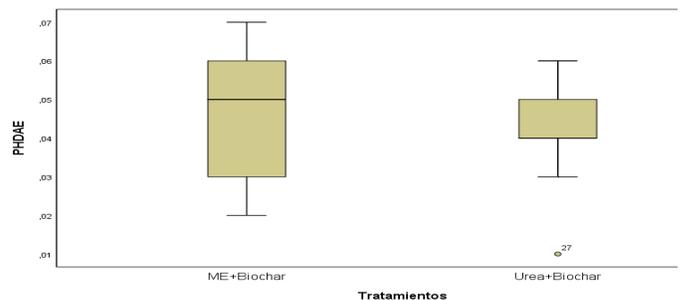


Figura 10. Diagrama de cajas de la variable pérdida de hoja diaria de agosto a enero

Raíces Sanas (RSN)

En las pruebas estadísticas esta variable no presentó diferencias significativas, el tratamiento ME200+Biochar5 presenta una media de 68,59% y Urea40+Biochar4 alcanza una más alta de 69,97% con valores hasta de 82%, pero obtuvo un valor mínimo de 55% de raíces sanas mientras que el menor valor del tratamiento de ME200+Biochar5 fue de 59%, aun teniendo un valor atípico general, lo convierte en el tratamiento más homogéneo por su rango de datos que va de 67% a 75% de raíces sanas (Figura 11). Como mencionan Morocho & Leiva (2019) el empleo de ME causa un efecto alentador puesto que las raíces logran incrementar la absorción de nutrientes mejorando su estado. Criterio compartido por Tuz (2018) quien señala

que la combinación de ME+Biochar mejorar sistema radicular aumentando porcentaje de raíces sanas.

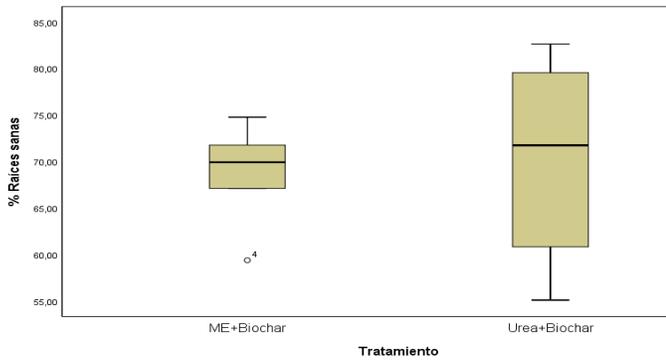


Figura 11. Diagrama de cajas de la variable raíces sanas

Raíces Enfermas (RENF)

La variable raíces enfermas presento diferencias estadísticamente significativas, tratamiento Urea40+Biochar4 refleja menor cantidad de raíces enfermas con media de 30,84% pero posee valores menores hasta de 45% de RENF, mientras tanto ME200+Biochar5 llega a tener hasta 34% de RENF con una media de 31,41%, pese que la diferencia numérica de medias es corta, este tratamiento tiende a ser más homogéneo y a la vez mejor para reducir el porcentaje de RENF (Figura 12). Detalla Morocho & Leiva (2019), que los microorganismos llegan a tener una simbiosis con las raíces reduciendo el porcentaje de raíces enfermas.

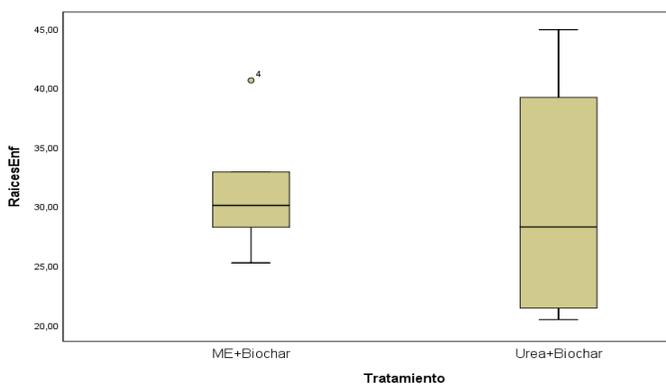


Figura 12. Diagrama de cajas de la variable raíces enfermas

pH en agua destilada

En cuanto a pH en agua destilada respecta, la muestra de suelo 2-3 de ME200+Biochar5 denota valores ácidos aun así contiene un valor máximo de 7,23 (Figura 13) y una media de 6,54 a diferencia de Urea40+Biochar4 con valores máximo aproximado de 8,00 lo que demuestra diferencias significativas. El tratamiento ME200+Biochar5 muestra un pH donde la disponibilidad de nutrientes es más asimilable a diferencia de un pH 8, ya que puede existir algún tipo de bloqueo de nutrientes. A razón de lo afirmado por Barrezueta, Rizzo, *et al.*, (2022), la

combinación de biocarbon con abonos orgánicos induce a la regulación de pH de neutro a ligeramente alcalino.

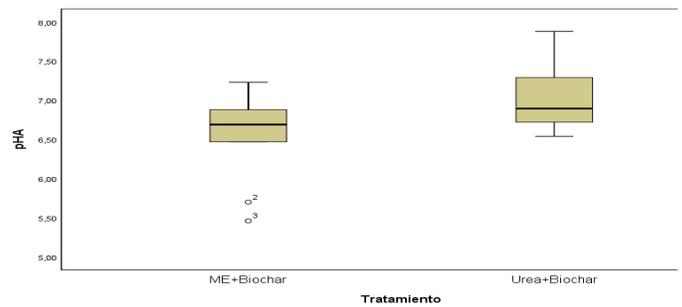


Figura 13. Diagrama de cajas de la variable pH en agua destilada

pH en extracto de KCL

De acuerdo al análisis estadístico esta variable no presentó diferencias significativas entre tratamientos y su diferencia numérica de medias no es tan distante. El tratamiento de ME200+Biochar5 muestra valores más homogéneos y dos valores atípicos inferiores a la media de 5,57 mientras que el tratamiento Urea40+Biochar4 refleja valores máximos de 6,63 encima de la media estimada de 5,90. Siendo ME200+Biochar5 el tratamiento más homogéneo en cuanto pHKCl se refiere (Figura 14). Soriano (2018) explica que el resultado del pH en solución KCl siempre será menor al pH en agua puesto que la solución KCl produce desplazamiento de cationes retenidos dando un valor más certero.

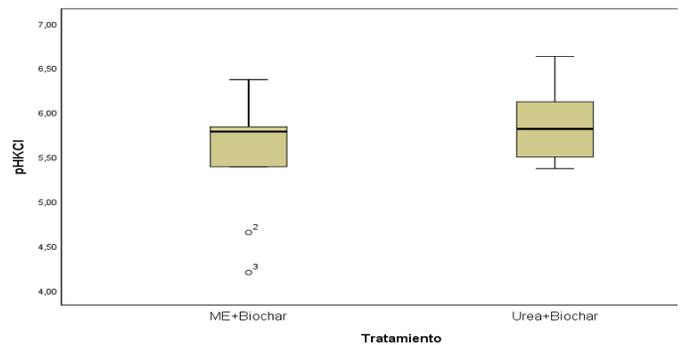


Figura 14. Diagrama de cajas de la variable pH en KCl

Conductividad Eléctrica

Variable estadísticamente no significativa, el tratamiento ME200+Biochar5 registró una media de 0,29 mS junto con un valor atípico superior a dicha media, a comparación del tratamiento Urea40+Biochar4 que refleja homogeneidad en sus valores con una media de 0,26 mS siendo el valor menor el que destaca como mejor tratamiento (Figura 15). La CE indica el contenido de sales presentes en el suelo, el cual basándose en estos resultados existe CE baja, Rosado *et al.*, (2016) mencionan que la aplicación de biochar induce a una baja Conductividad eléctrica en el suelo. La urea a pesar de tener un alto contenido de sales no mostro un efecto negativo en el suelo debido a que fue encapsulado por el biocarbon lo que baja la CE.

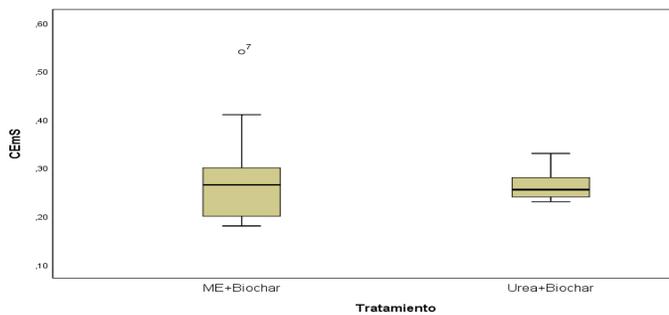


Figura 15. Diagrama de cajas de la variable CEmS

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos, la aplicación del T1 registró mejor comportamiento en cuanto a variables de crecimiento (etapa fenológica vegetativa-reproductiva) del banano variedad Gros Michel.

Los parámetros porcentaje de raíces sanas y enfermas señalaron que la fertilización orgánica mejora el desarrollo y la rentabilidad del cultivo, reduciendo costos de fertilización, mejorando el microbiota del suelo de manera sustentable.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acaro, L., Córdova, A., Vega, A., & Sánchez, T. (2021). Evolución en las exportaciones de banano e impacto del desarrollo económico, provincia de El Oro 2011-2020, pre-pandemia, pandemia; aplicando series de tiempo. *Revista Polo Del Conocimiento*, 6(8), 257–277. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i8>
- Andrade, C., Cabrera, C., Sambonino, B., López, C., & Poveda, G. (2020). *Afectación a las exportaciones de banano ecuatoriano a causa de la pandemia por el Covid19*. <https://www.eumed.net/actas/20/covid/4-afec-tacion-a-las-exportaciones-de-banano-ecuatoria-no-a-causa-de-la-pandemia-por-el-covid19.pdf>
- Barrezueta, S., Condoy, A., & Sánchez, S. (2022). Efecto del biocarbón en el desarrollo de las plantas de banano (Musa AAA) en fincas a partir de un manejo orgánico y convencional. *Enfoque UTE*, 13(3). <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.815>
- Barrezueta, S., Rizzo, J., & Añazco, H. (2022). Efecto del abono orgánico con biocarbón sobre las características morfológicas de mazorca de Theobroma cacao CCN51. *Ciencia y Agricultura*, 19(2). <https://doi.org/10.19053/01228420.v19.n2.2022.14265>
- Burgo, O., Zambrano, Á., Izquierdo, R., García, M., Capa, L., & Juca, F. (2019). *Impacto de la producción agrícola alternativa en PyMEs bananeras con enfoque agroecológico*. 40(4), 2. <http://www.revistaespacios.com/a19v40n04/a19v40n04p02.pdf>

Carr, C., Sánchez, M., Alfaro, F., Villalta, R., Sandoval, J., & Guzmán, M. (2017). *Marchitez por Fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas*. https://www.researchgate.net/profile/Mauricio-Guzman-2/publication/324804235_Marchitez_por_Fusarium_o_mal_de_Panama_del_banano_y_otras_musaceas/links/5ae3394ba6fdcc9139a188fd/Marchitez-por-Fusarium-o-mal-de-Panama-del-banano-y-otras-musaceas.pdf

Cervantes, A., Sigcha, L., Villaseñor, D., & Maldonado, T. (2020). Efecto de la interacción del nitrógeno con el potasio sobre la intensidad de la clorofila en el cultivo del banano. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(2), 192–198. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/287/317>

Finol, J., Fernández, L., Nava, C., & Esparza, D. (2004). Efecto de fuentes y dosis de nitrógeno sobre la producción y calidad del fruto del banano (Musa grupo AAA subgrupo Cavendish clon _Gran Enano_) en la Planicie Aluvial del Río Motatán. *Revista Facultad de Agronomía*, 21(3). http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000300002

GAD Municipal de Machala. (2016). Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial Machala. *Machala: GAD Municipal Machala*.

Jiménez, J. (2006). *Consideraciones Generales del Banano*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14780/21/CAP%C3%8DTULO%201.pdf>

León, L., Arcaya, M., Barbotó, N., & Bermeo, Y. (2020). Ecuador: Análisis comparativo de las exportaciones de banano orgánico y convencional e incidencia en la Balanza Comercial, 2018. *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, 7(2), 38–46. <https://doi.org/10.26423/rctu.v7i2.521>

López, S., & Castaño, J. (2019). Manejo integrado del mal de Panamá [Fusarium oxysporum Schlechtend. Fr. sp. cubense (E.F. SM.) W.C. Snyder & H.N. Hansen]: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), 2–13. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/1240/1789>

Macas, V. (2021). *Fuentes de Nitrógeno: Dosis y efectos sobre variables agronómicas del cultivo de banano*. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/17479/1/TTUACA-2021-IA-DE00061.pdf>

Morocho, M., & Leiva, M. (2019). Microorganismos eficientes, propiedades funcionales y aplicaciones agrícolas. *Revista Centro Agrícola*, 46(2), 93–103. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v46n2/0253-5785-cag-46-02-93.pdf>

- Quevedo, J., Delgado, A., Tuz, I., & García, R. (2019). Cita sugerida (APA, sexta edición). *Revista Científica Agroecosistema*, 7(2), 190–197. <https://orcid.org/0000-0003-2403-0135>
- Reynoso, M. (2019). *Influencia del momento de cosecha en la calidad de banana (Musa sp.) variedad Gros Michel*. [https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4009/reynoso-magui%
b1a-martha-benigna.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4009/reynoso-magui%c3%b1a-martha-benigna.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rosado, M., de La Rosa, J., Paneque, M., Miller, A., López, R., & Knicker, H. (2016). *Evaluación de la alteración de Biochar utilizados como enmienda de un cultivo de girasol bajo condiciones de clima mediterráneo*. https://digital.csic.es/bitstream/10261/152373/1/Evaluacion_alteracion_biochar_VJorREC_2016.pdf
- Soriano, M. (2018). *pH del suelo*. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/102382/Soriano%20-%20pHdel%20suelo.pdf?sequence=1>
- Tuz, I. (2018). *Manejo Integrado del Cultivo de Banano (Musa x Paradisiaca L.) Clon Williams, usando biocarbon y microorganismos eficientes*. http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13263/1/DE00030_TRABAJODETITULACION.pdf
- Valverde, E., Batista, R., Moreno, A., & Socorro, A. (2019). Alternativas nutricionales eficientes den banano orgánico en la provincia El Oro, Ecuador. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 2(1), 151–159. <https://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/104/198>

13

Recibido: enero, 2023 Aprobado: febrero, 2023 Publicado: abril, 2023

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE PITAHAYA BAJO MANEJO INTEGRADO USANDO BIOCARBÓN Y MICROORGANISMOS EFICIENTES

EVALUATION OF TWO VARIETIES OF PITAHAYA UNDER INTEGRATED MANAGEMENT USING EFFICIENT BIOCHAR AND MICROORGANISMS

Joffre Alcívar León Toro

E-mail: jleon9@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7148-8339>

José Nicasio Quevedo Guerrero

E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Rigoberto Miguel García Batista

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

León Toro, J. A., Quevedo Guerrero, J. N., García Batista, R. M. (2023). Evaluación de dos variedades de Pitahaya bajo manejo integrado usando biocarbón y microorganismos eficientes. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 100-106. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los monocultivos en la provincia de El Oro han ocasionado bajos precios por la sobreoferta, debido a esto se debe diversificar la producción, siendo la Pitahaya una opción que está en auge en mercados internacionales y es rentable. Establecer un manejo integrado del cultivo usando biochar y microorganismos eficientes permitirá mejorar su rendimiento y enriquecer el microbiota del suelo. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo de dos variedades de pitahaya bajo manejo integrado usando biocarbón y microorganismos eficientes en la granja Experimental Santa Inés, cantón Machala, Ecuador. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos variedades de pitahaya y tres tratamientos, las variables evaluadas fueron: días a la brotación, número de brotes, longitud de tallos secundarios, diámetro de tallos secundarios, peso de raíces, población de nemátodos en raíces. El mejor tratamiento fue 20 gramos de Biochar + 200 gramos de microorganismos eficientes y 30 gramos de Biochar + 300 gramos de microorganismos eficientes en cuanto a número de brotes, longitud de tallos secundarios y bajas poblaciones de nemátodos en raíces de *Hylocereus undatus*, lo que evidencia la buena respuesta de esta cactácea a los tratamientos antes señalados.

Palabras clave:

Pitahaya, biochar, microorganismos eficientes, nemátodos.

ABSTRACT

Monocultures in the province of El Oro have caused low prices due to oversupply, due to this, production must be diversified, Pitahaya being an option that is booming in international markets and is profitable. Establishing an integrated management of the crop using biochar and efficient microorganisms will improve its yield and enrich the soil microbiota. The objective of this work was to evaluate the vegetative development of two varieties of pitahaya under integrated management using biochar and efficient microorganisms at the Santa Inés Experimental farm, Machala canton, Ecuador. A completely randomized design was used with two varieties of pitahaya and three treatments, the variables evaluated were: days to sprouting, number of shoots, length of secondary stems, diameter of secondary stems, root weight, population of nematodes in roots. The best treatment was 20 grams of Biochar + 200 grams of efficient microorganisms and 30 grams of Biochar + 300 grams of efficient microorganisms in terms of number of shoots, length of secondary stems and low populations of nematodes in roots of *Hylocereus undatus*, which shows the good response of this cactus to the aforementioned treatments.

Keywords:

Pitahaya, biochar, efficient microorganisms, nematodes.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos prioritarios en la Provincia de El Oro son el banano, cacao y café; sin embargo, depender solo de estos traen consigo muchos problemas en cuanto a bajos precios por la alta oferta de este tipo de frutales. Las propiedades del suelo y las condiciones climáticas son extremadamente favorables para la producción de diferentes cultivos; la pitahaya (*Hylocereus spp*) es considerada un producto de gran demanda internacional, tomando en cuenta esto, es necesario establecer un manejo integrado del cultivo eficiente y rentable, que permita a los agricultores cumplir con las exigencias de los mercados internacionales para su exportación.

La pitahaya es una cactácea epífita (Perween, *et al.*, 2018), que tiene característica de trepadora por la emisión de raíces adventicias en sus tallos segmentados (Medina, 2016); el origen de esta planta silvestre es América Central y en Sudamérica se encuentra en Bolivia, Perú, Colombia, Venezuela y Ecuador (Morillo, *et al.*, 2017). Dentro del género *Hylocereus* existen dos especies como son *H. undatus* y *H. megalanthus* de mayor distribución comercial (Vargas & López, 2020). Es un cultivo de frutos exóticos que gracias a su capacidad para retener agua, se adapta a zonas donde existen pocas precipitaciones (De Oliveira, *et al.*, 2020).

Como toda planta, la pitahaya está expuesta a plagas, principalmente a los nemátodos que son organismos microscópicos con aspecto vermiforme que habitan en el suelo, causando mucho daño al desarrollo de cultivos, ya que se alojan en el sistema radicular, lo destruyen y provocan pérdida de vigor y productividad (Meza, 2019).

En 2021 se exportaron 18 mil toneladas de esta fruta, Estados Unidos es el principal comprador que abarca un 84% del mercado; los principales sitios de producción están en Morona Santiago (65%), Manabí (8%) y Pichincha (5.5%) (Agrocalidad, 2022). Existen 1446 hectáreas de producción en nuestro país, incluidas las superficies destinadas a este cultivo en la provincia de El Oro, con un rendimiento nacional de 6 t. ha⁻¹ (MAG, 2022).

La calidad, su dulce sabor y su atractiva apariencia, son parte fundamental a la hora de ser adquiridas, además contiene propiedades químicas como son: glucosa, ácidos orgánicos, vitaminas, fibra dietética soluble, betalaínas, minerales y fitoalbúminas que lo atribuyen como un alimento funcional (Vargas, *et al.*, 2021).

La producción de alimentos debe ser sostenible y responsable, con el objetivo de proteger las fuentes hídricas, conservar el suelo y preservar la biodiversidad. Para lograr esto, se deben implementar prácticas sostenibles que reestablecen la fertilidad del suelo y aseguran su equilibrio biológico (De Oliveira *et al.*, 2017); el abuso de los fertilizantes químicos generan problemas como salinización, compactación, disminución de la microbiota que comprometen la nutrición de plantas (Alvarez, 2017).

Al utilizar abonos orgánicos se mejora las condiciones del suelo; el biocarbón también conocido como biochar que resulta de la degradación termodinámica de biomasa, en un espacio con poca presencia de oxígeno mediante pirólisis (Pradhan, *et al.*, 2020) y que debido a su porosidad es un excelente medio para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Cornelissen, *et al.*, 2018).

El biocarbón se deriva de restos vegetales, como materiales leñosos, paja, incluso hasta el estiércol de ganado, pasa por un proceso de pirólisis a altas temperaturas para su obtención en forma sólida (Pandey *et al.*, 2016), actúa conjuntamente con microorganismos eficientes aportando nutrientes (Zhu, *et al.*, 2017).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el desarrollo vegetativo de dos variedades de pitahaya (*Hylocereus undatus* e *Hylocereus megalanthus*) bajo manejo integrado usando biocarbón y microorganismos eficientes en la granja Experimental Santa Inés, del cantón Machala, Ecuador.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la Granja Experimental Santa Inés perteneciente a la Universidad Técnica de Machala con un área de 478 m² (Figura 1), misma que está ubicada en el cantón Machala, provincia de El Oro, con unas coordenadas geográficas: 3°17'17" S; 79°54'39" W y una altitud de 5 msnm, el clima es seco a semihúmedo, su pluviometría anual se encuentra entre los 500 a 1000 mm, las temperaturas medias son superiores a 24°C y de acuerdo a la zona de vida natural de Holdridge esta región está situada en una zona húmeda tropical. El experimento se realizó en el periodo de mayo a diciembre del 2022.

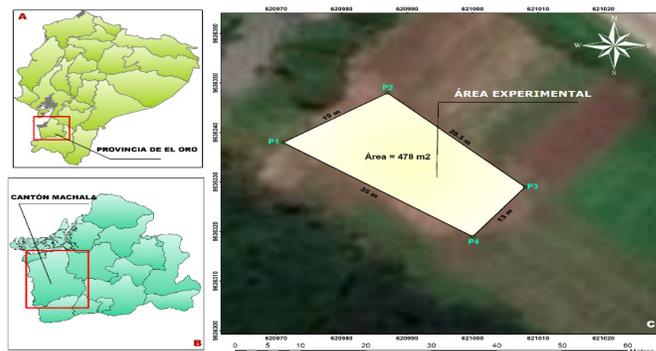


Figura 1. Mapa de ubicación de la zona de estudio, **A)** Mapa de Ecuador, **B)** Mapa de la provincia de El Oro, **C)** Imagen satelital con el área de estudio delimitada

Materiales y manejo

Se utilizó como material vegetativo esquejes de 1 metro de longitud; 60 de la especie *H. undatus* (cáscara roja y pulpa blanca) y 60 de *H. megalanthus* (cáscara amarilla y pulpa blanca); estos fueron extraídos de plantas madre de 4,5 años de edad, procedentes del cantón El Panguí, provincia de Zamora Chinchipe (cáscara amarilla) y

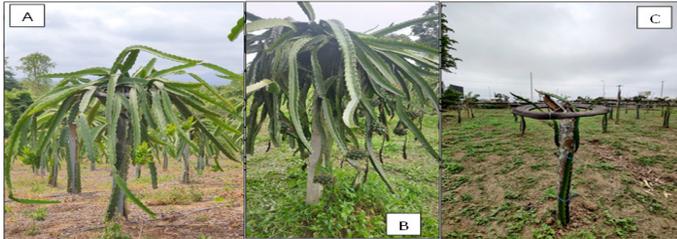


Figura 2. Variedades de Pitahaya y tutor vivo, **A)** *H. undatus*, **B)** *H. megalanthus*, **C)** *Spondias purpurea*

El riego se lo realizó por aspersión, con 2 intervalos semanales de 2 horas cada uno. Para la limpieza de maleza se empleó una desbrozadora. La poda de formación se realizó dejando los dos brotes secundarios superiores de la planta y todos aquellos que emergían por debajo se eliminaron, para la poda de mantenimiento se eliminaron todos los tallos que se entrecruzaban y aquellos brotes terciarios que crecieron fuera del contorno del soporte.

Obtención del biochar y reproducción de microorganismos

Para obtener el biocarbón se empleó la metodología aplicada por (Marín, et al., 2018) y el origen es de ramas y restos vegetales de cacao, el cual se realizó a partir de un proceso de pirólisis.

La reproducción de microorganismos eficientes (ME) se realizaron varios procedimientos: primero se realizó la captura en vasos plásticos que contenían arroz cocinado sin sal, luego se procedió a tapar con una gasa médica para colocarlos en diferentes zonas húmedas donde se puedan reproducir y a los 7 días se recolectó el contenido de los vasos. Continuamente se recogió materia orgánica, hojarasca descompuesta de caña guadúa y se mezcló con afrecho de trigo con melaza diluida en agua hasta formar una masa fácil de desintegrar y con bajo contenido de humedad. Finalmente, se colocó y compactó en un tanque plástico de 100 litros hasta llegar a una separación de 20 cm entre el sustrato y la tapa del recipiente, para sellarlo herméticamente y que ocasione una reproducción anaeróbica (Quevedo *et al.*, 2019). Luego de 30 días se verificó el estado del sustrato para formar las mezclas de cada tratamiento y aplicar en estado sólido (Figura 3).



Figura 3. Captura y reproducción de microorganismos eficientes, **A)** Vaso con arroz para capturar microorganismos, **B)** Hojarasca de caña guadua, **C)** Recipiente para la reproducción anaeróbica de microorganismos eficientes

Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos factores de estudio: primer factor las variedades (*H. megalanthus* e *H. undatus*) y el segundo factor los tres tratamientos (Biocarbón + microorganismos eficientes) con 10 repeticiones distribuidas en 12 filas (6 por cada variedad), con una separación de 2,5 m entre plantas y 3,5 m entre filas. Los tratamientos fueron: testigo sin aplicaciones (T1), 20 gramos de biochar + 200 gramos de microorganismos eficientes (T2), 30 gramos de biochar + 300 gramos de microorganismos eficientes (T3) (Tabla 1). La aplicación de los tratamientos se la realizó cada 30 días a 10 cm alrededor de la planta.

Tabla 1. Tratamientos objeto de estudio

Variedades	Tratamientos (simbología)	Dosis de Biocarbón + microorganismos eficientes
<i>H. megalanthus</i>	T1	Testigo control (sin aplicaciones)
	T2	20 g + 200 g
	T3	30 g + 300 g
<i>H. undatus</i>	T1	Testigo control (sin aplicaciones)
	T2	20 g + 200 g
	T3	30 g + 300 g

Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron: días a la brotación (Dbr), esta se registró cuando los brotes de cada planta emergieron en un 50% de cada tratamiento. Cada 30 días se registraron el número de brotes (Nbr) emitidos por cada planta y la longitud de los tallos secundarios (LTS) que con ayuda de una cinta métrica se anotó sus unidades en centímetros (cm) desde el punto de emergencia en el tallo hasta el ápice de este. Finalmente se evaluó diámetro de los tallos secundarios (DTS) en unidades de milímetros (mm), con un calibrador se tomó las tres caras de los cladodios y luego se promediaron estos datos para establecer una media de cada tallo. Peso de raíces vivas (PRV) se realizó un muestreo, el cual consistía en extraer las raíces a una profundidad de 15 x 30 x 15 cm, para luego limpiar el suelo adherido a ellas, lavarlas cuidadosamente, después secarlas con papel adsorbente y proceder a pesar en una balanza digital (Figura 4). El sistema radical de cada tratamiento fue analizado en laboratorio para determinar las poblaciones de nemátodos y la identificación de los géneros (PNR) existentes en las raíces.



Figura 4. Procesos de evaluación de variables, A) Días a la brotación, B) Contabilizando número de brotes, C) Midiendo la longitud de tallos secundarios, D) Toma de diámetro de tallos secundarios, E) Extracción de raíces, F) Peso de raíces vivas

Análisis estadístico

Para el procesamiento estadístico de datos se utilizó el software IBM SPSS Statistics versión 25, en el cual se realizó un análisis de varianza (ANOVA) de un diseño completamente al azar con dos factores de estudio, se aplicaron pruebas de rangos múltiples post hoc para conocer cómo se agrupan los datos entre sí mediante Tukey al 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 2 muestra el análisis estadístico de las variables evaluadas en donde se evidencian las diferencias significativas e interacción de los factores de estudio (variedades de pitahaya y tratamientos) lo que permite interpretar el efecto que causan los tratamientos en las variables.

Tabla 2. Análisis de varianza (ANOVA) de las dosis de Biochar con microorganismos eficientes en las variables

Tratamientos		\bar{x} Nbr	\bar{x} LTS (cm)	\bar{x} DTS (mm)	\bar{x} PRV (g)
T1		1,35 a	61,598 a	44,426 a	19,75 a
T2		1,475 a	74,368 ab	44,685 a	19,833 a
T3		1,925 b	80,375 b	46,099 a	20,333 a
F	Variedad	2,97	26,353	530,639	9,306
	Tratamiento	6,652	5,947	0,471	0,004
	Variedad*-tratamiento	5,015	0,803	0,439	1,175
Sig	Variedad	0,088	0,000001	1,063E-44	0,010
	Tratamiento	0,002	0,003	0,626	0,996
	Variedad*-tratamiento	0,008	0,450	0,646	0,342

Letras diferentes, demuestran diferencias estadísticas significativas, letras iguales demuestran similitud de medias mediante pruebas post hoc de Tukey^{ab} al 5%; donde ^b representan las medias más altas.

Días a la brotación (Dbr)

La variable días a la brotación señaló que en las plantas de la variedad *H. megalanthus* los brotes emergieron en menor tiempo, en el T1 y T3 la brotación fue a los 24 días y en el T2 a los 41 días. En la variedad *H. undatus* tardaron más tiempo en emerger, T1 con 41 días y T2, T3 ambos tratamientos con 61 días respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Días a la brotación por cada tratamiento y variedad

Variedad	Tratamientos	Dbr
<i>H. megalanthus</i>	T1	24
	T2	41
	T3	24
<i>H. undatus</i>	T1	41
	T2	61
	T3	61

Número de brotes (Nbr)

El análisis de varianza evidencia que para el número de brotes no existen diferencias estadísticamente significativas entre variedades ($p < 0,05$) (Tabla 2), sin embargo, T3 y T1 de la variedad *H. megalanthus* obtuvieron las medias más altas con 1,55 y 1,50 brotes respectivamente en comparación con el T2 que fue el más bajo (Figura 5). Si existieron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (Tabla 2), en donde T3 y T2 de la variedad *H. undatus* obtienen las mayores medias con 2,3 y 1,6 brotes en comparación con T1 que emitió una media de 1,2 brotes (Figura 5).

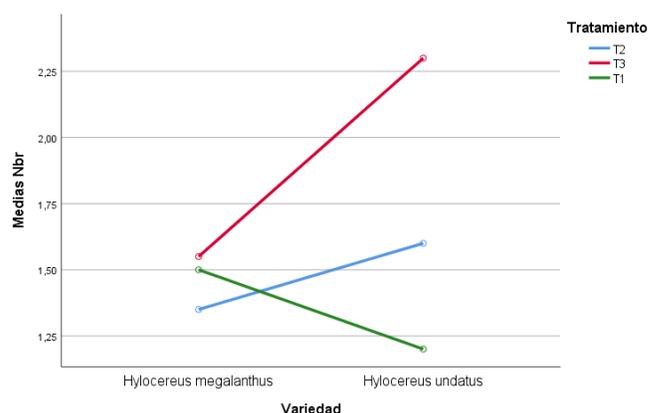


Figura 5. Medias del número de brotes de variedades en función de los tratamientos

Longitud de tallos secundarios (LTS)

Autores como Garbanzo León *et al.*, (2019) plantean que los tallos de pitahaya no tienen un tamaño específico, ya que pueden ser de distinto tamaño y grosor, clasificados en 4 categorías: a) primarios, es la semilla asexual que se utiliza para plantar; b) secundarios, son los brotes que emergen de los tallos primarios; c) terciarios, que nacen

de los tallos secundarios y hacen una bifurcación cuando llegan a la parte superior del tutor; d) cuaternarios, que brotan de los tallos terciarios. El análisis de varianza para la variable longitud de tallos secundarios (Tabla 2) nos indica que si existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) tanto entre variedades como entre tratamientos, se observó (Figura 6) que el T2 y T3 de la variedad *H. megalanthus* obtuvo mejores resultados con una media estimada de 89,515 cm y 88,475 cm respectivamente en comparación con el T1 que fue de 73,315 cm; a diferencia de la variedad *H. undatus* los tratamientos de mejores respuestas fueron T3 y T2 con una media de 72,275 cm y 59,221 cm en comparación al T1 que contó con 49,881 cm (Figura 6).

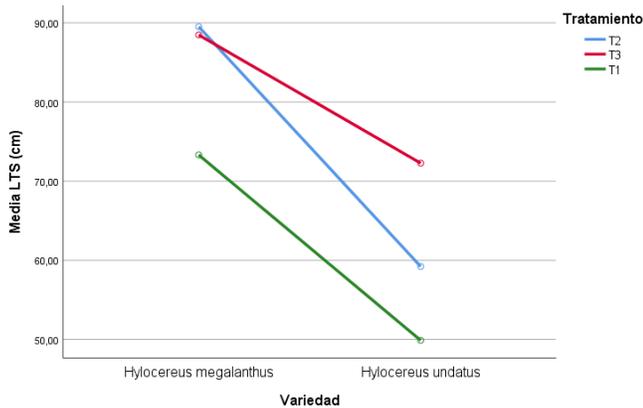


Figura 6. Medias de longitud de tallos secundarios de variedades en función de los tratamientos

Diámetro de tallos secundarios (DTS)

El análisis de varianza del diámetro de tallos secundarios mostró que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$), sin embargo, si lo hay entre variedades (Tabla 2); también nos indica que el T2 de la variedad *H. undatus* tuvo una mejor media estimada con 64,50 mm y el T1 de la variedad *H. megalanthus* fue el de menor media estimada con 27,90 mm (Figura 7).

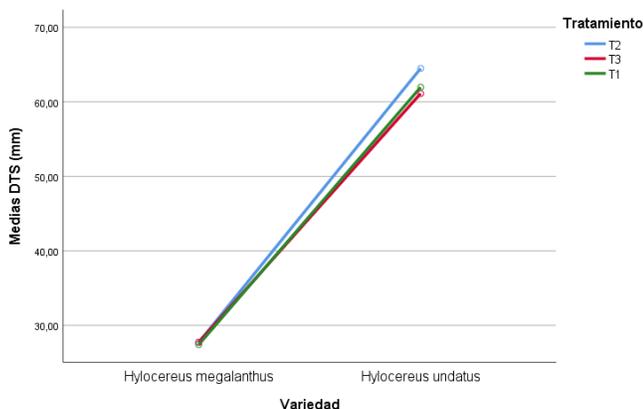


Figura 7. Medias de diámetro de tallos secundarios de variedades en función de los tratamientos

Peso de raíces vivas (PRV)

Según el análisis de varianza (Tabla 2) en el peso de raíces vivas se observó que no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) en cuanto a la aplicación de tratamientos, pero si existe influencia significativa entre variedades. El T2 y T3 de la variedad *H. undatus* (Figura 5) alcanzó una media de 33,667 g y 31,667 g respectivamente, siendo estas las de mayor peso en comparación con el T1. En cambio, en la variedad *H. megalanthus* el de menor peso fue el T2 con una media de 7 g y el de mayor peso el T1 con 17 g. (Figura 8)

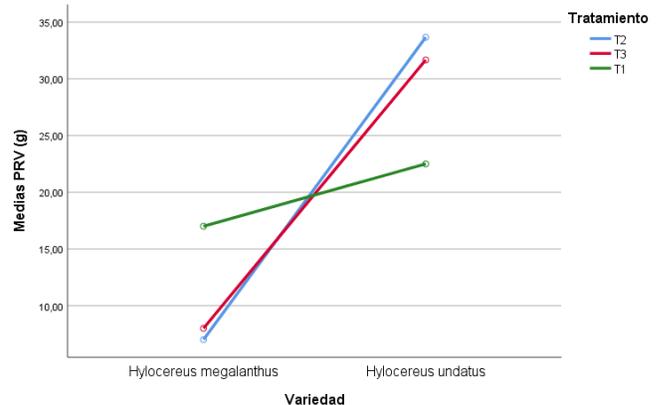


Figura 8. Medias de peso de raíces vivas de variedades en función de los tratamientos

Población de nemátodos en raíces (PNR)

Los resultados obtenidos en laboratorio muestran que en la variedad *H. megalanthus* existen dos géneros de nemátodos en raíces: *Meloidogyne* que superan los 22000 individuos x 100 g de raíces en los tres tratamientos y se evidenció un máximo de 40000 individuos en el T3. Del género *Trichodorus* no existen en el T1, si existen 2000 individuos x 100 g de raíces en T2 y T3 (Figura 9). Estos datos difieren con los encontrados por Guzmán et al., (2012) en pitahaya amarilla, ya que las poblaciones del género *Meloidogyne* fueron bajas con 2642 y 2506 nemátodos x 100 g de raíces respectivamente.

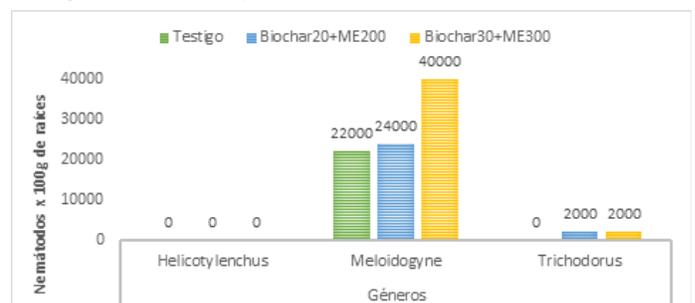


Figura 9. Población de nemátodos x 100 g de raíces en *H. megalanthus* En la variedad *H. undatus* existen 3 géneros de nemátodos en raíces: 2000 individuos del género *Helicotylenchus* en el T1 y no hay evidencias en los otros tratamientos. Del género *Meloidogyne* se encuentran 2000 y 4000 individuos x 100 g de raíces en los tratamientos T2 y T3

respectivamente y ninguno en T1. No hay evidencias del género *Trichodorus* en ningún tratamiento y del género

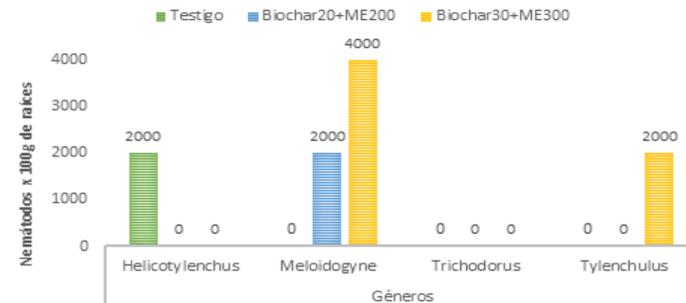


Figura 10. Poblaciones de nemátodos x 100 g de raíces en *H. undatus*

CONCLUSIONES

La aplicación de Biochar con microorganismos eficientes en las dosis de T2 y T3 si incidió favorablemente en la variedad *H. undatus* en cuanto al desarrollo de raíces, ya que la población y género de nemátodos existentes en ellas no perjudica significativamente y éstas pueden tener buena absorción de nutrientes para la aparición de brotes, posterior crecimiento, mayor longitud y diámetro de sus tallos secundarios, por consiguiente, tendrá un mejor desarrollo vegetativo.

La variedad *H. megalanthus* las aplicaciones de Biochar con microorganismos eficientes no tuvieron eficacia, en la mayoría de variables evaluadas se evidencia poca respuesta en el desarrollo vegetativo, a excepción de la longitud de tallos secundarios que se demostró que las dosis de T2 y T3 si fueron benéficas si las comparamos con T1, incluso estos tallos fueron de mayor longitud que los de la variedad *H. undatus*. Los nemátodos existentes en las raíces de *H. megalanthus* supera el umbral de poblaciones, por lo tanto, se nota que la morfología de sus tallos es de crecimiento angosto, bajo número de brotes y lento desarrollo; esto también explica que esta variedad al no tener las condiciones climáticas adecuadas, ya que se adapta mejor a climas de la Amazonía ecuatoriana, está más susceptible a la aparición de plagas y por ende problemas en su desarrollo vegetativo.

Los días que aparecieron los brotes, en la variedad *H. megalanthus* si emergieron en menor tiempo en comparación con la *H. undatus*.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agrocalidad. (2022). *Boletín Informativo Pitahaya*. <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2022/02/PitahayaEC.pdf>

Alvarez Quispe, M. M. (2017). *Efecto de los microorganismos eficaces y frecuencias de aplicación, en el rendimiento del cultivo de la Vid (Vitis vinifera L.) cv. [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohman]*. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/1874>

Cornelissen, G., Jubaedah, Nurida, N. L., Hale, S. E., Martinsen, V., Silvani, L., & Mulder, J. (2018). Fading positive effect of biochar on crop yield and soil acidity during five growth seasons in an Indonesian Ultisol. *Science of The Total Environment*, 634, 561–568. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.380>

De Oliveira, M. M. T., Shushua, L., Kumbha, D. S., Zurgil, U., Raveh, E., & Tel-Zur, N. (2020). Performance of *Hylocereus* (Cactaceae) species and interspecific hybrids under high-temperature stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 153, 30–39. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.04.044>

De Oliveira Miranda, N., Santos Pimenta, A., Costa Da Silva, G. G., Mota Oliveira, E. M., & Barbosa De Carvalho, M. A. (2017). Biochar as soil conditioner in the succession of upland rice and cowpea fertilized with nitrogen. *Caatinga*, 30(2), 313–323. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237149966006>

Garbanzo León, G., Chavarría Pérez, G., & Vega Villalobos, E. V. (2019). Correlaciones alométricas en *Hylocereus costaricensis* y *H. monacanthus* (pitahaya): una herramienta para cuantificar el crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 425–436. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.33574>

Guzmán Piedrahíta, Ó. A., Pérez, L., & Patiño, A. (2012). Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* haw.). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 16(2), 149–161. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/boletincientifico/article/view/4553>

MAG. (2022). *Boletín situacional cultivo de pitahaya*. http://sipa.agricultura.gob.ec/boletines/situacionales/2021/boletin_situacional_pitahaya_2021.pdf

Marín Armijos, J., García Batista, R. M., & Barrezueta-Unda, S. (2018). Elaboración de biocarbón obtenido a partir de la cáscara del cacao y raquis del banano. Informe Proyecto de Investigación.

Medina Salazar, J. A. (2016). Documentar las relaciones hídricas y requerimientos nutricionales de la Pitahaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran, durante distintas etapas fenológicas del cultivo en tres localidades del Valle del Cauca [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/57117>

Meza Durán, P. (2019). *Nemátodos fitoparásitos de importancia agrícola enemigos a considerar en el cultivo del ajo*. INIA La Platina. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4983>

- Morillo Coronado, A. C., Tovar León, Y. P., & Morillo Coronado, Y. (2017). Caracterización molecular de la pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) en la provincia de lengupá, boyacá-colombia. *Bioteconología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(1), 11–18. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)11-18](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)11-18)
- Pandey, V., Patel, A., & Patra, D. D. (2016). Biochar ameliorates crop productivity, soil fertility, essential oil yield and aroma profiling in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Ecological Engineering*, 90, 361–366. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.020>
- Perween, T., Mandal, K., & Hasan, M. (2018). Dragon fruit: An exotic super future fruit of India. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(2), 1022–1026. <https://www.researchgate.net/publication/323966688%0D>
- Pradhan, S., Abdelaal, A. H., Mroue, K., Al-Ansari, T., Mackey, H. R., & McKay, G. (2020). Biochar from vegetable wastes: agro-environmental characterization. *Biochar*, 2, 439–453. <https://doi.org/10.1007/s42773-020-00069-9>
- Quevedo Guerrero, J. N., Delgado Pontón, A. M., Tuz Guncay, I. G., & García Batista, R. M. (2019). Evaluación de la aplicación de fertilizante al pseudotallo de plantas cosechadas de banano (*Musa x paradisiaca* L.) Y su efecto en la velocidad de crecimiento del hijo retorno. *Informe Proyecto de Investigación*.
- Vargas Gutiérrez, K. A., & López Montañez, R. N. (2020). *Guía Técnica del cultivo de pitahaya (Hylocereus megalanthus) en la región Amazonas*. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1052>
- Vargas Tierras, Y., Díaz, A., Caicedo, C., Macas, J., Suárez Tapia, A., & Willian, V. (2021). Benefits of Legume Species in an Agroforestry Production System of Yellow Pitahaya in the Ecuadorian Amazon. *Sustainability*, 13(16), 9261. <https://doi.org/10.3390/su13169261>
- Zhu, X., Chen, B., Zhu, L., & Xing, B. (2017). Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: A review. *Environmental Pollution*, 227, 98–115. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.04.032>

LAS PLANTAS COMO SUSTITUTOS NATURALES PARA EL TRATAMIENTO DE AFECCIONES COMUNES EN LOS SERES HUMANOS

THE PLANTS AS NATURAL SUBSTITUTES FOR THE TREATMENT OF COMMON AFFECTIONS IN THE HUMAN BEINGS

Orlando Gualberto Rodríguez del Rey Piña

E-mail: ogrodriguez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6895-4458>

Annette Lourdes Padilla Gómez

E-mail: aes@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7378-0672>

Caridad Josefa Rivero Casanova

E-mail: cjrivero@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7864-4354>

Orestes Raúl Zulueta Torres

E-mail: zuluetaorestes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9194-035X>

Universidad de Cienfuegos "Calos Rafael Rodríguez" Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez del Rey Piña, O. G., Padilla Gómez, A.L., Rivero Casanova, C.J., Zulueta Torres, O. R. (2023). Las plantas como sustitutos naturales para el tratamiento de afecciones comunes en los seres humanos. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 107-116. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo es brindar a la comunidad urbana de nuestros barrios un conocimiento alternativo, para tratar las afecciones comunes con plantas medicinales, en momentos, cuando nuestro país carece de los medicamentos convencionales. Partiendo que, tradicionalmente las plantas presentan principios activos curativos. Para realizar este trabajo, primeramente, se hizo una recopilación de información básica, a través de la documentación en los herbarios de nuestro país, intercambiando información con los agricultores. También se buscó información en libros, revistas y trabajos relacionados. Las plantas a las que hacemos referencias, son bien conocidas por nuestra población, por sus nombres vulgares. Los resultados del trabajo se muestran en forma de tablas, relacionando las afecciones comunes, con las plantas recomendadas como tratamiento para esa afección, así como la parte anatómica de la planta, además se hace referencia a la forma de administración. Los resultados de este trabajo, muestran una alta prevalencia en la población cubana de enfermedades que pueden ser fácilmente tratadas con plantas medicinales. La parte de la planta más utilizada es la hoja, seguido del tallo, y después el fruto. La vía administración más utilizada para el tratamiento es la vía oral. Con este trabajo se pretende, fomentar en la cultura popular las bondades de las plantas, para que se generalice su empleo, sirviendo como guía práctica en farmacias y dispensarios.

Palabras clave:

Comunidad urbana, medicamentos convencionales, principios activos curativos, afecciones comunes.

ABSTRACT

The general objective of the present work is to drink a toast to the urban community of our wards an alternative knowledge, to treat the common affections with medicinal plants, in moments, when our country lack of the conventional medicines. By dividing that, traditionally the plants present active curative principles. To carry out this work, first, makes a compendium of basic information, through the documentation in the herbalists of our country, by interchanging information with the agriculturists. Also searched for information in books, reviews and related works. The plants to those who do references, are well known for our population, for your vulgar names. The results of the work show in form of tables, by relating the common affections, with the recommended plants as treatment for that affection, as well as the anatomic part of the plant, moreover refer to the form of administration. The results of this work, show a high prevalence in the Cuban population of illnesses that can be easily dealt with plant medicinal. The part of the plant more used is the leaf, followed of the holy thistle, and after the fruit. The more used administration path for the treatment is the oral path. With this work tries to get, foment in the popular culture the kindnesses of the plants, in order that generalizes your employment, by serving as practical guide in pharmacies and dispensaries.

Keywords:

Urban community, conventional medicines, active curative principles, common affections.

INTRODUCCIÓN

En Biología, se denomina plantas a los seres vivos fotosintéticos, aerobios, sin capacidad locomotora y cuyas paredes celulares se componen principalmente de celulosa. Taxonómicamente están agrupadas en el Reino Plantae y como tal constituyen un grupo monofilético eucariota conformado por las plantas terrestres y las algas que se relacionan con ellas. (¡Holman, et al., 1961; Helena, et al., 2008)

Las plantas obtienen la energía de la luz del Sol, que captan a través de la clorofila, presente en sus cloroplastos, y con ella realizan la fotosíntesis, en la que convierten sustancias inorgánicas simples (CO₂) en materia orgánica complejas (azúcares). Como resultado de la fotosíntesis desechan oxígeno, que será posteriormente utilizado por los animales, incluyendo al ser humano. También las plantas, exploran el medio ambiente que las rodea (normalmente a través de raíces), para absorber otros nutrientes esenciales, utilizados para construir, a partir de los productos de la fotosíntesis, otras moléculas que necesitan para subsistir.

Por su parte la práctica de la Fitoterapia es casi tan antigua como el hombre. La Fitoterapia es la medicina más antigua y probada del mundo. De forma obligada los individuos y sociedades prehistóricas mantenían un fuerte contacto con la naturaleza la cual, al principio, de una forma accidental repercutía en el hombre, ya fuera por la ingesta de plantas tóxicas o venenosas, y picaduras de insecto, etc.

Estas situaciones pasaban a formar parte de la experiencia de las comunidades antiguas que se hacían eco de qué les dañaba, pero también y del mismo modo de una forma accidental, en el más de los casos azarosa, comprendían que la naturaleza era fuente de sustancias con propiedades curativas. Al principio la metodología empírica era la única guía sustentada por una base mística y religiosa en cuanto al uso de drogas vegetales; por tanto las más de las veces no se apreciaban resultados, siendo la experiencia a lo largo de los siglos la que seleccionaría aquéllas drogas útiles para el hombre.

Restos arqueológicos en Irak revelan la presencia de granos de polen de plantas aún en uso hoy día en medicina oriental con una antigüedad de unos 60.000 años; indicativo todo ello de que Homo neanderthalensis, podría haber tenido unas nociones básicas del uso de plantas. Los primeros usos curativos de las plantas se remontan a unos 10.000 años en la India, mientras que los más antiguos documentos que lo testimonian pertenecen al

imperio sumerio (3000 a. C.). Y a China; entre todos se destaca el Herbolario de Shên Nung (2700 a. C.)

El principio activo de una planta, históricamente, se ha entendido como sustancia medicinal, independiente de su origen o elaboración, a cualquier producto consumible al que se le atribuyen efectos beneficiosos en el ser humano. Estas sustancias medicinales, tal como los medicamentos actuales, estaban constituidos por uno o varios fármacos, que se denominan principio activo o sustancia activa de dichas sustancias, para diferenciarlos de los elementos no medicinales que las componen. En el papiro Ebers, el año 1.500 a.C., encontramos una referencia del extenso uso de sustancias para uso medicinal en el antiguo Egipto. En el siglo I de nuestra era, Dioscórides escribió De Materia Médica, un tratado con más de 700 sustancias usadas médicamente. Hoy en día, los fármacos se expenden en forma de medicamentos, los cuales contienen uno o más principios activos, diferenciándose de excipientes y de solventes empleados en su fabricación. Los laboratorios farmacéuticos utilizan nombres comerciales, ya que el principio activo tiene una denominación que es de dominio público. (Granda, 2004)

El ingrediente farmacéutico activo puede ser desconocido o podrán existir cofactores, a fin de lograr los objetivos terapéuticos. Una manera como los fabricantes lo han tratado de indicar es la normalización de un marcador compuesto. Sin embargo, la normalización no se ha estandarizado aún: las diferentes empresas utilizan diferentes marcadores, o diferentes niveles de los marcadores de la misma, o diferentes métodos de ensayo para los compuestos marcador. Por ejemplo, la Hierba de San Juan es a menudo normalizada a la hipericina, que ahora se sabe que no es el “ingrediente activo” para el uso de antidepresivos. Otras empresas lo normalizan a hyperforin o a ambos, aunque puede haber unos 24 activos conocidos posibles. Muchos herbolarios creen que el ingrediente activo en una planta es la planta en sí.

En Cuba los antecedentes históricos del empleo de las plantas medicinales, se remontan a la segunda mitad del siglo XIX, con los trabajos iniciales de Juan Tomás Roig, que fue un botánico cubano muy reconocido, que estudió y clasificó decenas de plantas medicinales. En este sentido, se esforzó por la aclimatación de muchas de ellas y desarrolló trabajos con vistas a la industrialización de sus productos, con el fin de crear una verdadera industria química –farmacéutica, iniciando primeramente sus estudios con la manzanilla y la albahaca morada (Roig, 2012).

La situación actual en Cuba referente a la producción, comercialización y empleo de las plantas medicinales, es la siguiente. Aunque, verdaderamente se ha avanzado

mucho en la producción nacional, con nuevas variedades de plantas, y formas de presentación, aún persiste desconocimiento acerca de su valor médico para combatir diferentes enfermedades, a lo que se adiciona poca orientación médica y educación ambiental y para la salud, que repercute notoriamente en la sensibilidad y apego en la población en general, para adoptar esta nueva forma de terapia, que es la Fitoterapia o Medicina Natural (Cruz, et al., 2017).

Esta es una obra preliminar, no acabada, destinada a mostrar los procedimientos básicos para utilizar las partes fundamentales de las plantas y sus principios activos como terapia natural en afecciones comunes. Ya que estamos en la era de la producción de los medicamentos naturales y alimentos orgánicos, a partir de las plantas, destinados a desintoxicar el cuerpo y aliviar nuevas dolencias. Y para darle continuidad a este tema, que resulta de marcado interés actual, dada las necesidades carenciales de materias primas para elaborar los medicamentos convencionales, abordaremos los siguientes objetivos, relacionar las afecciones del ser humano con las plantas que se emplean para tratarlas, también describir las partes utilizables de las plantas y relacionar las vías de administración más comunes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trata de un estudio cualitativo, de naturaleza descriptiva, estructurado por medio de una revisión narrativa de la literatura correspondiente al tema. Se comenzó a realizar, a partir del año 2019, cuando se arreciaron seriamente las condiciones económicas de Cuba, a raíz del impacto de la Pandemia Covid-19, que imposibilitó poder adquirir los insumos y materias primas necesarios para elaborar los medicamentos convencionales. En un primer momento se hizo una revisión detallada, de las plantas que, de antemano eran utilizadas y conocidas por la población cubana con fines terapéuticos en afecciones comunes.

Ya entonces conocida la problemática a solucionar, nos planteamos realizar un trabajo de investigación con el objetivo de generalizar la información sobre el empleo de las plantas medicinales, como paliativo de poder atender o remediar las principales enfermedades crónicas y transmisibles que están incidiendo en la problemática de salud de la población cubana. Para ello se visitaron varios lugares con este propósito, por ejemplo, se estableció contacto con los jardines botánicos, granjas agrícolas, organopónicos, fincas y parcelas. También mediante comunicación personal con campesinos conoceros del tema, que aportaron siempre una información empírica muy valiosa.

Igualmente se revisó la literatura científica más actualizada sobre el tema, buscado siempre la concordancia necesaria para argumentar los criterios de inclusión de las plantas como sustituto de los medicamentos convencionales. Para ello también fueron entrevistados algunos médicos, relacionados con la atención primaria de salud, así como al personal calificado de farmacias y dispensarios, donde usualmente se producen algunos de estos medicamentos naturales.

Los resultados obtenidos fueron cuidadosamente ordenados en una tabla descriptiva, facialmente leíble, utilizando los programas básicos Microsoft Word y Microsoft Excel, con letra Arial 12. Relacionando las afecciones más comunes, con uno o varios tipos de plantas, que aparecen descritas, de acuerdo a sus nombres vulgares, siendo posible de encontrar o diferenciar por la población en nuestros campos y regiones limítrofes a la ciudad (Epígrafe III.1. tabla.1). También se relaciona la parte utilizable de la planta, la dosificación y la vía de aplicación o administración más eficaz.

Entre estas afecciones comunes, mayormente citadas, y con alternativa de poder curadas con las plantas medicinales, aparecen las infecciosas, que son aquellas, que se transmiten por contacto directo, por vía fecal-oral, vía respiratoria, y por vectores. También se encuentran las enfermedades de tipo alérgicas o ambientales, y las enfermedades crónicas, como la diabetes, hipertensión, y afecciones cardiovasculares. Igualmente son relacionadas un grupo de afecciones que tienen que ver con el mejoramiento de la apariencia física del cuerpo humano, para el rescate de su belleza, y que pudieran ser mejoradas con el empleo de las plantas medicinales.

Ya, por último, se relacionan las formas de preparación de las plantas (Epígrafe III.2), que contienen los principios activos, y que son citadas en la tabla resumen (tabla .1). Mostrando cuanta variedad existen, de incorporar los valores medicinales de las plantas, potencialmente útiles para combatir diferentes afecciones. Se hace mención además a las partes curativas o anatómicas de las plantas, y que son recomendadas como alternativa terapéutica (Epígrafe III.3), indicando, que los principios activos se encuentran distribuidos generalmente en todas partes del vegetal.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Epígrafe III.

Tabla .1. Cuadro resumen: Afección – Sustituto natural en patologías más comunes con el uso de la Fitoterapia y la Herbología

AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Para combatir la Giardiasis.	<i>Verbena cimarrona, Sábila, Limón, Propóleos.</i>	<i>Hojas, Tallos, Jugo, Tintura.</i>	<i>Oral</i>
Eliminan los Cálculo renales.	<i>Planta de nitro, Semilla de limón criollo, Corteza de coco, Melón, Té de riñón, Huevito escondido o chanca piedra.</i>	<i>Semillas, Tallo, Hojas, Frutos.</i>	<i>1/2 vaso 3 v/día</i>
Producen alivio de los Riñones.	<i>Palo de Brasil, Brazalete, Mastuerzo, Huevito escondido o Chanca piedra, Caña mexicana, Raíz de chichicate, Guanina.</i>	<i>Tallos, ramas, y hojas.</i>	<i>Oral 1/2 vaso 3 v/día</i>
Reducen la Inflamación de la próstata.	<i>Chaya, Caisimón de anís, Higuetera, Maravilla, Palo del Brasil, Hojas secas de hortensia.</i>	<i>Hojas, Semillas.</i>	<i>Oral</i>
Combate la Psoriasis.	<i>Zarzaparrilla</i>	<i>Cocimiento de hojas</i>	<i>Oral</i>
Disminuye la Dispepsia o gases.	<i>Manzanilla, Apio, Zanahoria, Anís, Albahaca blanca, Fruta bomba.</i>	Infusión de: <i>Ramas, Jugo, Fruto.</i>	<i>Oral</i>
Controlan la Obesidad.	<i>Limón+ Pepino+ Rábano+ Apio+ agua (1L).</i>	<i>Batirlo todo</i>	<i>Tomarlo en ayunas 1/2 vaso 3 v/día</i>
Disminuyen la tensión arterial (la hipertensión).	<i>Fruta bomba, Caña santa, Albahaca morada, Tilo.</i>	<i>Hojas</i>	<i>Consumir el fruto o sus jugos.</i>
Aumenta la tensión arterial. (hipotensión)	<i>Cítricos, Café.</i>	<i>Corteza y jugos.</i>	<i>Oral</i>
Mejora el Asma y tos.	<i>Cordobán, Sábila, Yagruma, Orégano, Caña santa, Copal.</i>	<i>Mezclar todo</i>	<i>Tomarlo en ayuna 1/2 vaso 3 v/día</i>
Combate la Cirrosis hepática.	<i>Anamú, Sábila, Diente de león, Cúrcuma.</i>	<i>Hojas y Tallos</i>	<i>Oral 1/2 vaso 3 v/día</i>
Elimina las manchas en la piel.	<i>Guisaso de caballo, Vinagre, Limón.</i>	<i>Ramas</i>	<i>Oral</i>
Tienen efectos Diurético.	<i>Zanahoria, Tamarindo, Flor de Jamaica, Mastuerzo, Palo de brasil.</i>	<i>Raíz, Flor.</i>	<i>Oral 1/2 vaso 3 v/día</i>
Combate las Diarreas.	<i>Rompezaraguey, albahaca de sabana, anís estrellado. Mezclar: vinagre, sal, azúcar y limón.</i>	<i>Hojas y semillas</i>	<i>Oral</i>
Para combatir la Hepatitis simple tipo A.	<i>Doradilla, Sábila, Cardo lechero.</i>	<i>Hojas y Tallos</i>	<i>Oral</i>
Para combatir la Cistitis.	<i>Cundiamor, Raíz ceca de hortensia, Zarzaparrilla.</i>	<i>Ramas</i>	<i>Oral</i>
Para combatir la Hemorroides.	<i>Almendro, Yamagua.</i>	<i>Hojas, Tallos, Corteza.</i>	<i>Baños de asiento.</i>
Producen Sedación.	<i>Eucalipto, Aloe, Copal, limón, Pasiflora, Tilo.</i>	<i>Zumo, Jarabe de hojas y tallos</i>	<i>Oral 1/2 vaso 3 v/día</i>
Combate la Colitis.	<i>Cundiamor, Menta, Mangle rojo, Guayaba.</i>	<i>Hojas</i>	<i>Oral 1 /2 vaso 3 v/día</i>
Combate los Hongos en pies.	<i>Mangle rojo, Pino macho, Fenol y Alcanfor.</i>	<i>Corteza</i>	<i>Pies</i>

AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Recomendado para disminuir el colesterol.	Salvia, Berenjena, Cúrcuma.	Hojas y Frutos	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Alivia la Faringitis.	<i>Eucalipto, Salvia, Jugo de piña, Hierba buena, Naranja dulce, llantén, Orégano, Toronjil de menta, Salvia +Romerillo.</i>	Hojas y Frutos	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Reduce la Inflamación pélvica.	Árbol de Brasil	Tallo	Oral
Para controlar la extensión del Cáncer.	Coco, Naranja, Trigo, Avena, Maíz, Soya, Nueces, Uvas.	Fruta, Raíz y Repollo	Oral
Disminuyen Estreches.	Semilla de maravilla.	Semillas	Oral
Combate las malas digestiones.	Cardo santo, Manzanilla, Yerba buena, Caña santa, Menta.	Hojas y Flores	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Estimulante en general.	PV- 2, Anamú, Jengibre.	Tabletas(PV-2)	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Mejora la sintomatología de la Hernia hiatal.	Mejorana, Caña santa.	Hojas	Oral
Disminuye el sangramiento Espontáneo (piorrea).	Berro, Aguacate, Yerba mora, Manzanilla.	Hojas y Tallos	Oral
Útil contra la afección por E. coli.	Guanina, Caña mexicana.	Hojas y Tallos	Oral
Utilizados contra el insomnio.	Miel de abejas, Pasiflora, Jengibre, Tilo, Valeriana.	Miel y Hojas	oral
Para tratar la Amigdalitis.	Salvia, Miel de abejas, Limón, Hierba buena, Naranja dulce, llantén, Orégano, Toronjil de menta.	Miel y Hojas, Jugos	Oral
Para aliviar la Úlcera estomacal.	Romerillo, Mangle rojo, Sábila.	Hojas	Oral
Disminuye la Esteatosis hepática.	Sábila, Berenjena, Cúrcuma.	Tallos y Fruto	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Combate los Fibromas uterinos.	Anamú.	Tallos	Oral
Mejora los síntomas de la Diabetes.	Chaya, Cáscara de plátano, Albahaca morada, Toronja, Romerillo, Malamo, Cúrcuma, Stevia.	Hojas	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Disminuye el salto en el Estómago.	Clavo de canela, Albahaca cimarrona, Menta japonesa, Caña santa, Manzanilla, Diente de león.	Hojas	Oral
Mejora la Gastroduodenitis.	Canutillo, Hierba de sapo.	Ramas	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Produce alivio de los riñones.	Guisaso de caballo, Raíz de chichicate, Palo de Brasil, Canutillo, Piña, Te de riñón.	Ramas, Tallo y Corteza.	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Evita el Estreñimiento.	Tamarindo.	Fruto	Oral 1/2 vaso 3 v/día

AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Combate la Gingivitis o aftas bucales.	<i>Tintura de romerillo, Hierba buena, llantén, Guayaba.</i>	<i>Flores</i>	<i>Oral 1/2 vaso 3 v/día, buches</i>
Combate la Ulcera varicosa.	<i>Granadas verde.</i>	<i>Fruto</i>	<i>Oral</i>
Mejora los síntomas de la Tos.	<i>Baria, Naranja dulce, Orégano, Tilo, Toronjil de menta, Colonia, Pasiflora, Copal, La equinacea, también mezclar la sabia de pseudotallo, miel y propóleos.</i>	<i>Hojas y Tallos</i>	<i>Oral</i>
Evita la Gota (estado urémico).	Mezclar: <i>(Miel, Ajo, Alcohol y Agua), También la Lima, Caléndula, Naranja agria.</i>	<i>Mezclar todo y dejar en reposo por 7 días</i>	<i>Oral en forma de Cucharadas o Jugos naturales</i>
Cura la Caspa del cuero cabelludo.	<i>Naranja dulce.</i>	<i>Cáscara</i>	<i>Cuero cabelludo</i>
Combate la Amebiasis.	<i>Ají pimiento, Además (la leche de coco, mezclada con el jugo de Piña). También durante 11 días desayunar Piña rayada. Puede utilizarse también la semilla de fruta bomba con jugo de naranja o mandarina en ayunas.</i>	<i>Ají: el fruto</i>	<i>Cocimiento: Tomar una tasa 3 v/día</i>
Induce estímulo sexual.	<i>La miel de abejas, Aguacate, Jengibre, Cacao.</i>	<i>Mezclar</i>	<i>Tomar antes de la comidas, 1/2 vaso</i>
Utilizado para controlar las Intoxicaciones.	<i>Limón, Mandarina.</i>	<i>Jugo</i>	<i>Como agua común</i>
Mejora la Osteoporosis.	<i>Mamey, Remolacha.</i>	<i>Fruto</i>	<i>Fruta o su jugo</i>
Aumenta el calcio (Calcificación) de dientes y uñas.	<i>Mamey</i>	<i>Fruto</i>	<i>Fruto o su jugo</i>
Mejora la función de la Vejiga.	<i>Mamoncillo</i>	<i>Fruto</i>	<i>Jugo</i>
Reduce la Cardiopatía.	<i>Mango</i>	<i>Fruto</i>	<i>Jugo y fruto</i>
Mejora la Memoria.	<i>Marañón</i>	<i>Fruto</i>	<i>Fruto o jugo</i>
Es Fuente de vida.	<i>Naranja ácida</i>	<i>Fruto</i>	<i>Jugo</i>
Rompe los cálculos de la vesícula y renales.	<i>Níspero, Pepino, Te de riñón, Huevito escondido.</i>	<i>Frutos</i>	<i>Frutos y Jugos 1/2 vaso 3 v/día</i>
Para combatir el acné.	<i>1. Mezclar: (10 gramos de pulpa de Fruta bomba, más 10 gramos de pulpa de mango). 2. También el jugo de Limón.</i>	<i>Mezclar</i>	<i>Tópico facial</i>
Para combatir las Arrugas.	<i>Mezclar: (50 gramos de pulpa de Aguacate + 50 gramos de Zanahoria).</i>	<i>Mezclar</i>	<i>Tópico facial</i>
Para la depuración de la piel y suavizante.	<i>Aceite de Maní, Sábila, Añil cimarrón.</i>	<i>Aceite</i>	<i>Tópico facial y piel en general</i>
Elimina las pecas.	<i>Jugo de Fruta bomba madura.</i>	<i>Jugo</i>	<i>Piel</i>

AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Para el tratamiento del cabello.	1. Mezclar: (Mamey, Agua y miel).	Mezclar	Cabello
Evita la caída del cabello.	2. Mezclar: (Guayaba, Pepino, Zanahoria, Sábila, Miel).	Mezclar	Cabello
Disminuye la Acidez estomacal.	Zanahoria cruda.	Fruto	Masticar
Disminuye la acidez intestinal.	Cáscara de Fruta bomba madura.	Infusión	Oral
Utilizado en afecciones de la boca y encías.	Mascar hojas frescas de Aguacate, Hierba buena, llantén, Romero.	Hojas	Oral, buches
Para controlar el Asma.	1. Tomar una tasa diaria de jugo de hijos de plátano con miel. 2. Además, la leche de coco. 3. También la guanábana, orégano, caña santa y Copal.	Hojas	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Para combatir la Bronquitis.	Piña, Naranja dulce, Limón, Orégano, Tilo, Toronjil de menta, Eucalipto, Colonia, Pasiflora, Copal.	Fruta	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Mejora los síntomas de Calambres.	Plátano maduro, Caléndula, Naranja dulce, Naranja agria, Jengibre, Caléndula, Muralla (tópico).	Fruto	Oral
Combate la Cistitis.	Toma jugo de Piña verde	Fruta	Oral
Utilizado para bajar el colesterol.	Toronja, Berenjena, Cúrcuma.	Fruto	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Para la desinflamación del Colon.	Masticar 6 semillas de Fruta bomba madura, al levantarse y al acostarse por 20 días.	Semillas	Oral
Mejora el estado del corazón.	Guayaba, Almendra.	Frutos	Oral
Utilizado contra la depresión.	Plátano, Pasiflora, Tilo.	Fruto	Oral
Descontamina el organismo.	Mandarina	Fruto	Oral
Recomendado para combatir los síntomas de la diabetes y obesidad.	Melón, Romerillo, Stevia.	Fruto	Oral 1/2 vaso 3 v/día
Utilizado como Analgésicos.	Ajo, Muralla.	Fruto	Local u Oral
Para combatir las Úlceras cutáneas.	Sábila, Bija.	Hojas	Local
Tiene efectos como Pediculicida.	Añil cimarrón, Árbol del Nim, Corteza del plátano.	Hojas y Tallos	Local-tópico
Para combatir la Anemia.	Cañandongu.	Frutos y vainas	Oral
Para curar la Dermatitis.	Salvia, Mangle rojo.	Hojas	Local
Para mejorar la Circulación.	Caléndula, Árnica, Naranja agria, Muralla, Naranja dulce.	Frutos, Hojas	Oral

AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Plantas que aportan ácidos grasos insaturados. Combatén la hipercolesterolemia y enfermedades coronarias.	Contienen omega 3, 6, 9 (83 %), Sacha Inchi (planta hermafrodita, también llamada maní del Inca, de la amazonia peruana).	Frutos	Oral
Para combatir las Úlceras y váricas.	Hamamelis.	Hojas	Local
Para bajar la creatinina (< 113 µmol/L).	Urtiga, Manzanilla, Te de cola de caballo, Perejil, Te de diente de león, Te de canela, Ginseng, Salvia.	Hojas, Ramas, Flores	Oral
Para disminuir las estrías en la piel.	Mezclar: media taza de aceite de oliva, media taza de gel de Aloe vera, 6 cápsulas de Vitamina, 4 cápsulas de Vitamina A.	Fórmula dérmica: Loción	Local
Para potenciar la actividad reproductora masculina.	Mezclar: Vitamina E, Selenio, Zinc, Vitamina C	Fórmula: cóctel	Oral
Utilizados como repelente contra los mosquitos y otros insectos.	Añil cimarrón, Árbol del Nim, Albahaca blanca, Citronela, Inciensos, etc.	Ramas, hojas, y tallos	Uso tópico-Ambiental
Plantas proteicas para alimento animal.	Moringa oleífera Lam, Morera, Tithonia, Cratylia argéntea.	Toda la planta	Preparación de piensos criollos
Utilizada para curar las quemaduras cutáneas.	Bija.	Semillas	Uso tópico
Utilizada como anestésico local.	Romero.	Hojas	Local
Utilizada como edulcorante para diabéticos.	Stevia.	Hojas	Oral
Utilizada como hipoglucemiante.	Malamo.		Oral
AFECCIÓN	SUSTITUTO NATURAL	PARTE UTILIZABLE	VÍAS DE ADMINISTRACIÓN
Para combatir los Herpes.	Guacamaya.	Frutos	Local
Para mejorar las anomalías de la Próstata.	Raíz seca de Hortensia.	Raíz	Infusión
Tienen efectos como antimicrobiano oral.	Limón, Sábila, Manzanilla, Miel de abejas, Romerillo.	Zumo	Beber su jugo
Para destruir las Piedras en los riñones.	Cola de caballo, Chanca pieara, Perejil, Huevito escondido o Chaca niada	Ramas	Agua común 1/2 vaso 3 v/día
Tiene efecto Antinflamatorio.	Ají guagüao, Jengibre, Caisimón de anís.	Zumo	Local 1/2 vaso 3 v/día
Para combatir las Hemorroides.	Ajo, Hamamelis virginiana.	Zumo	Local
Es relajante muscular.	Belladona, Muralla, Caléndula, Naranja dulce v. acida.	Zumo	Local
Para provocar la menstruación.	Marilope.	Infusión	Oral
Para combatir la Psoriasis.	Árbol de Nim.	loción	local
Par controlar los síntomas del Parkinson.	Agárico (un tipo de hongo).	Todo el hongo	Oral
Para mejorar el dolor de muelas y encías.	Árnica.	Hojas	Gargarismos
Para mejorar la tos y el resfriado.	Cebolla.	Hojas	Oral
Para eliminar las lombrices intestinales.	Artemisa, Granada.	Ramas	Oral
Para curar la Garganta y la tos seca.	Belladona.	Zumo	Gargarismos
Para mejorar el Dolor de cabeza.	Cannabis (Marihuana).	Hojas	Oral
Para provocar el insomnio.	Café.	Néctar	Oral
Para evitar la conmoción (en el cerebro).	Amapolas.	Flores	Oral
Disminuye el prurito en la piel.	Avenas.	Semillas	Local
Utilizada como Antiséptica y antiinflamatoria.	Caléndula.	Hojas	Oral y Local
Para hacer funcionar bien el sistema digestivo y nervioso.	Té.	Ramas	Oral
Para mejorar el estado mental.	Chocolate.	Fruto	Oral
Para eliminar las cicatrices del cuerpo.	Copaiva.	Hojas, Frutos	Local

Epígrafe. III.2. Formas de preparación de las plantas medicinales: infusiones, cocimientos, macerados, compresas frías, cataplasmas, tinturas, baños, fricciones, gargarismos, inhalaciones, tizana, y lociones.

Epígrafe III.3. Partes curativas de las plantas medicinales: raíces, troncos, hojas, flores, vainas, y semillas.

Este trabajo en particular incorpora una novedad científica, ya que anteriormente se relacionaba el preparado producido en la farmacia o dispensario de medicina verde con una sola patología, ejemplo el jarabe de orégano es anticatarral, mejora las afecciones respiratorias (anexo 1). Sin embargo, el presente trabajo, incorpora una comprensión nueva de la Fitoterapia y Herbología, al hacer mención e instruir a la población, como una afección en específica, puede ser tratada con varias plantas alternativamente, lo cual hace, contar con un conjunto más amplio de opciones terapéuticas para combatir una misma enfermedad (tabla .1).

Por ejemplo, una afección respiratoria, que incluye también al catarro común (ejemplificado en el comentario anterior), pudiera tratarse, empleando varias plantas según convenga, como cordobán, romerillo, yagruma, salvia, eucalipto, majagua, etc. Este abanico de posibilidades, representa una ventaja, toda vez, que hace mayor, el poder aliviar los síntomas tempranamente, al disponer del uso de varias plantas en la fase aguda de la enfermedad.

Con la ejecución de este trabajo, se pudo conocer también, que existen un grupo de enfermedades o afecciones, que están incidiendo actualmente de manera muy significativa en la calidad de vida de la población cubana (Álvarez, 2001). Todas pueden ser tratadas y controladas usando las plantas medicinales. Entre estas afecciones se encuentran las enfermedades transmisibles, como la amebiasis, giardiasis, infecciones en piel, infecciones respiratorias, y las afecciones respiratorias agudas de origen viral (Influenza tipo A o B, y por el SARS -Cov-2). También se encuentran las enfermedades crónicas no transmisibles, que son aquellas relacionadas con el estilo de vida de las personas, por ejemplo, las cardiopatías, la diabetes, afecciones inflamatorias, obesidad, enfermedades renales, y enfermedades carenciales de tipo vitamínicos.

A propósito, encontramos una creciente relación de plantas, que están siendo muy demandadas actualmente por la población local, tanto en las zonas rurales como urbanas, para aliviar o curar las dolencias en la fase aguda de alguna enfermedad específica. Entre las que se destacan: la sábila, manzanilla, tilo, cítricos, berenjena, hierba buena, orégano, romerillo, raíz de chichicate, caléndula, muralla, salvia, anamú, y la guayaba, etc. Estas consideraciones, también son referenciadas por Santos (2011), cuando expresa, que el conocimiento del uso de las plantas medicinales en el cuidado de la salud, sobrepasa las generaciones de familias, y se está incorporando en la cultura popular y en la experiencia empírica de una manera muy particular.

Y aunque los principios activos o fitofármacos de algunas de estas plantas todavía no son bien conocidos, al

encontrarse distribuidos en diferentes partes anatómicas de la planta, como raíces, tallos, flores, frutos, y hojas (epígrafe III.3), siempre aportan un resultado beneficioso y alternativo como sustituto de los medicamentos convencionales, mostrando efectos múltiples sobre varias afecciones a la vez. Estos razonamientos también fueron llevados a cabo Xiaoyin (2020), cuando estudió de forma experimental las propiedades fitoquímicas de la salvia, afirmando que esta planta, en particular, presenta efectos protectores sobre el hígado, corazón, además de servir como antioxidante y antiinflamatoria.

Por ejemplo, estos efectos múltiples, que están asociados al uso de las plantas medicinales, se evidencian muy bien cuando utilizamos la sábila para curar las aftas bucales, donde, estamos también produciendo un cambio de pH en el estómago, aliviando la acidez estomacal y descongestionando el hígado y la vesícula, también se modifican los niveles de colesterol, y mejora la función gastrointestinal en general. Esto indica, que el empleo de las plantas para tratar diferentes tipos de afecciones, conlleva también a una mayor opción terapéutica, con respecto a los medicamentos convencionales, y con más beneficios que efectos adversos. Estos resultados corroboran los estudios publicados por Cruz (2017), cuando relaciona una amplia gama de posibilidades terapéuticas de las plantas existentes en nuestro país, y que son de fácil acceso, citadas en el manual, Formulario Nacional de Fitoterapia.

Otro dato curioso, devenido de este trabajo, es que las plantas, a diferencia de los medicamentos convencionales de tipo químico e industrial, tienen la bondad de poder ser mezcladas y aplicadas en diferentes partes del cuerpo (epígrafe III.2), incrementado su acción terapéutica y potenciando una mayor tolerancia y adherencia. Por ejemplo, las hojas de la guayaba en infusión, pueden ser administradas por vía oral para aliviar los síntomas tempranos de la COVID-19 (resultado ensayado por la población cubana durante la Pandemia Covid-19). También pueden ser aplicadas en forma de baños sobre la piel para tratar las afecciones dermatológicas (dermatitis), y resulta útil para combatir los cuadros diarreicos.

Con relación a las plantas que pueden ser mezcladas, podemos citar, por ejemplo, que es muy común en nuestros hogares realizar preparaciones en forma de cocimientos o infusiones, utilizando varias plantas en un mismo recipiente, este es el caso del cocimiento, que por estos tiempos se ha generalizado para aliviar los síntomas agudos de la Covid-19, y otros estados gripales asociados, a base de manzanilla, hojas de guayaba, anamú, yagruma, salvia, limón, y flor de romerillo. Similares resultados también son descritos por González (2021), cuando explica que las partes de las plantas más utilizadas son las hojas (65,5 %), y la forma de preparación más común es la infusión (70, 5 %), en los tratamientos de enfermedades digestivas, infecciosas, respiratorias y parasitarias.

Y al potencial curativo de las plantas que hemos mencionado anteriormente como sustitutos de las principales afecciones comunes, se le adiciona, que éstas aportan

también otras sustancias valiosas, tales como ácidos orgánicos, sales minerales, vitaminas, sobre todo aquellas que presentan colores característicos por sus pigmentos clorofílicos (mayormente las de color verdes y amarillos), ya que la concentración de Beta caroteno es mayor. También cuando se utilizan de forma oral, aportan minerales en forma iónica y aceites esenciales, que ayudan a depurar la sangre, descongestionan los órganos principales del cuerpo humano, regulan la temperatura, e incorporan agua para el mantenimiento de las funciones homeostáticas.

CONCLUSIONES

Las principales afecciones que muestran una alta prevalencia en la población cubana, son las que afectan el sistema respiratorio, digestivo, y renal. Todas pueden ser tratadas con plantas medicinales. Con la realización de este trabajo, se produce un aporte a la economía del país, y al bienestar de la sociedad, generando nuevos conocimientos científicos. Las plantas mayormente empleadas para combatir una gran variedad de afecciones comunes, son la sábila, manzanilla, y los cítricos, etc. La parte de la planta más utilizada, como preparado medicamentoso natural, es la hoja, seguido del tallo, y después el fruto. La vía de administración más ampliamente utilizada para el tratamiento con plantas medicinales es la vía oral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez, R.S. (2001). *Temas de Medicina General Integral*. Editorial Ciencias Médicas.

Cruz, D. A. (2017). *Formulario Nacional de Fitofármacos y Apifármacos*. Segunda Edición. ECIMED. Editorial Ciencias Médicas.

González, A.F., Zamora, K.J.M. (2021). Utilización de las plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur Manabí, Ecuador. SciElo. <http://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/siembra>.

Granda, M. (2004). Estudios Fenológicos en Plantas Medicinales. *Revista Cubana de Farmacia*. Editorial Salud Pública.

Holman, R.M., Robins, W.W. (1961). *Botánica General*. Editorial. Hispano-Americana. México.

Helena Curtis, N., Sue Barnes, Adriana Schnek. (2008). "Biología de las plantas". En: *Biología*. Séptima edición en español. Editorial médica Panamericana. Sección 7.

Roig, J.T. (2012). *Plantas medicinales, aromáticas, y venenosas de Cuba*. Instituto cubano del libro. Editorial Científico –Técnica. ISBN 978-959-05-0814-01.

Santos A, M.A. (2011). Una contribución a la Fitoterapia popular, para el tratamiento de las infecciones ginecológicas. Centro Universitario Augusto Motta, Rio de Janeiro. Links: <https://Cielo.lsciii.es>

Xiaoyin Wang., Yang Xiao Liu., Xiumei Gao. (2020) Propiedades farmacológicas de los productos naturales de la familia Lamiaceae (salvia). En Scopus. *Revista WWW.sciencedirect.com*. Volumen 87. Página 43-70.

ANEXO I. Indicaciones de los medicamentos de Medicina Natural, para tratar las afecciones comunes en los seres humanos

Tipo de planta	Indicaciones terapéuticas
Ajo jarabe 10 %	Amebiasis, constipación, hipertensión, asma bronquial, y trastornos respiratorios
Aloe jarabe 50 %	Asma bronquial, gingivitis, inflamación, y úlcera péptica
Caléndula extracto fluido	Trastornos circulatorios y hepato-biliares, artritis, y forunculosis
Hierba buena	Aftas bucales, bronquitis, depresión
Manzanilla tintura 20 %	Colitis, diarreas, hemorroides, dermatitis, insomnio
Jarabe de orégano	Anticatarral

Fuente: Fragmento publicitario, del Centro Coordinador Nacional para el estudio y empleo de las plantas medicinales

ACOMPANAMIENTO DEL CENTRO UNIVERSITARIO MUNICIPAL ABREUS AL PROYECTO DE INNOVACION AGROPECUARA LOCAL DURANTE 2019-2021

SUPPORT OF THE ABREUS MUNICIPAL UNIVERSITY CENTER TO THE LOCAL AGRICULTURAL INNOVATION PROJECT DURING 2019-2021

María Rosa Núñez González¹

E-mail: mununez@ucf.edu.cu

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

Erislandy José Becerra Fonseca²

E-mail: eribecerra@ucf.edu.cu

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

¹Centro Universitario Municipal Abreus. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba.

²Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Núñez González, M. R., Becerra Fonseca, E. J. (2023). Acompañamiento del Centro Universitario Municipal Abreus al proyecto de innovación agropecuaria local durante 2019-2021. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 117-123. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados en el acompañamiento del Centro Universitario Municipal Abreus (CUMA) al Proyecto de Innovación de Desarrollo Local (PIAL) entre los años 2019 y 2021; objetivo: analizar las lecciones del Proyecto de Innovación de Desarrollo Local (PIAL) entre los años 2019 y 2021 en la concepción de las prácticas socio-productivas que consolidaron los resultados, a partir del principio del acompañamiento universitario del CUMA. El aporte del trabajo a la transformación de la educación superior cubana para contribuir al desarrollo sostenible a la luz de la Agenda 2030, se reconoce en las sinergias logradas en el vínculo gobierno universidad empresa sociedad con el rol protagónico del Centro Municipal, en pos de promover una la agricultura sostenible, con soberanía y seguridad alimentaria. El nivel de aplicación y generalización de los resultados del trabajo es alto, pues asume los principios del acompañamiento a partir de considerar la gestión del conocimiento eslabón clave. La integración de saberes facilitó el análisis y las valoraciones que indican la significación teórica, metodológica y práctica del trabajo, cuyos resultados avalan la identificación de luces y sombras en un ejercicio crítico y reflexivo, adaptado a la realidad contextual del grupo coordinador del PIAL en el territorio abreusense.

Palabras clave:

Acompañamiento universitario, gestión de conocimientos, innovación, universidad.

ABSTRACT

This paper presents the results in the accompaniment of the Abreus Municipal University Center (CUMA) to the Local Development Innovation Project (PIAL) between 2019 and 2021; Objective: to analyze the lessons of the Local Development Innovation Project (PIAL) between 2019 and 2021 in the conception of socio-productive practices that consolidated the results, based on the principle of CUMA university accompaniment. The contribution of the work to the transformation of Cuban higher education to contribute to sustainable development in light of the 2030 Agenda, is recognized in the synergies achieved in the government university company society link with the leading role of the Municipal Center, in pursuit of promoting unite sustainable agriculture, with sovereignty and food security. The level of application and generalization of the results of the work is high, since it assumes the principles of accompaniment based on considering knowledge management as a key link. The integration of knowledge facilitated the analysis and evaluations that indicate the theoretical, methodological and practical significance of the work, whose results support the identification of lights and shadows in a critical and reflective exercise, adapted to the contextual reality of the PIAL coordinating group in the Abreusense territory.

Keywords:

University accompaniment, knowledge management, innovation, university.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo muestra cómo el Centro Universitario Municipal Abreus (CUMA) articula con las políticas universitarias y responde a los desafíos del desarrollo sostenible, a partir de la fundamentación local. La línea de trabajo asume la contribución de la comunidad universitaria, como institución social, mostrando los aportes concretos del mismo a la transformación de la educación superior cubana para contribuir al desarrollo sostenible a la luz de los objetivos de la Agenda 2030, contextualizados a la experiencia del CUMA, con salida en la concepción teórico, metodológica y práctica del trabajo.

Dichos objetivos proyectan las transformaciones en los de un desarrollo y en ello, el Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), se manifiesta como continuidad lógica del trabajo desarrollado en el marco del Proyecto Fitomejoramiento Participativo, desde el cual se fundamenta una agricultura esencialmente orgánica, que reconoce la transformación en las formas de sentir y actuar respecto a la seguridad alimentaria.

En ese sentido, varios investigadores se unen en una línea de pensamiento teórico que reformuló la estimulación hacia el desarrollo de un sistema de cultivo integrado, con el uso de controles biológicos, biofertilizantes, tracción animal, huertos familiares y la diversificación de cultivos, desde la concepción del PIAL: Núñez & Fernández (2016); Rojas, et al., (2018); Ojeda (2020); sus ideas condujeron a una política que se direccionó a la cooperación entre los campesinos que laboran la tierra y los científicos que facilitaban la información para el trabajo, así se consolidó el desarrollo de la agricultura basada en la diversidad y la agroecología como pilares básicos de desarrollo local sostenible.

Una característica que identifica al PIAL, es la integración con las universidades, logrando una articulación con los Centros Universitarios Municipales (CUM); aspecto que plantean autores como: Núñez (2017); Díaz-Canel & Núñez (2020); quienes aluden a dicha integración como facilitadora en la formación de los profesionales a nivel local, provocando una sinergia entre los procesos sustantivos universitarios del pregrado y el posgrado con las formas productivas y los productores, en función de aprovechar las oportunidades que se generen para demostrar la pertinencia hacia una soberanía y seguridad alimentaria local.

En el contexto cubano actual, el PIAL considera el cumplimiento de los Lineamientos de la Política Económica y Social de Cuba, y en ello, autores como: Núñez & Fernández (2016); Díaz-Canel (2019); expresan que el PIAL respalda la organización de acciones encaminadas a la eficiencia que debe lograr el sector agroalimentario, el cual demuestra en sus resultados el incremento de formas estatales y no estatales de producción, que evidencien una mayor y mejor autonomía, eficiencia y descentralización hacia el gobierno municipal, favoreciéndose, en ello, el encadenamiento productivo, las cadenas de valor, la generación de empleos, el ahorro de energía, el

tratamiento agroecológico con la finalidad de sustituir importaciones y lograr exportaciones.

Arcia (2017); Costamagna & Núñez (2020); García, et al., 2020; aluden a la producción de alimentos como un tema de seguridad nacional; en el cual se reconoce que Cuba, importa la mayor parte de sus víveres, fenómeno que se analiza desde una perspectiva estatal, que convoca a fortalecer la descentralización de la agricultura con la concreción de nuevas prácticas y modelos de gestión agroecológicos a nivel local; en ello, se inserta PIAL. Dicho proyecto promueve nuevas formas organizativas y participativas del campesinado cubano en la selección y manejo de las semillas; doctrina que defienden autores cubanos: Núñez & Fernández (2016); Núñez (2017); Ojeda (2020); quienes valoran la experiencia sin precedentes en el contexto cubano, como facilitadora de nuevas concepciones en la presentación de soluciones a los problemas productivos que implica a productores, investigadores, y representantes de los gobiernos y empresas a nivel local.

En ese interés la innovación agropecuaria local suministra oportunidades de índole laboral y económica en búsqueda de mejoras a la calidad de vida de las personas que se dedican a la producción de los alimentos y que dependen de dicha producción para el sustento de vida propio y de sus familias, situación que reconocen autores como: Núñez & Fernández (2016); Núñez, Alcázar, & Díaz (2017); Rojas, et al., 2018; quienes aluden a PIAL como un proyecto que logra el fortalecimiento de las capacidades en los municipios en planificación e implementación de estrategias de desarrollo local, desde el fomento para el aumento de la producción agrícola sostenible, la generación de energía renovable mediante soluciones locales, respetando y promoviendo los principios de no discriminación, y la eliminación de brechas, aún existentes, entre hombres y mujeres, beneficiándose, el aumento del rendimiento productivo, el surgimiento de espacios de intercambio, aprendizaje y toma de decisiones y el aumento de oportunidades laborales para mujeres y hombres.

Rojas, et al., (2018) reconocen que el PIAL asume diferentes ejes de participación, entre estos la capacitación y el aprendizaje se constituyen como referentes en la materialización e implementación de buenas prácticas agroproductivas locales en la producción de alimentos, perspectiva, que tiene su base en las experiencias de productores que consolidan sus saberes de forma directa en el trabajo de campo y en el surco, utilizando las herramientas necesarias para el dominio de sus actividades productivas y para el conocimiento de elementos esenciales en su quehacer diario como el dominio de los tipos de suelo, el comportamiento del clima, la adaptación de las especies según las condiciones, de las razas de animales, las formas y tipos de alimentación, de los cruzamientos, de la producción de pastos y forrajes, y el uso de semillas de mayor calidad para lograr rendimientos superiores, entre otras ideas, que muestran desde la innovación agropecuaria local como hacer, hacer más y mejor.

Las ideas antes valoradas se asumen en el CUMA a partir de integrarse en el año 2018, al PIAL, y desde esa posición, los objetivos fundamentales se direccionaron hacia el acompañamiento en la instrumentación y aplicación de las acciones derivadas de dicho Proyecto. En ello el análisis de los resultados logrados hasta el 2021, a pesar de ser un tiempo relativamente corto, ha sido sin dudas, una experiencia provechosa que contribuyó y contribuye a la atención a los productores, en una sinergia que considera la gestión del conocimiento de común acuerdo, desde la cual, se materializa el vínculo universidad–empresa-gobierno-sociedad.

Así, los resultados de la vinculación teoría–práctica y las experiencias de la articulación entre el Proyecto, la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA) y el CUMA, en estos dos años, permiten analizar las lecciones aprendidas del Proyecto de Innovación de Desarrollo Local (PIAL) entre los años 2018 y 2021 en la concepción de las prácticas socio-productivas que consolidaron los resultados, a partir del principio del acompañamiento universitario desde el municipio.

El aporte del trabajo a la transformación de la educación superior cubana para contribuir al desarrollo sostenible a la luz de la Agenda 2030, se reconoce en las asociaciones logradas con el vínculo universidad-empresa-sociedad con el rol protagónico del CUMA. El centro busca promover la agricultura ecológica y sostenible en el territorio. El nivel de aplicación y generalización de los resultados del trabajo es alto, pues asume los principios del acompañamiento a partir de considerar la gestión del conocimiento como mediador del mismo en los de la seguridad y soberanía alimentaria.

Desarrollo

1. Apuntes: el acompañamiento universitario

A partir de los análisis anteriores se presentan en este apartado, los principales resultados de PIAL, considerados desde el acompañamiento universitario que tiene lugar en el CUMA, y en el cual se materializan las alianzas, las reflexiones y los diálogos respecto a las luces y sombras en materia de innovación agropecuaria a nivel municipal; consideraciones que demandaron de un ejercicio crítico, que asume como punto de partida la presentación de los resultados desde un enfoque sistémico, inclusivo, reflexivo y participativo.

En ese interés, el acompañamiento universitario es entendido por: Núñez, Fernández, & González (2020); como aquel proceso que asume en su concepción características que lo identifican, luego exponen un supuesto, desde el cual, dicho acompañamiento debe ser planificado y oportuno, adaptado a la realidad contextual, flexible y ascendente, articulándose con otras estrategias, que de la misma manera integren sus objetivos a un resultado esperado; además debe tener una intención formativa y lograr la participación, para ello, resultara necesario convocar a los participantes, quienes asumirán la superación desde la gestión del conocimiento; mostrándose la

mediación como la cualidad esencial de dicho acompañamiento, que facilita el cumplimiento de las acciones, el manejo de los recursos, medios y materiales, y la comunicación para favorecer la retroalimentación de saberes, que pueden llegar a ser compartidos y sistematizados.

Luego, el acompañamiento universitario se pone de manifiesto en una relación con el PIAL, que alude a su grupo coordinador en el municipio, con salida en los ejes que evidencian un trabajo direccionado a la resolución de necesidades, identificadas previamente, a partir de la cooperación e implica a los profesionales del CUMA en la integración de saberes, que devienen en la práctica al posibilitar el aprendizaje y desarrollo de habilidades para la vida en temáticas como: el enfoque de género, el medio ambiente, el trabajo científico, la comunicación, la capacitación a los productores, sistematización de buenas prácticas agroecológicas, la diversidad genética y tecnológica, entre otros temas.

La consideración del acompañamiento universitario al PIAL tiene sus fundamentos en la Estrategia de acompañamiento universitario (Núñez, Fernández, & González, 2020), desde la cual se realizó un ejercicio en la toma de decisiones que propició el reconocimiento de las potencialidades de los profesionales del CUMA y las capacidades para cumplir los compromisos en los de las transformaciones esperadas; y en ello, se evidencian resultados del acompañamiento universitario, que indican:

- Una gestión del conocimiento que logró el diálogo, razonamientos y reflexiones con directivos, productores y otros implicados a partir del establecimiento de relaciones de coordinación, colaboración y cooperación; y la identificación de potencialidades y necesidades en las formas productivas implicadas; y la realización de intercambios de experiencias, que fomentan estrategias de perfeccionamiento colectivo y de cooperación entre las partes, sobre la base de la crítica reflexiva en la gestión y generación de nuevos conocimientos.
 - Visualización en la mejora de las prácticas agroecológicas a partir del fomento de una cultura de la producción con el uso de las bondades de las tecnologías; y la proyección hacia el respeto de la diversidad cultural con la realización de asesorías, a través de acciones que implican la utilización de la teoría - práctica.
2. Luces y sombras en el acompañamiento universitario al PIAL

El acompañamiento universitario del CUMA al PIAL, se centró en la idea de la contribución a la seguridad y soberanía alimentaria, la producción de alimentos y el mejoramiento de la calidad de vida de los productores, a punto de partida de la extensión de las experiencias de innovación agropecuaria a nivel local; en ello, se reconocen luces en:

- La aceptación del gobierno municipal, de otros actores locales, y agricultores en participar en el PIAL y la sensibilización ante sus bondades y ventajas.
- La apropiación del enfoque de innovación participativa.

- El intercambio directo entre productores, actores locales y la población en las comunidades.
- La multiplicación de buenas prácticas agroecológicas en fincas y formas productivas que se dedican a los cultivos varios y los frutales.
- La consideración de encadenamientos productivos y cadenas de valor generados desde la articulación entre productores y las mini-industrias de producción local de alimentos en conservas.
- Elaboración y utilización de los microorganismos eficientes con probada efectividad en su uso en la Empresa Agropecuaria Horquita, lo cual favoreció el rendimientos de los cultivos, a partir de la aplicación de abonos orgánicos y la implementación de diferentes tipos de biofertilizantes; corroborándose el aumento y el vigor en el crecimiento del tallo y raíces de las plantas, evitándose la proliferación permanente de insectos, en el cultivo del frijol y mayor rendimiento por vaina y por hectárea.
- Utilización de la finca de los hermanos Pérez para la realización de experiencias docentes y de estancia estudiantil en la práctica laboral sobre la base de los resultados productivos y de innovación de sus productores.
- Capacitación y generalización de las nuevas prácticas en la agricultura en la CPA 26 de julio con la creación y utilización del biogás y tecnologías agroecológicas en la producción de cultivos varios y frutales, mostrando mayor rendimiento en las producciones, creación de cadenas de valor y encadenamientos productivos.
- La creación e implementación de un Biodigestor en la CPA 26 de julio permite el ahorro de energía eléctrica a partir de su generación que corrobora el mejoramiento e incremento en un 10%, en comparación con los años 2019 y 2020 de la cría porcina, entregándose a finales del año 2021 un total de 750 libras de carne de cerdo y 321 de carnero en las ferias agropecuarias.
- Dicho Biodigestor en la CPA 26 de julio, asegura el mejoramiento de las condiciones ambientales y permite obtener el gas metano para la cocción de alimentos destinados a más de 60 trabajadores y a los hijos de las trabajadoras que asisten a la Casita infantil, creada para el cuidado de los hijos de esas productoras, todo lo cual, contribuye a favorecer la economía familiar.
- Se realizaron acciones que permitieron la mejora de cultivos de hortalizas con la donación de aspersores de riegos para su uso en el Organopónico, favoreciéndose la producción de alimentos.
- Se logró el ordeño mecanizado a partir de una sinergia con Cuba Cooperación Francia, que aportó la tecnología necesaria para ejecutar el ordeño de cabras, favoreciéndose la explotación lechera, lo cual beneficia las cadenas de valor y encadenamientos productivos, aportándose desde PIAL la capacitación a estos productores.
- Se contribuye con la capacitación a productores de varias formas productivas para la siembra y/o plantación de plantas forrajeras para la alimentación de las cabras, experiencia que es pionera en el territorio.
- El eje transversalización de Género y Jóvenes logró la capacitación de 33 mujeres, 21 hombres, y 51 jóvenes en temas relacionados con el género y la inclusión de los jóvenes en el proyecto; realizándose 13 talleres con la participación de la ANAP, Delegación de la Agricultura, Formas productivas ANEC, y el CUM, en los cuales las lecciones aprendida apuntan hacia la sensibilización de acciones y procesos relacionados con la producción de alimentos que se identifiquen por la equidad, la igualdad y la soberanía alimentaria.
- El eje de gestión del conocimiento garantizó la realización de acciones de posgrado, en las cuales incide PIAL: Curso - La educación superior en el mundo contemporáneo: tendencias y rasgos. Contextualización al CUM en el acompañamiento universitario al SIAL; Curso - La Estrategia de género del sistema de la agricultura 2015-2020: una herramienta de gestión en la relación CUM-Empresa y sociedad; Entrenamiento. El vínculo universidad-empresa: una necesidad en la formación permanente de los profesionales universitario; Entrenamiento. El estado del arte: una necesidad en la gestión del conocimiento para la atención a los sectores estratégicos y un reto a la sostenibilidad del desarrollo alimentario; Entrenamiento-Fortalecimiento de la cultura económica general. Actualización y características en sectores estratégicos con la incidencia de PIAL; Entrenamiento para el intercambio con los presidentes de Consejos Populares: identificación de potencialidades y resultados de ciencia, técnica e innovación desde el acompañamiento universitario a sectores estratégicos con incidencia de PIAL, con la participación de 455 personas.
- El eje de cambio climático, logró la realización de 14 Talleres en los cuales se debatieron temas que responden a Tarea Vida, elaboración y aplicación correcta de técnicas agroecológicas y el inicio de las relaciones con el proyecto que auspicia el Instituto de genética y biotecnología que permitirá la siembra y producción del maíz transgénico que garantizara la alimentación animal con la participación de 53 productores, así como 35 invitados entre profesores universitarios y directivos del municipio.
- En estos años se constituyeron más de cuatro fincas de muestra confianza, entre ellas: 1ra, la Finca Agroecológica, de los hermanos Pérez, de la CCS Esteban Curbelo, del Consejo Popular Abreus, 2da, una Finca Diversificada, de la CCS Rigoberto Pérez Leyva, del Consejo Popular Constancia, 3ra, Finca Diversificada, en la CCS Antonio Maceo, del Consejo Popular Horquita, 4ra, Finca Diversificada, en la CCS Antonio Maceo, del Consejo Popular Horquita.

- La realización de Acciones de capacitación, con la participación de 112 mujeres y 78 hombres en el eje gestión del conocimiento.
- Presentación de las conferencias:
 1. El CUM Abreus y su rol en la para IV fase del Proyecto PIAL en el territorio: retos y perspectivas en el año 2019 con la articulación del Gobierno - Empresa.
 2. Alternativas sostenibles para la seguridad alimentaria local fundamentada en la articulación agroecológica. Experiencias de la finca de Taurino Alberto Pérez.
 3. Rol de los actores gubernamentales ante las acciones de SIAL y el acompañamiento universitario al desarrollo local

La realización del Talleres:

1. El cambio climático, llamado de atención ante ese fenómeno y el rol de los productores.
2. La producción de plantas medicinales, buenas prácticas en el Consejo Popular Abreus.
3. Intercambio de experiencias: El liderazgo de las mujeres rurales, un reto de las formas productivas en el sector cooperativo.
4. Asimilación de experiencias de prácticas adaptativas ante la vulnerabilidad de la sequía en Abreus.
5. II Taller de intercambio de experiencias: El empoderamiento de las mujeres rurales, un reto de las formas productivas en el sector cooperativo.
6. Panel: Esencialidades del Proyecto PIAL - SIAL. Rol del acompañamiento universitario de los profesores del CUM y del equipo coordinador en el cumplimiento de las acciones de desarrollo local en los consejos populares.

Además, se logró la sensibilización, el compromiso y la integración de los actores locales que intervienen de forma directa con el Grupo coordinador del Proyecto PIAL-SIAL y su expansión en el municipio: CUM, Gobierno, ANAP, FMC, Delegación de la Agricultura, Grupo de desarrollo local CCS, CPA, Fincas independientes, entre otros factores, estableciéndose un Programa de capacitación para los actores locales que intervienen en el Proyecto, con énfasis en el Grupo coordinador, decisores del Gobierno, Delegación de la agricultura y del grupo de desarrollo local, productores y personal identificado como necesario para el funcionamiento del PIAL-SIAL. Dicho Programa de capacitación se desarrolló en encuentros mensuales, con la realización de un panel, 3 conferencias, 4 talleres, un conversatorio, para un total de 9 capacitaciones, con la participación de 150 mujeres, 119 hombres y 114 jóvenes, para un total de 269 capacitados; de estos profesores del CUMA y del grupo coordinador 16, autoridades del Gobierno 6, directivos 21, y productores directos 29, entre otros.

También, se contribuyó a la sostenibilidad alimentaria desde la utilización de las bondades del enfoque de innovación participativa en el territorio abreense al consolidar la extensión de las experiencias de productores de 3 fincas; una agroecológica (Finca de los hermanos Pérez) y dos diversificadas (en la CCS Antonio Maceo), a partir de los ejes de la gestión del conocimiento, el género y cambio climático sistematizados en las fincas de la CCS Rigoberto Pérez Leyva, quienes aprovechan las buenas prácticas y las contextualizan a sus objetivos productivos; lográndose la elaboración y firma de convenios entre el Proyecto PIAL - SIAL, desde las acciones de acompañamiento universitario del CUMA con la Delegación de la Agricultura.

Los resultados se avalan en el fortalecimiento de las relaciones de coordinación y colaboración con el proyecto GUCID y la Facultad de Agronomía de la Universidad de Cienfuegos; todo lo cual posibilitó el establecimiento de alianzas para la capacitación, el fomento de las buenas prácticas, desde el Proyecto PIAL - SIAL con la realización de dos ferias, una en el Consejo Popular Constancia, que consolidó la sostenibilidad alimentaria desde el enfoque de innovación participativa con la presentación de la experiencia y resultados de los hermanos de la CCS Rigoberto Pérez Leyva, y otra en la Feria por el 40 aniversario de la UCF que integró resultados de las Mini-industrias con los encadenamientos productivos, las producciones diversificadas, y los productos agroecológicos vinculadas a la Empresa Henequenera del Consejo Popular Jaragua.

En esa dirección además, se logró la vinculación de 8 estudiantes de la carrera Ingeniería Agrónoma, del CUM Abreus, de los años 1ro a 4to, al Proyecto PIAL - SIAL realizándose las ferias de la biodiversidad y tres estancias estudiantiles en la finca de los hermanos Pérez, tres intercambios de experiencias con productores de la CCS Esteban Curbelo y de otras formas productivas, realizándose la identificación y el inventario de focos contaminantes del territorio, con la colaboración de los profesores y estudiantes del CUMA, y se incluyeron acciones con estudiantes y profesores para la siembra y seguimiento a la experiencia del maíz transgénico.

Las sombras se definen en: la escasa participación del sector empresarial y financiero; las decisiones respecto a las líneas de investigación en la culminación de estudios del pregrado, la orientación de temas que distan de los objetivos del desarrollo local, los vínculos, la integración y la cooperación de los actores sociales en la búsqueda de soluciones innovadoras para los problemas que los afectan y que frenan el desarrollo del sector agropecuario local, las acciones de superación posgraduada y de capacitación y sensibilización con decisores de las políticas del desarrollo local.

No obstante, se reconoce que el Grupo coordinador de PIAL, en el municipio Abreus ha participado en actividades como: talleres de capacitación, ferias de biodiversidad, festivales de la innovación, visitas a círculos

de interés, prácticas laborales en fincas de campesinos, espacios que han posibilitado la construcción de buenas prácticas, sobre la base de una gestión del conocimiento; desde la cual se presentan los resultados del acompañamiento universitario al PIAL en el municipio Abreus.

Así, se identifican debilidades que se constituyen como una herramienta de trabajo, en los de las perspectivas futuras de trabajo: la apropiación del contenido del SIAL, de forma sistemática y como herramienta de gestión municipal, que puede ser utilizado como un instrumento científico, desde la cual, se puede mejorar y perfeccionar los desafíos agropecuarios locales, y aprovechar las alternativas que ofrece para la solución de los problemas identificados en esa dirección en el contexto abreuense, la participación de otros actores que tienen relación con el SIAL en la edición del diplomado SIAL que se coordina desde la FCA y se imparte en el territorio de Rodas, las alianzas con la Delegación de la Agricultura para garantizar la producción local de semillas de forma certificada y reconocida, y para efectuar capacitaciones técnicas con ese fin, es un tema pendiente y que se encuentra en la proyección de años futuros a corto plazo.

El fomento de las buenas prácticas que promueve el SIAL en todas las formas productivas del municipio, la identificación y caracterización de las fincas productoras de semillas a partir de alianzas con el Banco Provincial de Semillas que se encuentra ubicado la comunidad El Entronque, del Consejo Popular Cieneguita. También se reconoce la organización de eventos científicos y la publicación de los resultados científicos, en los de proponer a Premios las experiencias que se obtengan del trabajo derivado de las acciones del PIAL en Abreus.

Lo planteado anteriormente recalca enfatizar en las proyecciones para años posteriores, entre ellas no pueden faltar el intercambio con el Presidente del Gobierno y otros implicados para explicar las ventajas que representa para el municipio el contenido del PIAL y SIAL, y su apropiación a nivel de decisores del territorio para la gestión municipal, en búsqueda de lograr una seguridad alimentaria de forma científica, retomar la convocatoria de la Especialidad y Diplomados SIAL para sensibilizar a los actores implicados en la necesidad de la participación en la edición del diplomado SIAL que se coordina desde la FCA. Solidificación de las alianzas con la Delegación de la Agricultura desde la intención de garantizar la producción local de semillas de forma certificada y reconocida, y buscar alternativas que permitan capacitar de forma técnica a los implicados en dicha producción de semillas.

Establecer alianzas con el Banco Provincial de Semillas que se encuentra ubicado la comunidad El Entronque, del Consejo Popular Cieneguita, de modo que cooperen con el proyecto SIAL para la capacitación, identificación y caracterización de las fincas productoras de semillas, así como la organización de al menos 2 eventos científicos al año, que permitan la publicación de resultados, estableciendo propuestas de Premios CITMA a partir de las experiencias que se obtengan del trabajo derivado de las acciones del proyecto en Abreus, empleando como

Modelo pedagógico: el aprendizaje en la acción, para consolidar los objetivos en el territorio.

CONCLUSIONES

El análisis facilitó la comprensión de la concepción de las prácticas socio productivas a partir del principio de acompañamiento universitario por el Centro Universitario Municipal Abreus. Se reconocen las sinergias logradas en el vínculo universidad empresa sociedad con el rol protagónico de estudiantes y profesores quienes asumieron los principios a partir de considerar la gestión del conocimiento como mediador para la seguridad y soberanía alimentaria.

Los resultados avalan el rol del CUMA y PIAL, en el cual se materializan las alianzas, las reflexiones y los diálogos en la identificación de las luces desde un ejercicio crítico, que asumió como punto de partida un enfoque sistémico, inclusivo, reflexivo y participativo, adaptado a la realidad contextual, favorecido por la articulación con otras estrategias a partir de la actuación del grupo coordinador en el municipio.

Permitió la identificación de las sombras que frenan el logro de resultados superiores en pos de la soberanía y seguridad alimentaria, reconociéndose fallas en la participación del sector empresarial y financiero, las líneas de investigación en la culminación de estudios del pregrado, la articulación con el desarrollo local, la capacitación y la superación posgraduada y la sistematización de buenas prácticas con experiencias productivas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arcia Socorro, B. (2017). El sector agropecuario cubano: transformaciones y perspectivas. *Anuario Ciencia en la UNAH*. Vol. 15, Núm. 1.
- Costamagna, P. & Núñez, J. (2020). Descentralización, desarrollo territorial y universidad. Reflexiones sobre el proceso cubano. <http://www.conectadel.org/revistadesarrollo-y-territorio>
- Díaz-Canel Bermúdez, M. (2020). Gestión de gobierno, educación superior, ciencia, innovación y desarrollo local. <http://www.cubadebate.cu/especiales/2020/08/14/>
- Díaz-Canel Bermudez, M., & Núñez, J. (2020). Gestión gubernamental y ciencia cubana en el enfrentamiento a la Covid-19. <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article>
- García, J. L., Fernández, A., Núñez, J., León, O., Fraga, D., Torres, A., & Merino, T. (2020). Perfeccionamiento de la vinculación con el desarrollo local en la planificación estratégica de la educación superior cubana. Editorial Universitaria Félix Varela.

- Núñez González, M. R., Fernández Morera, M. E., & González Reyes, J. C. (2020). La estrategia de acompañamiento universitario en el desarrollo local, perspectiva en el contexto del Centro Universitario Municipal. *Revista Conrado*, 16(74), 120-131.
- Núñez, J. & Fernández, A. (2016). Convergiendo en el enfoque de sistemas de innovación: a propósito de GUCID y PIAL. Editorial Feijóo.
- Núñez, J. (2017). Comentarios para el enfoque de sistemas de innovación. Hacia una gestión participativa del desarrollo local. Ediciones INCA.
- Núñez, J., Alcázar, A., & Díaz, T. (2017). Una década de la Red Universitaria de Gestión del Conocimiento y la Innovación para el Desarrollo Local en Cuba. *Retos de la Dirección*; 11(2), 228-244.
- Ojeda, L. (2020). Proyecto PIAL en pos de la soberanía alimentaria en Cienfuegos. 29 septiembre, 2020. <http://www.5septiembre.cu/proyecto-pial-pos-la-soberania-alimentaria-cienfuegos>
- Rojas Chaviano, E, Ojeda Quintana, L., Tartabull Puñales, T., & Portero Hurtado, J. J. (2018). Indicadores de sostenibilidad agraria en la granja genética El Abra de la Empresa Pecuaria El Tablón. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 6-15. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>.

EFFECTO DE MICRO TÚNELES Y ESTUFAS EN EL COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE DOS CULTIVARES DE PAPA

EFFECT OF MICRO TUNNELS AND STOVES ON THE AGRONOMIC BEHAVIOR OF TWO POTATO CULTIVARS

Laura Yadira Bermeo Gualan

E-mail: lbermeo3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7483-7335>

Katty Marisol Macas Nagua

E-mail: kmacas3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3846-4703>

José Nicasio Quevedo Guerrero

Email: jquevedo@utmachala.edu.ec

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

Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Bermeo Gualan, L. Y., Macas Nagua, K. M., Quevedo Guerrero, J. N. (2023). Efecto de micro túneles y estufas en el comportamiento agronómico de dos cultivares de papa *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 124-131. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los cultivos protegidos han sido de vital importancia en el sostenimiento agrícola. En la parte alta de la provincia de El Oro, los cultivos de papa son afectados por bajas temperaturas que causan daños fisiológicos en las plantas, provocando mermas en la cosecha, lo que propicia el uso de invernaderos y otras estructuras como micro túneles, que previenen el impacto de estos fenómenos climáticos. En este estudio se utilizaron dos cultivares de papa "Super Chola" y "Chaucha" los cuales son afectados en su desarrollo, cuando las temperaturas se encuentran por debajo de los 10°C, disminuyendo su producción. El objetivo del presente trabajo fue evaluar los efectos de micro túneles y estufas en el comportamiento agronómico y rendimiento de dos cultivares de papas, entre los meses más fríos (mayo y agosto del 2022), sitio Shiguil del Cantón Chilla, a 2633 msnm, en un área de 114 m². La utilización de micro túneles + estufas (MT+E-T2) mejoró las condiciones agronómicas del cultivo tanto en productividad y precocidad, presentando diferencias significativas en las variables relacionadas con la producción como peso y número de tubérculos en los dos cultivares, obteniéndose mayores rendimientos.

Palabras clave:

Micro túnel, bajas temperaturas, microclimas, tubérculos, estufas.

ABSTRACT

Protected crops have been of vital importance in agricultural sustainability. In the upper part of the province of El Oro, potato crops are affected by low temperatures that cause physiological damage to the plants, causing losses in the harvest, which leads to the use of greenhouses and other structures such as micro tunnels, which prevent the impact of these climatic phenomena. In this study, two potato cultivars "Super Chola" and "Chaucha" were used, which are affected in their development when temperatures are below 10°C, reducing their production. The objective of the present work was to evaluate the effects of micro tunnels and cookers on the agronomic behaviour and yield of two potato cultivars, between the coldest months (May and August 2022), Shiguil site, Canton Chilla, at 2633 m.a.s.l., in an area of 114 m². The use of micro tunnels + cookers (MT+E-T2) improved the agronomic conditions of the crop both in productivity and earliness, presenting significant differences in the variables related to production such as weight and number of tubers in the two cultivars, obtaining higher yields.

Keywords:

Micro tunnel, low temperatures, microclimates, tubers, stoves.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) es uno de los cuatro principales alimentos requeridos a nivel mundial, tiene gran significancia económica en los países que lo cultivan, su consumo se debe al aporte nutricional de minerales (calcio, potasio, fósforo, magnesio), vitaminas (tiamina, niacina, Vitamina A y C) y carbohidratos, que forman parte de la dieta equilibrada de las personas, acentuándose como un alimento completo. En los últimos años se ha incrementado la producción mundial de este cultivo, en el 2020 asciende a 359 millones de toneladas, y se busca aumentar la productividad para los próximos años debido a la demanda del producto, para uso en fresco y en las industrias (Cerón-Lasso *et al.*, 2018).

Es afectado por factores abióticos como la temperatura, tiene adaptabilidad a climas templados fríos (13 y 18 °C), generalmente cuando este factor es inferior a 10 °C y superior a 30 °C, perjudica de manera irreversible el desarrollo de la planta, provoca el retraso en la formación y tamaño de tubérculos, con pérdidas significativas en la producción (Zuñiga Chila *et al.*, 2017), caso preocupante para los productores, quienes buscan tener una productividad sostenible para satisfacer las necesidades del mercado.

La baja temperatura o conocida también como helada puede ser de dos tipos, de advección que está por debajo de 0 °C y de radiación ocasionada por la pérdida de energía en el intercambio radiante, durante las noches despejadas y en calma, lo que causa efectos negativos en las plantas, debido a que el agua extracelular baja a un valor crítico y se origina el funcionamiento incorrecto de las células dañando sus tejidos (García *et al.*, 2017).

Ecuador produce 21.000 toneladas de papa al año, la provincia más importante en cuanto a producción es Carchi, aportando el 35% y 18,84 t ha⁻¹ (Basantes *et al.*, 2020), sin embargo, debido a su ubicación geográfica existe variabilidad climática en las diferentes regiones del país, lo que causa impacto en los sectores económicos, sociales y productivos (Villavicencio *et al.*, 2022). En el campo agrícola estos cambios son determinantes en el rendimiento de los cultivos, en el año 2018 el país presenta una pérdida del 29 % en producción de papas a causa de bajas temperaturas (Mora *et al.*, 2018).

Para reducir los daños causados por bajas temperaturas, se encuentran investigaciones en el mejoramiento genético de cultivares resistentes a estos factores climáticos, método que provoca la pérdida en las características naturales de las variedades nativas. Otra técnica que se usa es la aplicación de agroquímicos como urea y fungicidas, los cuales afectan la salud de las personas (Sapino, 201). La implementación de cubiertas plásticas (invernaderos, macro túneles y micro túneles), son una alternativa para la protección de cultivos en estas temporadas, muestran ventajas notables como: preservar las plantas contra el viento, las lluvias y heladas, con la instalación de estas estructuras se obtienen altos rendimientos y mejor calidad de cosechas (Abad *et al.*, 2020).

Mantener la temperatura a rangos adecuados en el desarrollo de un cultivo evita los daños fisiológicos y estrés de la planta, existen diferentes métodos para modificar este factor. Las estufas o antorchas son utilizadas bajo cubiertas plásticas (invernaderos) y campo abierto en lugares donde el ambiente es menor a los 0 °C (Liu *et al.*, 2019). En la parte alta de la Provincia de El Oro la producción de papas y otros cultivos están expuestos a bajas temperaturas, por lo que fue indispensable realizar esta investigación, la cual tuvo como objetivo evaluar los efectos de micro túneles y estufas en el comportamiento agronómico y rendimiento de dos cultivares de papas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó entre los meses de mayo y agosto del 2022, en sector Shiguil del Cantón Chilla, perteneciente a la provincia de El Oro, Ecuador, ubicado en las coordenadas geográficas: 3°27'59"S, 79°34'39"W, a 2633 msnm, en un área de 114 m² (Figura 1). El Cantón Chilla presenta diversos tipos de suelos como: francos arenosos, francos, francos limosos. Además, se establecen diferentes pisos altitudinales con relación a las temperaturas. Para rangos de temperaturas: de 8°C–12°C; 12°C–15° y de 20°C–30°C, se considera pisos altitudinales máximo, medio y bajo respectivamente.

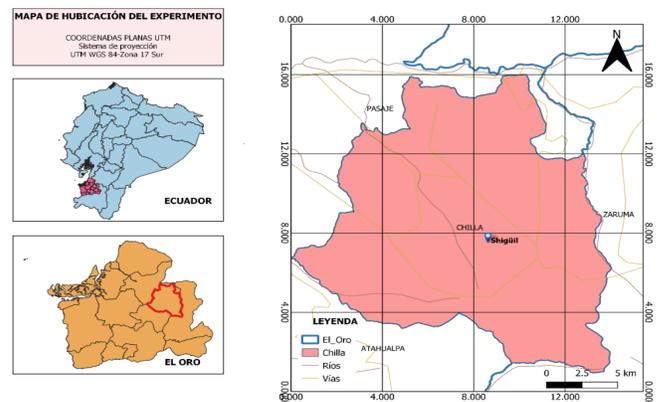


Figura 1: Mapa de ubicación del área del experimento en el cantón Chilla

Los materiales vegetativos utilizados para este estudio fueron tubérculos de los cultivares de papa super Chola y Chaucha amarilla, las semillas presentaron un tamaño mediano (50–70 g), sanos y con al menos tres brotes, obtenidos de cultivos anteriormente establecidos en la zona. En cuanto a las características agronómicas del cultivar Chaucha, se conoce que los tubérculos son de forma elíptica, con yemas axilares (brotes) de profundidad mediana, la piel es de color amarilla, al igual que su pulpa, siendo muy apetecible para consumo en fresco (cocida, horneada, purés y al vapor). El cultivar super Chola presenta tubérculos medianos, elípticos, ovalados, de piel rosada, con brotes superficiales y pulpa amarilla pálida; se usa para consumo fresco (sopas, purés, ensaladas, etc.) y para procesamiento (papa frita en forma de hojuelas o de tipo francesa) (INIAP, 2022).

El diseño experimental utilizado fue factorial completamente al azar fraccionado 3x2. Se manipularon dos factores de estudio (FE), tres condiciones térmicas y dos cultivares de papa (Tabla 1). Con tres repeticiones cada tratamiento y 5 unidades experimentales.

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el estudio

Cultivares (FE-1)	Condiciones térmicas (FE-2)
Super chola (SC-V1)	Micro túnel (MT-T1)
	Micro túnel + estufa (MT+E-T2)
	Testigo (T-T3)
Chaucha (CHa-V2)	Micro túnel (MT-T1)
	Micro túnel + estufa (MT+E-T2)
	Testigo (T-T3)

Construcción de micro túneles: Los micro túneles tuvieron 6 m de largo, altura de 1,40 m y abertura del arco de 2,20 m, dimensiones relacionadas con el desarrollo del cultivo. Para la estructura de los arcos se utilizó tubos PVC de 25 mm, a una distancia de 2 m entre ellos. En la parte inferior se aseguró con estacas de madera en cada extremo de los arcos, en el centro de la parte superior se cruzaron alambres galvanizados de extremo a extremo de la estructura, el cual dio firmeza y sirvió de sostén para la cubierta. El plástico utilizado para cubrir el micro túnel fue de 4 m de ancho, transparente y con espesor de 150 µm, el cual permitió el buen ingreso de luz (Figura 2).



Figura 2. Diseño de micro túneles

Las cubiertas plásticas mantienen la temperatura dentro de ellas, sin embargo, en días muy fríos se requiere instalar sistemas de calefacción artificial. Existen diferentes formas de manejar este factor como son: sistemas automatizados, calefactores con energía eléctrica, estufas y calderas mediante combustibles. En este estudio se colocaron estufas de calor realizadas de manera artesanal, utilizando envases de metal de 500 ml y parafina mezclada con aserrín fino (residuos de madera), las cuales mantuvieron el fuego encendido durante varias horas. (Figura 3).



Figura 3. Ubicación de estufas dentro de los micro túneles en días de baja temperatura

Manejo del experimento: En la plantación del cultivo se ejecutó la preparación del suelo mediante arado a una profundidad de 30 cm, con la finalidad de remover malezas y dejarlo con una buena estructura, para el adecuado desarrollo de los tubérculos. La labor de aporque y control de malezas se realizó a los 20 y 45 días después de la siembra. El riego en el cultivo a campo abierto, fue mediante sistema de aspersión, su intervalo varió en función con las precipitaciones del lugar y la etapa fisiológica del cultivo. La ventilación de los micro túneles se llevó a efecto alzando las cubiertas plásticas en los días soleados, mientras que en las noches frías (menor a 10 °C) se ubicaron 4 estufas dentro de las cubiertas aumentando la temperatura hasta 14 °C, procedimiento realizado desde la emergencia del cultivo hasta la floración.

Tabla 2. Variables evaluadas y su descripción

Variables	Descripción
Número de Hojas (Nhoj)	En la valoración de esta variable se contabilizó el número de hojas de cada planta, en la etapa de floración.
Número de tubérculos por planta (NTbP)	En la fase de producción se contó los tubérculos de todos los tamaños de cada planta (unidades muestrales).
Peso de tubérculos por planta (PTbP).	Al momento de la cosecha se separó los tubérculos de cada planta evaluada, y se procedió a pesar en libras (lb)
Días a la floración (DF)	Se registró los días transcurridos desde la siembra hasta cuando se observó más del 50% de floración del cultivo.
Peso de tubérculos por tratamiento (PeCoT)	Se evaluaron 15 plantas por tratamiento, al momento de la cosecha se tomó el peso en libras (lb) de todas las unidades.
Días a la cosecha (DaCos)	Se anotó los días desde la siembra hasta la cosecha, actividad realizada cuando las plantas demostraron que cumplieron su ciclo vegetativo como, follaje de color amarillo y la cáscara de los tubérculos no se desprendían al ser friccionados con los dedos.
Rendimiento agrícola (t ha ⁻¹) (RendA).	Con los pesos obtenidos por tratamiento, se realizó la conversión al peso en toneladas por hectárea, el cual representa el rendimiento agrícola.

Se realizó un análisis de varianza ANOVA factorial intergrupos para un experimento factorial completamente al azar, mediante un análisis descriptivo se identificó si los datos cumplían los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. En los niveles que no hubo interacción entre los factores, se procedió analizar individualmente mediante un t de Student para grupos independientes. Finalmente se aplicaron pruebas de rangos múltiples post hoc para conocer cómo se agrupan los datos entre sí mediante Duncan al 5%.

Para las variables que no cumplieron los supuestos de homogeneidad y normalidad se realizaron pruebas no paramétricas, test de Kruskal-Wallis para k muestras y test de U de Mann-Whitney para 2 muestras las cuales son utilizadas en estos casos. El procesamiento estadístico se realizó en el software estadístico IBM SPSS Statistics 25.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 3 muestra el análisis estadístico de las variables evaluadas: número de hojas, número de tubérculos por planta, peso de tubérculos por planta. Se observan las diferencias significativas, coeficiente de variación e interacción de los factores de estudio (condiciones térmicas, cultivares) lo que permite interpretar el efecto que causan los tratamientos en las variables.

Tabla 3. Análisis de varianza ANOVA de las condiciones térmicas en las variables

Condiciones térmicas	\bar{x} Nhoj	\bar{x} NTbP	\bar{x} PTbP (lb)
Micro túnel	86,5 a	15,93 b	2,35 b
Micro túnel + estufa	83,27 a	18,33 a	2,68 a
Testigo	58,07 b	13,30 c	1,39 c
CV (%)	24,96	18,22	30
ANOVA (p < 0,05)	0,000	0,000	0,000
Interacción (p < 0,05)	0,23	0,15	0,63
t de Student (p < 0,05)	0,577	0,447	0,845

Letras diferentes, muestran diferencias estadísticas significativas, letras iguales demuestran similitud de medias mediante pruebas post hoc de Duncan^{abc}; donde ^a representan las medias más altas.

Las variables evaluadas, se describen a continuación:

Número de hojas: Las hojas en las plantaciones tienen gran importancia debido a que cumplen funciones de transpiración, respiración y procesos fotosintéticos, con las cuales realizan sus procesos metabólicos, se relaciona que a mayor área foliar mejor rendimiento (Koch *et al.*, 2020). Los resultados demostraron que el primer factor evaluado, los cultivares se comportan de manera similar en los tratamientos (sin diferencias significativas). En el segundo factor de estudio, las condiciones térmicas: micro túnel y micro túnel + estufa presentaron las medias más altas, con 87 hojas en el cultivar chaucha y superchola con 83, diferenciándose de manera significativa del testigo, el cual indicó las medias más bajas con una

media de 58 (Tabla 3). Estos resultados son semejantes a los obtenidos por López Tolentino *et al.*, (2022) en el cultivo de tomate, el cual expuso que las cubiertas plásticas dan como resultado mayor número de hojas.

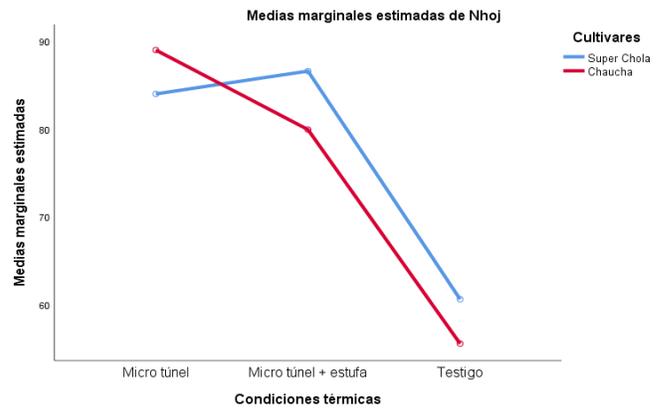


Figura 3. Variable número de hojas en tres condiciones térmicas en función a los cultivares

Número de tubérculos por planta: La tabla 3 muestra diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. El micro túnel+estufa presentó mayor número de tubérculos en ambos cultivares, seguido del micro túnel, por último, el testigo demostró la media más baja, a nivel productivo el micro túnel + estufa fue superior debido a que impide el estrés fisiológico por bajas de temperatura. La figura 4 indica que en el factor estudiado cultivares, la papa chaucha proporciona más cantidad de tubérculos en el tratamiento de micro túnel. Jerez *et al.*, (2017) mencionan que la temperatura es importante en el desarrollo de los tubérculos, con este factor en condiciones óptimas se puede llegar a producir 12 veces más, que a un cultivo con ambientes inadecuados. Por otro lado, estudios realizados por Koch *et al.*, (2019) han demostrado que la formación de tubérculos está influenciada por los nutrientes adquiridos y su cumplimiento en los procesos requeridos para la asimilación, transformación de azúcares.

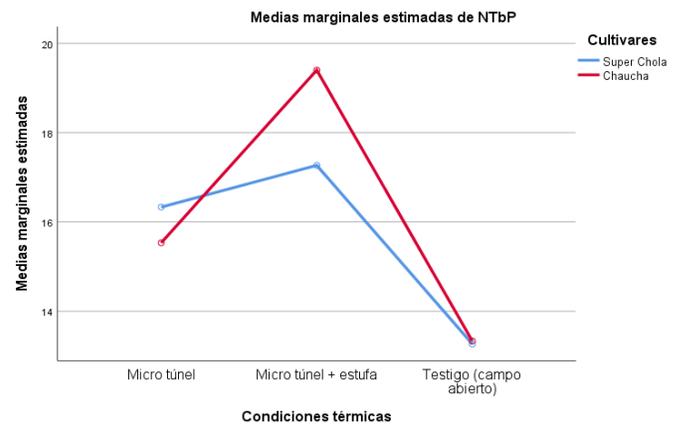


Figura 4. Variable número de tubérculos por planta en tres condiciones térmicas en función a los cultivares

Peso de tubérculos por planta: En los cultivares Super Chola y Chaucha presentaron similitudes estadísticas (Tabla 3). En las condiciones térmicas se puede determinar que Micro túnel + estufa tuvo mejores resultados para ambos cultivares, seguido del Micro túnel, a su vez se diferenciaron del testigo observándose la media más baja (Figura 4). Esto explica que la papa, al ser una planta termodinámica se ve directamente influenciada por la temperatura en la formación de tubérculos y su diámetro (Martin & Jerez, 2017), el peso del tubérculo es totalmente relativo al buen follaje, permitiendo procesar compuestos de los nutrientes, y la unión de proteínas y carbohidratos que son transformados en almidón, incrementando su peso y valor nutritivo (Koch *et al.*, 2020).

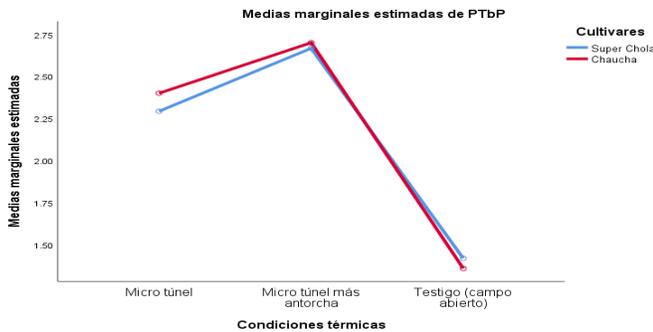


Figura 5. Peso de tubérculos por planta en tres condiciones térmicas en función a los cultivares

La tabla 4, indica el análisis de las variables estudiadas con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, la cual muestra las diferencias significativas entre los tratamientos mediante rangos medios en días a la floración, días a la cosecha, peso de tubérculo por tratamiento y Rendimiento agrícola.

Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis para las condiciones térmicas mediante rangos medios

Condiciones térmicas	DF (días)	DaCos(días)	PTbT (lb)	RendA
Micro túnel	53b	30.50a	45,50b	45,50b
Micro túnel + estufa	31a	30.50a	75,50a	75,50a
Testigo a campo abierto	53b	75.50b	15,50c	15,50c
CV (%)	15,52	13.66	25,80	25,79
Test de Kruskal-Wallis	0,000	0,000	0,000	0,000

Las letras ^{abc} muestran las diferencias estadísticamente significativas provenientes de una comparación de pares entre los grupos, donde ^a representan las medias más altas

En la tabla 5, se aprecia la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney utilizada en el análisis de dos muestras (2 cultivares), la cual indica las diferencias significativas entre los cultivares mediante rangos medios en las variables días a la floración, días a la cosecha, peso de tubérculo por tratamiento y rendimiento.

Tabla 5. Prueba de U de Mann-Whitney para dos grupos de cultivares de papa

Cultivares de papa	DF	DaCos	PTbT	RendA
Super chola (SC-V1)	68b	58b	43NS	43NS
Chaucha (CH-V2)	23a	33a	48NS	48NS
CV (%)	13.12	13.66	25,80	25,79
Test de U de Mann-Whitney	0,000	0,000	0,357	0,357

Las letras ^{abc} muestran las diferencias estadísticamente significativas provenientes de una comparación de pares entre los grupos, donde ^a representan las medias más altas

Días de floración. La floración del cultivo está relacionada con la producción de semillas sexuales, que se forman dentro de bayas y tienen gran importancia en los mejoramientos genéticos (Salomón *et al.*, 2012). Los cultivares presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí, el cultivar chaucha llegó a esta etapa en menos días que la super chola (Tabla 5), esto se relaciona con las características fisiológicas de los cultivares. Al analizar las condiciones térmicas demostró que en el micro túnel + estufa, la floración se presentó de forma más temprana en los dos cultivares (68 y 50 días) (Figura 6). Sin embargo, en esta variable no se evidenció diferencias significativas entre el tratamiento de micro túnel y testigo (Tabla 4).

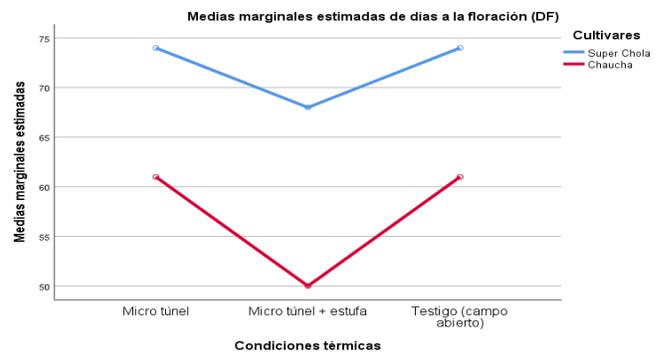


Figura 6. Días a la floración, en las condiciones térmicas en función a los cultivares de papa

Peso de tubérculos por tratamiento: En el primer factor, los cultivares de papa Super Chola y Chaucha no mostraron diferencias significativas (Tabla 5), mientras que al analizar las diferencias entre los tratamientos del segundo factor (condiciones térmicas), se observó al micro túnel + estufa como el mejor tratamiento debido a que se obtuvo mayor peso de tubérculos en los cultivares Superchola y Chaucha (40,0 lb igual a 18,18 kg y 40,5 lb equivalente a 18,41 kg), seguidas de micro túnel (34,4 lb = 15,64 kg y 36 lb = 16,36 kg), diferenciándose significativamente del testigo el cual presenta medias más bajas (21,3 y 32,3 lb que representan 9,68 y 14,68 kg) (Figura 7). Estos resultados se asemejan al estudio realizado por Insuasty & Jurado (2019) en el cultivo de remolacha, quien menciona que, bajo micro túneles obtuvo mejores resultados en cuanto a la producción de raíces, valores altos en fibra y proteínas.

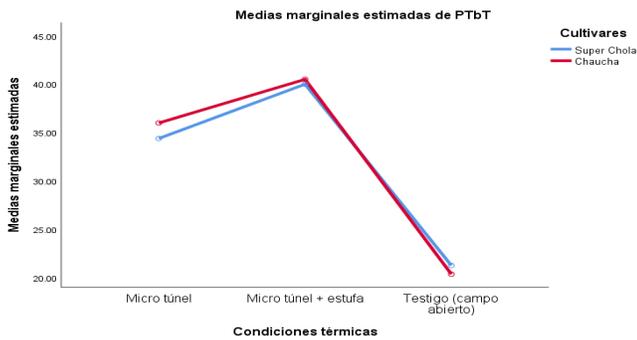


Figura 7. Peso de tubérculo por tratamiento en las condiciones térmicas en función a los cultivares de papa

Días a la cosecha: En esta variable los cultivares de papa Super Chola y Chaucha presentaron diferencias estadísticas significativas (Tabla 5), el cultivar Chaucha resultó ser el cultivar más precoz para completar su ciclo vegetativo, estos resultados coinciden con el estudio realizado por Rojas & Seminario (2014). A su vez Araque (2019) indica los días a la cosecha de los cultivares de papa y menciona que, el cultivar superchola es de maduración tardía. La tabla 4 indica que en las condiciones térmicas fueron similares los tratamientos micro túnel y micro túnel + estufa, a diferencia del testigo, el cual se extendió más días a la cosecha en los dos cultivares. Los micro túneles y la temperatura influyeron en la madurez del cultivo, anticipando la cosecha con 27 días en el cultivar chaucha y 33 días en la superchola tal como lo indica la Figura 8. Adicionalmente se observó en el tratamiento testigo la presencia de enfermedades (hojas necróticas) afectando el follaje de las plantas, lo que se puede atribuir que el cultivo a campo abierto fue más susceptible a estos daños.

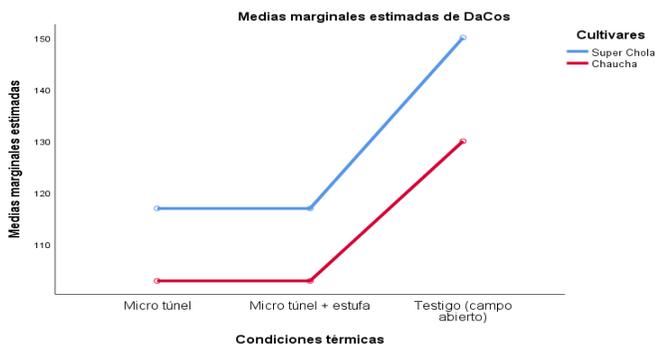


Figura 8. Días a la cosecha en las condiciones térmicas en función a los cultivares de papa

Rendimiento agrícola: Al analizar el primer factor se observó un comportamiento similar de los cultivares, mientras que el segundo factor de condiciones térmicas, existieron diferencias significativas entre ellas (Tabla 4 y 5). El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento de micro túnel + estufa, con una media de 12,77 t ha⁻¹ en el cultivar super chola y en la chaucha 12,61 t ha⁻¹, diferenciándose de manera significativa al testigo que demostró las medias más bajas (6,72 t ha⁻¹ y 6,43 t ha⁻¹) (Figura 9). Estos resultados se relacionan con los estudios realizados por

López Tolentino *et al.*, (2022) en el cultivo de tomate quien obtuvo mejor rendimiento bajo la condición de micro túnel.

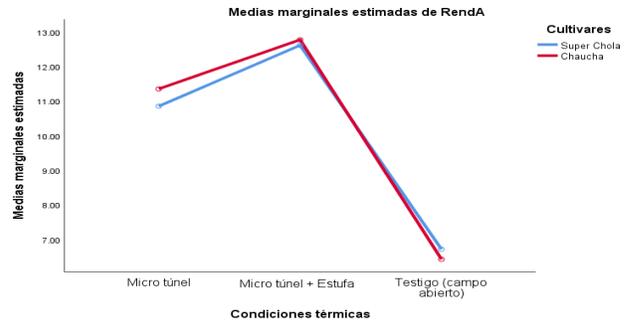


Figura 9. Rendimiento agrícola en las condiciones térmicas en función a los cultivares de papa

CONCLUSIONES

El uso de micro túneles y micro túneles + estufas mostraron los mejores resultados en las variables evaluadas en comparación al tratamiento control, indicando que las cubiertas plásticas protegen al cultivo de los daños que causa la baja temperatura, permiten cosechar en menos tiempo y mejoran significativamente la producción.

Dentro del tratamiento micro túneles + estufas, se obtuvo las mejores respuestas en las variables relacionadas con la productividad, debido a que, al encontrarse las plantas en su ambiente adecuado, producen más hojas realizando con normalidad los procesos fotosintéticos que ayudan a su nutrición, esto se evidencia al obtener mayor número y peso de tubérculos.

El uso de micro túneles y estufas presentan una alternativa para los pequeños agricultores, ya que permite obtener buena producción en épocas de baja temperatura, evitando las pérdidas económicas de los agricultores.

Los cultivares de papa superchola y chaucha se comportaron de manera similar demostrando que no existe inferencia fisiológica para la emisión de hojas; a diferencia de la variable días a la cosecha en la cual el cultivar chaucha completó su ciclo vegetativo con 14 días de anterioridad al cultivar super chola.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Abad Abad, CF, Jiménez Álvarez, LS, & Capa Mora, ED (2020). Efecto de la cubierta (microtúnel) en la productividad de dos variedades de fresa (*Fragaria vesca*) en el sector Cajanuma cantón Loja. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 31 (1), 131-141. <https://lagranja.ups.edu.ec/index.php/granja/article/view/31.2020.10>

- Araque Ipiales, L. M. (2019). Evaluación del rendimiento y calidad nutricional del cultivo de papa (*solanum tuberosum*), var. super chola, bajo aplicaciones de biol mejorado, comunidad San Luis de Agualongo, parroquia San Juan de Ilumán, cantón Otavalo (Bachelor's thesis). <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9864/3/03%20AGP%20251%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
- Basantes, F., Aragón Suárez, J. P., Albuja Illescas, L. M., & Vásquez Hernández, L. Del R. (2020). Diagnóstico de la situación actual de la producción y comercialización de la papa (*solanum tuberosum* L.) en la zona 1 del Ecuador. *E-agronegocios*, 6(2), 103–120. <https://doi.org/10.18845/ea.v6i2.5103>
- Cerón-Lasso, M., Alzate-Arbeláez, A. F., Rojano, B. A., & Ñuztez-Lopez, C. E. (2018). Composición fisicoquímica y propiedades antioxidantes de genotipos nativos de papa criolla (*solanum tuberosum* grupo phureja). *Información tecnológica*, 29(3), 205-216. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642018000300205
- García, W., Delfín, M., & Azero, M. (2017). Escenarios de cambio climático y sistematización de tecnologías campesinas e innovaciones tecnológicas contra las heladas. *Acta nova*, 8(2), 186–204. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892017000200003&script=sci_abstract
- Insuasty-Santacruz, E., & Jurado-Gámez, H. (2019). Remolacha forrajera *Beta vulgaris* sembrada en Microtúneles y su efecto en parámetros productivos del cuy. <https://core.ac.uk/download/pdf/270304704.pdf>
- INIAP. (2022). *Catálogo de variedades de papa en Ecuador*. 15-32. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5850/1/CATALOGO%20PAPA%202022>.
- Jerez-Mompié, E., Martín-Martín, R., & Morales-Guevara, D. (2017). Evaluación del crecimiento y composición por tamaño de tubérculos de plantas de papa para semilla. *Cultivos tropicales*, 38(4), 102-110. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362017000400015
- Koch, M., Busse, M., Naumann, M., Jákli, B., Smit, I., Cakmak, I., Hermans, C., & Pawelzik, E. (2019). Differential effects of varied potassium and magnesium nutrition on production and partitioning of photoassimilates in potato plants. *Physiologia plantarum*, 166(4), 921–935. <https://doi.org/10.1111/ppl.12846>
- Koch, M., Naumann, M., Pawelzik, E., Gransee, A., & Thiel, H. (2020). The importance of nutrient management for potato production part i: plant nutrition and yield. *Potato research*, 63(1), 97–119. <https://doi.org/10.1007/s11540-019-09431-2>
- Liu, J., Macrae, M. L., Elliott, J. A., Baulch, H. M., Wilson, H. F., & Kleinman, P. J. (2019). Impacts of cover crops and crop residues on phosphorus losses in cold climates: a review. *Journal of environmental quality*, 48(4), 850-868. <https://doi.org/10.2134/jeq2019.03.0119>
- López Tolentino, G., Muñoz Osorio, G. A., Marín Colli, E. E., Castillo López, E., & Jiménez Chi, J. A. (2022). Composta artesanal sola o con microtúnel sobre el crecimiento y rendimiento de tomate (*solanum lycopersicum* L.). *Avances en investigación agropecuaria*, 26(1). <https://doi.org/10.53897/revaiia.22.26.27>
- Mora, J., Velasco, C., Mejía, A., & Flores, R. (2018). Miedos perdidos en la cadena papa en Ecuador. international potato center. <https://doi.org/10.4160/9789290604921>
- Martín Martín, R., & Jerez Mompié, E. (2017). Efecto de las temperaturas en el rendimiento de la papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad Romano. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 75-80. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000100009&script=sci_arttext&tling=en
- Rojas Mercado, L. P., & Seminario Cunha, J. F. (2014). Productividad de diez cultivares promisorios de papa chaucha (*Solanum tuberosum*, grupo Phureja) de la región Cajamarca. *Scientia Agropecuaria*, 5(4), 165-175. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172014000400001&script=sci_arttext&tling=pt
- Salomón Díaz, J. L., Castillo Hernández, J. G., Estévez Valdés, A., Arzuaga Sánchez, J. A., Ortiz Castiello, Ú., Torres de la Noval, W., & Ramiro Vásquez, E. (2012). Estudio de la floración y producción de semilla botánica de polinización libre en genotipos de papa (*Solanum tuberosum*, L.) en Cuba. *Cultivos Tropicales*, 33(2), 61-67. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362012000200009
- Sapino, V. (2018). Información Técnica de cultivos de invierno. Campaña 2018. EEA Rafaela. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_rafaela_cultivos_inv_2018.pdf#page=65

Villavicencio, A., Park, C. H., Cho, K., Bae, R., Peñahe-
rreira, D., Narváez, G., López, V., Camacho, J., Suqui-
llo, J., Yumisaca, F., Asaquibay, C., Nieto, M., Ortega,
D., Quimbiamba, V., Torres, C., Naranjo, E., Cuenca,
S., & Alvarez, R. (2022). Sustainable potato pro-
duction in the mountain area of ecuador, an approach
to increase productivity with small scale farmers.
Agricultural sciences, 13(10), 1080–1090. [https://doi.
org/10.4236/as.2022.1310066](https://doi.org/10.4236/as.2022.1310066)

Zuñiga Chila, S., Morales Espinoza, C., & Estrada Mar-
tínez, M. (2017). Cultivo de la papa y sus condiciones
climáticas. *Gestión ingenio y sociedad*, 2(2), 140-152.
<http://gis.unicafam.edu.co/index.php/gis/article/view/60>

EVALUACIÓN DE LA ADAPTACIÓN Y PRODUCCIÓN DE CULTIVARES DE FRESA CON EFECTO MICROTUNEL EN EL CANTÓN CHILLA

EVALUATION OF THE ADAPTATION AND PRODUCTION OF STRAWBERRY CULTIVARS WITH MICROTUNNEL EFFECT IN CANTON CHILLA

Evelyn Gianella Riofrio Vega

Email: eriofrio3@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3445-7263>

Kerly Janella Pacheco Bermeo

Email: kpacheco2@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0225-849X>

Irán Rodríguez Delgado

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

Universidad Tecnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Riofrio Vega, E. G., Pacheco Bermeo, K. J., Rodríguez Delgado, I. (2023). Evaluación de la adaptación y producción de cultivares de fresa con efecto microtúnel en el Cantón Chilla. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 132-137. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La agricultura a nivel mundial requiere cultivos de alto rendimiento, adaptables a las condiciones de cada región para obtener mejores producciones y reducir el estrés biótico o abiótico. El objetivo del estudio experimental fue evaluar la adaptación y producción de cultivares de fresa con efecto de micro túnel en el cantón Chilla, El Oro, Ecuador, para ello se aplicó un diseño en bloques completamente al azar en un área 36m² donde se usaron tres cultivares, Monterrey, San Andreas y Albión, replicados aleatoriamente tres veces generándose nueve parcelas experimentales. La recolección de datos se efectuó en 10 plantas en cada unidad experimental y las variables morfológicas y agronómicas fueron medidas a partir de los 0 días del trasplante, periódicamente cada 15 días hasta el momento de la cosecha. Se utilizó el análisis de varianza de un factor intergrupos para determinar la presencia o no de diferencias estadísticas entre tratamientos. Dentro de las variables agronómicas como, altura de planta, número de hojas y número de flores no se encontraron diferencias significativas, sin embargo, el cultivar San Andreas fue el que mejores resultados obtuvo en cuanto al rendimiento agrícola.

Palabras clave:

Cultivares, adaptación, rendimiento agrícola.

ABSTRACT

Agriculture on a global scale requires high-yield crops, adaptable to the conditions of each region in order to achieve better yields and reduce biotic or abiotic stress. The aim of the experimental study was to evaluate the adaptation and production of strawberry cultivars with micro-tunnel effect in the canton Chilla, El Oro, Ecuador. For this purpose, a completely random block design was applied in a 36m² area where three cultivars, Monterrey, San Andreas and Albion, were randomly replicated three times, generating nine experimental plots. Data collection was carried out in 10 plants in each experimental unit and morphological and agronomic variables were measured from 30 days after transplanting, periodically every 15 days until the moment of harvest. The inter-group factorial analysis of variance was used to determine the presence or absence of statistical differences between treatments. Within the agronomic variables such as plant height, number of leaves and number of flowers, no significant differences were found, however, the San Andreas cultivar was the one that obtained the best results in terms of agricultural yield.

Keywords:

Cultivars, adaptation, crop yield.

INTRODUCCIÓN

La agricultura a nivel mundial necesita cultivos de buen rendimiento, que se cultiven en dependencia de las diferentes zonas de producción, con el fin de obtener buenas producciones y mantener al cultivo bajo un menor estrés biótico o abiótico, con el fin de alcanzar un buen rendimiento especialmente en cultivos frutales, los cuales son susceptibles a bajar la producción bajo condiciones de estrés (Lynch, 2019).

Cada día hay más personas en el planeta, y el crecimiento demográfico exige una mayor producción de alimentos, lo que a su vez aumenta la presión sobre los recursos del suelo. La agricultura se enfrenta a graves problemas de degradación del suelo, siendo los sistemas de agricultura intensiva y el uso desequilibrado de fertilizantes los principales factores de desequilibrio de nutrientes, reducción de la fertilidad del suelo y disminución de la productividad y calidad de los alimentos (Álvarez et al., 2018).

Las fresas ocupan un lugar importante en la industria frutícola mundial y son conocidas por su atractivo color, alto valor nutritivo, sabor característico, crecimiento precoz y excelente rendimiento; son muy susceptibles al ataque de patógenos, por lo que se utilizan insecticidas para combatirlos. Los estudios han demostrado que los pesticidas pueden estar relacionados con el asma, la leucemia y diversos tipos de cáncer. La sostenibilidad de los sistemas agrícolas, sin comprometer la calidad del medio ambiente y la conservación de los recursos, es una cuestión importante hoy en día (Yadav et al., 2017).

La producción de fresas se desarrolla en 76 países, China es el mayor productor y las cinco principales naciones productoras también incluyen a EE. UU., México, Turquía y España, en la actualidad la producción continúa aumentando, particularmente en Asia, América del Norte y Central y África del Norte, con un aumento correspondiente de la demanda en muchas partes del mundo (Simpson, 2018); en Ecuador para el año 2020 se produjo 502 toneladas de fresas frescas para exportación, con rendimiento de 14440 kg/ha y una área cosechada de 24882 ha (FAOSTAT, 2022). La producción de la fresa en Ecuador se realiza en tres tipos de acuerdo a la extensión gran escala, donde el manejo técnico de cultivo es más estricto, media escala donde se controla de manera correcta y pequeña escala donde se produce, pero principalmente en agricultura familiar en zonas con climas templados y fríos.

En la provincia de El Oro una de las zonas con mayor producción de la fresa es el cantón Chilla, donde su agricultura es de tipo familiar, los sitios donde se producen frutas y hortalizas de climas templados (Belduma et al., 2020). En este cantón, no se cuenta con cultivares nacionales que den buen rendimiento, tampoco se han reportado estudios dentro de la provincia. Estudiar la fresa ha permitido conseguir logros notables como transformar el cultivo de una planta con una temporada corta de producción y un rendimiento modesto de fresas pequeñas y blandas a una planta altamente productiva capaz de cosechar durante

un largo período con fresas grandes y firmes adecuadas para el envío a largo plazo (Hidrobo-Chavez et al., 2022).

Históricamente, la producción comercial de fresas comenzó a ser importante a principios del siglo XIX tras la obtención de cultivares mejorados de la fresa cultivada (*Fragaria ananassa*), mientras que las frambuesas siguieron varias décadas más tarde en el siglo tras la hibridación de las cultivares europeas y norteamericanas subespecie de la frambuesa roja (*Rubus idaeus*) (Finn et al., 2013). En este sentido, el mejoramiento de los cultivos y la respuesta de adaptación de las cultivares de fresas ha permitido, que la producción se extendió gradualmente a muchas otras partes del mundo y los cultivos de fresas aumentaron constantemente su importancia económica, particularmente en el período de posguerra, cuando los cultivares mejorados y las nuevas prácticas agronómicas dieron como resultado una extensión de la temporada de producción (Hosseini-Fashami et al., 2019).

Los factores genéticos y medioambientales influyen en el crecimiento de las plantas, la productividad y la calidad de los frutos. La disponibilidad de agua, las temperaturas diurna y nocturna y la intensidad de la luz solar están relacionadas con el tamaño del fruto. Las variedades y especies de fresa están relacionadas con la temperatura y el fotoperíodo. Las altas temperaturas en condiciones de vivero pueden afectar a la calidad de la descendencia, mientras que en producción pueden afectar al rendimiento y al tamaño del fruto (Rodríguez-Bautista et al., 2012).

Por esta razón, es relevante evaluar la respuesta o la expresión fenotípica de los cultivares de fresa mejorados de buen rendimiento y calidad comercial como; San Andreas que tiene un aspecto especial y es particularmente superior a la de Albión, su fruta es de muy alta calidad (Barrios et al., 2014). El cultivar Albión tiene la característica de ser una excepcional en cuanto a su fruto y tamaño (Ornelas-Paz et al., 2013) y el cultivar Monterrey que es una variedad fuertemente neutra con abundante floración, tiene una producción estable con un comportamiento similar a Albión y en el mercado tiene excelentes cualidades en fresco ya que es una variedad que produce frutos con un sabor y dulzura excepcionales (Karaca & Pirlak, 2022).

La mejora de los cultivos ha permitido que se creen nuevos cultivares de fresa. A través de la mejora y los sistemas agronómicos innovadores han hecho que estén disponibles durante todo el año, por lo que los consumidores ya no las consideran un cultivo estacional; su popularidad sigue aumentando en la mayoría de los países porque se considera un alimento saludable, asequible, agradable de comer y que requiere una preparación mínima. El desafío que enfrentarán los productores será satisfacer la creciente demanda de una manera sostenible y rentable (Xing et al., 2020).

Estratégicamente el cantón Chilla tiene las condiciones edafoclimáticas, recursos económicos y recursos humanos para la producción del cultivo, que permitan tener mejor autonomía a la provincia. Sin embargo, no se ha

realizado estudios que permitan conocer la mejor variedad económicamente rentable para ser producido.

El objetivo del estudio fue evaluar la adaptación y producción de cultivares de fresa con efecto e micro túnel en el cantón Chilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación y caracterización del área de estudio

La presente investigación se realizó en Cantón Chilla, Provincia de El Oro, Ecuador; a 03°27'30" latitud sur y 79°35'52" longitud Noreste, ubicado a una altitud de 2410 msnm (Figura 1).

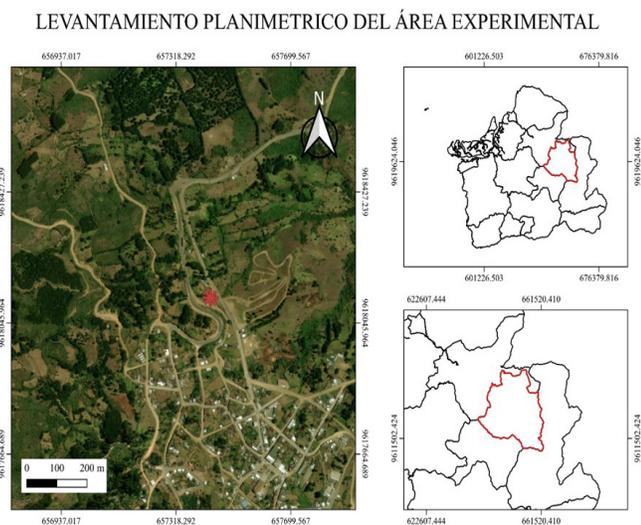


Figura 1. Ubicación del área experimental del estudio

La extensión del cantón Chilla es de 289 km², sus límites son al norte Cantón Pasaje, al sur con los cantones de Zaruma y Atahualpa, al este cantón Zaruma. El cantón contiene diversos suelos de acuerdo con su altitud, en general son suelos de clase textural franco arcillo arenosos, limosos, arcillosos arenosos, arenosos. Las temperaturas que caracterizan el cantón dependen de la altitud, presentándose valores entre 8°C–12°C en la máxima altitud, 12°C–15° en la altitud media y de 20°C–30°C altitud baja (Zhiminaicela-Cabrera et al., 2020).

Diseño experimental

Se utilizó un diseño en bloques completamente al azar, ya que se manipuló un factor de estudio con tres cultivares de fresa (Albión, Monterrey y San Andreas), replicados aleatoriamente tres veces (12 m de largo x 1 m de ancho=12 m² de área neta en cada bloque) generándose nueve parcelas experimentales, agrupadas en bloques para reducir o atenuar el efecto causado por un factor no controlado, en este caso la fertilidad del suelo.

Material vegetal

El material vegetal fue obtenido de la Ciudad de Quito, de la empresa MAXS AGRO, donde se adquirieron 100 plantas de cada cultivar, en condiciones adecuadas para realizar el trasplante de plántulas.

El cultivar San Andreas, tiene aspecto especial y es particularmente superior a la de Albión al principio de la temporada. La fruta de San Andreas tiene un color ligeramente más claro y presenta características similares tras la cosecha. El sabor de San Andreas es excepcionalmente similar al de Albión. San Andreas tiene una buena resistencia a las enfermedades y no requiere ninguna precaución especial. Su fruta suele ser de muy alta calidad (Barrios et al., 2014).

El cultivar Albión, tiene buenos rendimientos en zonas de clima montañoso (templado y frío). Debido a que no se ven afectadas por la duración del día y producen frutos de forma constante. Por lo tanto, se recomienda para zonas de clima como las condiciones climáticas del cantón Chilla (Polat et al., 2016).

El cultivar Monterrey, es de característica fuertemente neutra con abundante floración. Tiene una producción estable con un comportamiento similar al cultivar Albión. Excelentes cualidades para el mercado en fresco ya que es una variedad que produce frutos con un sabor y dulzura excepcionales (Ornelas-Paz et al., 2013).

Manejo del ensayo

Primeramente, se realizó la selección y reconocimiento del área de estudio. La limpieza del terreno se realizó con machete, pala y rastrillo.

En la preparación del suelo se procedió a retirar una capa de una profundidad de 50 cm aproximadamente, adicionando una capa de cal con la finalidad de evitar la incidencia de posibles plagas, posteriormente se adicionó fertilizante orgánico avícola donde se combinó el material para luego cubrir el área de cada parcela. Se efectuó un sistema de riego por goteo con separación de 30 cm entre goteros, se utilizó acolchado agrícola color negro, para cubrir el suelo con la finalidad de proteger el cultivo de agentes atmosféricos y facilitar el control de arvenses. Se realizaron perforaciones cada 30 cm a tresbolillo. Al material vegetal se le realizó un corte de raíz a 5 cm del estolón, antes de realizar el trasplante se aplicó un insecticida en 1 cm x litro de agua y fungicida ridomil gold 20 g en 20 litros de agua por 5 minutos, luego se realizó el trasplante con una profundidad de 6 cm, adicionalmente se realizaron aplicaciones foliares de boro y calcio para mejorar el desarrollo. Dentro de las prácticas culturales se realizó la poda a partir de la quinta semana luego del trasplante efectuándose cada 15 días, posteriormente se colocó la cubierta plástica con siete tubos de PVC de ¾ de diámetro, separada cada 2 metros respectivamente, el plástico utilizado color transparente es de 6 micras con la finalidad de evitar afecciones climáticas. La recolección de datos comenzó a los 30 días posterior al trasplante de plántulas y se efectuó cada 15 días.

Recolección de datos

Los datos fueron recolectados mediante la medición de diversas variables: altura de la planta cada 15 días hasta cumplir los 120 días tras el trasplante, medida con ayuda de una cinta métrica; número de hojas por planta, el conteo se realizó cada 15 días desde los 30 días tras el trasplante hasta el final de la investigación, excluyendo aquellas que se encontraban en proceso de amarilleo o vejez; número de flores por planta, conteo que se inició a partir de los 120 días tras el trasplante y se prolongó hasta el final de la investigación; peso del fruto por unidad experimental, basado en el número de frutos por planta y el peso promedio por área de cada cultivar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Altura de planta

Se observó que la altura de plantas en los diferentes cultivares de fresa, no mostraron diferencias estadísticas significativas (p -valor $>0,05$); evidenciándose que el cultivar Albión alcanzó una altura de planta de 28,1cm valores similares a los obtenidos por diferencia en su media con 28,1 cm, siendo ligeramente más alto que los demás cultivares Monterrey y San Andreas, que mostraron los mismos resultados en cuanto a la altura del cultivo con un valor de 28 cm. Lo que indica que independientemente del cultivar utilizado no habrá influencia en la variable analizada. (Figura 2).

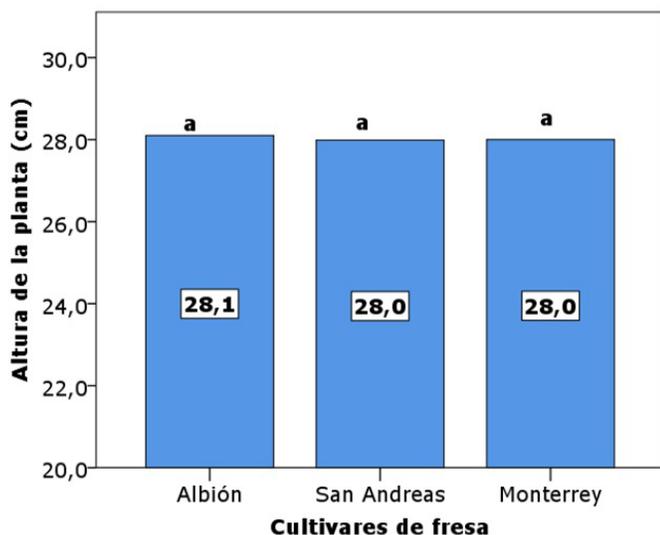


Figura 2. Efecto de los cultivares de fresa en la altura de la planta.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los cultivares de fresa (Prueba de Duncan)

Los resultados obtenidos difieren de los hallazgos de Olives (2022), quien demostró en el invernadero con aclimatación de plantas madre de cultivares de fresa, ubicado en el anexo de Espadilla, distrito de Molinopmapa durante los meses de junio y diciembre del año 2017 que el cultivar Monterrey tuvo el promedio más alto entre los demás cultivares Albión y San Andrea. Sin embargo, en su investigación no se encontraron diferencias estadísticamente

significativas para esta variable entre los cultivares. Sin embargo, el trabajo realizado por Huacón (2020) en un sistema hidropónico NFT del Cantón Guayaquil, Guayas, mostró que el cultivar Albión obtuvo una altura de la planta de 19,3 cm, seguido de Monterrey con 18,5 cm y San Andrea con 15,2 cm.

Número de hojas por planta

Los resultados de la presente investigación evidencian que el cultivar Albión (p -valor $>0,05$), con una media de 35 hojas, no presentó diferencias estadísticas significativas en cuanto a los cultivares Monterrey y San Andreas, ambos con una media de 34 hojas. Esto sugiere que, independientemente de la variedad utilizada, el crecimiento y desarrollo de las plantas será similar desde el punto de vista estadístico (Figura 3).

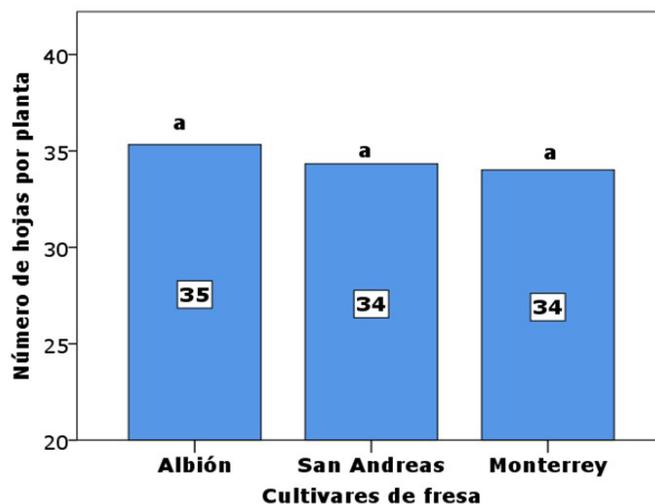


Figura 3. Efecto de los cultivares de fresa en el número de hojas por planta.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los cultivares de fresa (Prueba de Duncan)

El cultivar Albión obtuvo el mayor número de hojas en la presente investigación con 35 hojas, difiriendo significativamente de los resultados obtenidos por Oliva (2018), donde el cultivar Albión obtuvo la media más baja con 22,3 hojas, seguido por Monterrey y San Andreas con 22,64 y 22,40 hojas respectivamente.

Número de ramas por planta

En relación con el número de ramas por planta a partir de los 30 días luego del trasplante, los resultados estadísticos no mostraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, las variedades San Andreas y Monterrey presentan una media de 12 ramas, igualando estadísticamente a la variedad Albión, que exhibe un valor mínimo de 11 ramas. Estos hallazgos sugieren que el cultivar no influye en el número de ramas por planta (Figura 4).

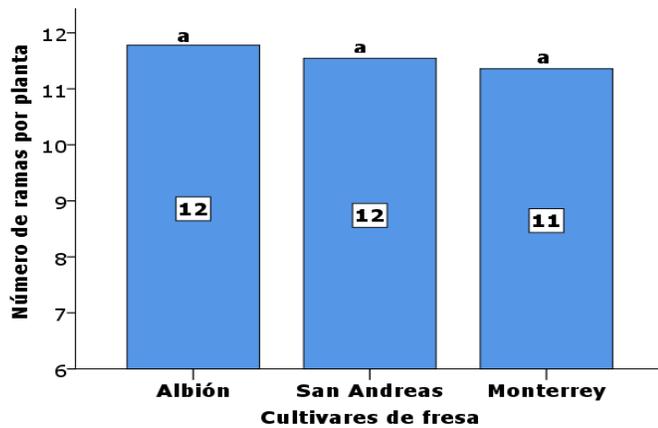


Figura 4. Efecto de los cultivares de fresa en el número de ramas por planta.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los cultivares de fresa (Prueba de Duncan)

Número de flores por planta

En relación con el número de flores por planta, no existió diferencias estadísticas significativas para un p-valor ($p > 0,05$) entre los cultivares estudiados; se mostró que el cultivar Albión alcanzó una media de 25 flores por planta, siendo ligeramente más alto a los cultivares Monterrey y San Andreas, que obtuvieron un valor de 23 y 22 flores por planta respectivamente. (Figura 5).

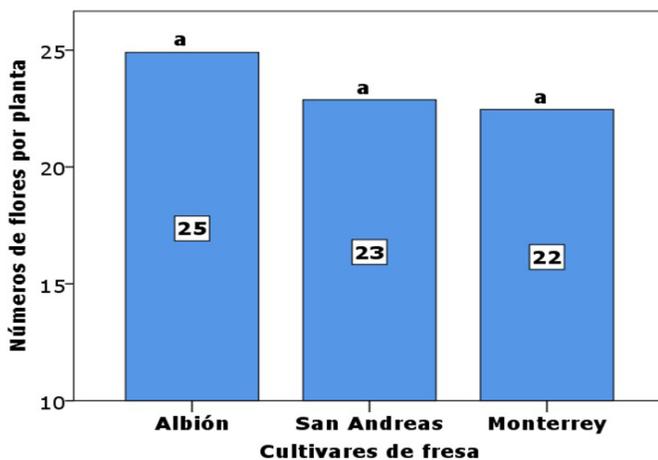


Figura 5. Efecto de los cultivares de fresa en el número de flores por planta al momento de la cosecha

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

Los resultados obtenidos son similares a los de Gabriel et al., (2018), quienes llevaron a cabo un estudio en el Sector de Olericultura del Departamento de Agricultura de la Universidad Federal de Lavras, ubicada a 918 msnm. Estos encontraron que el cultivar Albión tuvo la mejor producción de flores por planta, seguido por San Andreas y Monterrey.

Rendimiento agrícola

Los resultados obtenidos en relación al rendimiento agrícola de fresa logran demostrar que el cultivar San Andreas obtuvo un promedio de $7,12 \text{ t ha}^{-1}$, siendo estadísticamente significativo en comparación con el cultivar Albión con una media de $4,37 \text{ t ha}^{-1}$ resultado igual estadísticamente al cultivar Monterrey con una media de rendimiento de $4,31 \text{ t ha}^{-1}$ (Figura 6).

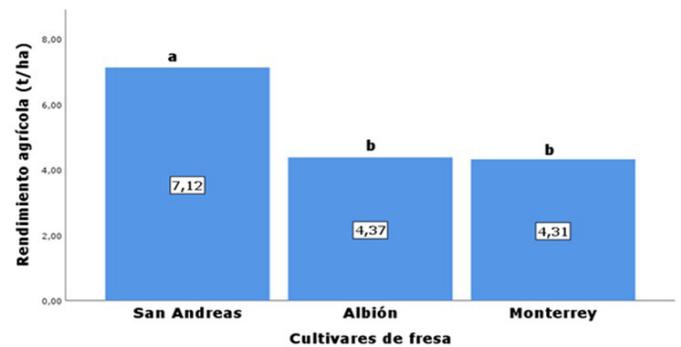


Figura 5. Efecto de los cultivares de fresa en el rendimiento agrícola del cultivo.

*Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas entre los cultivares utilizados (Prueba de Duncan)

Mora y Ivars (2019) en su trabajo evidenciaron resultados similares a los obtenidos, en el experimento realizado en la chacra del productor Ceferino Messina, en la localidad de Los Antiguos, provincia de Santa Cruz, Argentina, bajo el sistema de cubierta de micro túneles en el que el mejor cultivar en la variable de rendimiento agrícola fue San Andreas con un valor de $2,19 \text{ t ha}^{-1}$ y la media más baja la obtuvo Albión $605,8 \text{ g/planta}$. Adlercreutz (2012) en el trabajo realizado en AER Mar del Plata, encontró los mismos resultados, mostrando que San Andreas obtuvo el mejor rendimiento con una media de 1.564 kg/planta , seguido de Monterrey (1.552 kg/pl) y de Albión (1.455 kg/pl). Estos resultados confirmaron que el cultivar San Andreas fue el que obtuvo el mejor rendimiento en esta zona, con una media más baja para Albión de $605,8 \text{ g/planta}$.

CONCLUSIONES

La altura de la planta de fresa depende del medio y las condiciones donde se desarrolle, además de la variedad de cultivo seleccionada, lo cual es un factor determinante para la producción de la fresa. En cuanto al número de hojas los resultados de la presente investigación sugieren que no existe una diferencia significativa entre los cultivares en número de hojas obtenidas. Los resultados también muestran que el uso de una variedad específica no afectará significativamente la producción. Esto sugiere que los agricultores que buscan producir la mayor cantidad de biomasa posible deben evaluar los diferentes cultivares disponibles para ver cuál es el mejor para sus condiciones locales. Por otra parte, en el número de flores por planta los resultados obtenidos confirman la resistencia y adaptabilidad del cultivar Albión en condiciones de clima templado. Esto ofrece una alternativa rentable para el productor, ya que el incremento del número de flores, está directamente relacionado con los frutos que se obtienen.

Sin embargo, el rendimiento agrícola al provocar un efecto en el peso del fruto en el cultivar San Andreas generó el mejor rendimiento agrícola, con un promedio de 7,12 t ha⁻¹, diferente a los valores alcanzados por los cultivares de fresa Albión (4,37 t ha⁻¹) y Monterrey (4,31 t ha⁻¹).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adlercreutz, E. (2012). Evaluación de variedades de frutilla de día neutro en el Cinturón Hortícola de Mar del Plata 2011/2012. *Hoja Técnica INTA*.
- Álvarez, M., Tucta, F., Quispe, E., & Meza, V. (2018). Incidencia de la inoculación de microorganismos benéficos en el cultivo de fresa (*Fragaria* sp.). *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 33-42.
- Barrios, S., Lema, P., & Lareo, C. (2014). Modeling Respiration Rate of Strawberry (cv. San Andreas) for Modified Atmosphere Packaging Design. *International Journal of Food Properties*, 17(9), 2039–2051. <https://doi.org/10.1080/10942912.2013.784328>
- Belduma Belduma, R. G., Barrezueta-Unda, S., Vargas Gonzales, O., & Sánchez Romero, O. (2020). Gestión y uso del suelo agropecuario en la zona de rural del Cantón Chilla desde una visión socioeconómica. *Revista Universidad y Sociedad*, 12(1), 299–306.
- FAOSTAT (2022). Producción de Fresas por país y años. <https://www.fao.org/faostat/es/#home>
- Finn, C. E., Retamales, J. B., Lobos, G. A., & Hancock, J. F. (2013). The Chilean Strawberry (*Fragaria chiloensis*): Over 1000 Years of Domestication. *HortScience*, 48(4), 418–421. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.4.418>
- Gabriel, A., Resende, J. T. V., Zeist, A. R., Resende, L. V., Resende, N. C. V., Galvã, A. G., ... & Camargo, C. K. (2018). Phenotypic stability of strawberry cultivars assessed in three environments. *Genetics and Molecular Research*, 17(3).
- Hidrobo-Chavez, J., Ramírez-Villacís, D. X., Barriga-Medina, N., Herrera, K., & León-Reyes, A. (2022). First Report of Neopestalotiopsis mesopotamica Causing Root and Crown Rot on Strawberry in Ecuador. *Plant Disease*, 106(3), 1066. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-21-1278-PDN>
- Hosseini-Fashami, F., Motevali, A., Nabavi-Pelesaraei, A., Hashemi, S. J., & Chau, K. (2019). Energy-Life cycle assessment on applying solar technologies for greenhouse strawberry production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116, 109411. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109411>
- Huacón Darío, H. C. R. (2020). Desarrollo morfológico y rendimiento de tres variedades de fresa mediante un sistema hidropónico NTF cantón Guayaquil, Guayas (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Karaca, N. F., & Pırlak, L. (2022). Studies on Determination of Strawberry Cultivars Suitable for Ere li-Konya Ecological Conditions. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 36(1), 48-57.
- Lynch, J. P. (2019). Root phenotypes for improved nutrient capture: an underexploited opportunity for global agriculture. *New Phytologist*, 223(2), 548–564. <https://doi.org/10.1111/nph.15738>
- Mora, J. C., & Ivars, N. Y. (2019). Evaluación de tres variedades de frutilla (*Fragaria* x *ananassa* Dutch.) bajo dos sistemas, aire libre y micro túnel, como cultivo intercalar en Los Antiguos, Santa Cruz.
- Oliva, M., & Oliva, J. (2018). Producción de plantas hijas a partir de estolones en cinco variedades de fresa (*Fragaria* spp.) manejadas bajo condiciones de invernadero en Molinopampa, Amazonas. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(2), 65-72. <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/394/507>
- Ornelas-Paz, J. de J., Yahia, E. M., Ramírez-Bustamante, N., Pérez-Martínez, J. D., Escalante-Minakata, M. del P., Ibarra-Junquera, V., Acosta-Muñiz, C., Guerrero-Prieto, V., & Ochoa-Reyes, E. (2013). Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* x *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening. *Food Chemistry*, 138(1), 372–381. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.006>
- Polat, M., Okatan, V., & Durna, B. (2016). Effect of different doses of potassium on the yield and fruit quality of 'albion' strawberry cultivar. *Scientific papers-series B-Horticulture*, 60, 75–78.
- Rodríguez-Bautista, G., Calderón-Zavala, G., Jaen-Contreras, D., & Curiel-Rodríguez, A. (2012). Capacidad de propagación y calidad de planta de variedades mexicanas y extranjeras de fresa. *Revista Chapingo. Serie Horticultura*, 18(1), 113-123.
- Simpson, D. (2018). *The Economic Importance of Strawberry Crops* (pp. 1–7). https://doi.org/10.1007/978-3-319-76020-9_1
- Xing, S., Chen, K., Zhu, H., Zhang, R., Zhang, H., Li, B., & Gao, C. (2020). Fine-tuning sugar content in strawberry. *Genome Biology*, 21(1), 230. <https://doi.org/10.1186/s13059-020-02146-5>
- Yadav, I., Singh, J., Meena, B., Singh, P., Meena, S., Neware, S., & Patidar, D. K. (2017). Strawberry Yield and Yield Attributes after Application of Plant Growth Regulators and Micronutrients on Cv. Winter Dawn. *Chemical Science Review and Letters*, 6(21), 589-594.
- Zhiminaicela-Cabrera, J. B., Quevedo-Guerrero, J. N., Reyes, S. N. H., Quinche, A. R. S., & Bermeo-Gualan, L. Y. (2020). Estudio etnobotánico de plantas medicinales e importancia de conservar las especies vegetales silvestres del Cantón Chilla, Ecuador. *Ethnoscintia*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.22276/ethnoscintia.v5i1.332>

SACCHAROMYCES Y LIMOSILACTOBACILLUS : EFECTOS EN LA CALIDAD SENSORIAL DEL LICOR DE CACAO CLONAL CCN-51

SACCHAROMYCES Y LIMOSILACTOBACILLUS: EFFECTS ON THE SENSORY QUALITY OF COCOA LIQUOR CLONAL CCN-51

Bexsy Nathaly Tinimpaguay Cajamarca
E-mail: btinimpag1@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0520-0517>
José Nicasio Quevedo Guerrero
E-mail: jquevedo@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8974-5628>
Edison Fabricio Vera Cruz
E-mail: evera1@utmachala.edu.ec
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7950-5049>
Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Tinimpaguay Cajamarca, B. N., Quevedo Guerrero, J. N., Vera Cruz, E. F. (2023). Saccharomyces y Limosilactobacillus: Efectos en la calidad sensorial del licor de Cacao Clonal ccn-51. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 138-144. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

En la provincia de El Oro se produce una gran cantidad de cacao cuya comercialización se realiza en fresco, lo cual limita obtener mejores precios por cosecha a los productores. El objetivo del presente trabajo fue establecer el efecto *Saccharomyces cerevisiae* y *Limosilactobacillus fermentum* solas y en mezcla durante la fermentación del cacao y en el perfil sensorial del licor obtenido. Se utilizó 4 tratamientos con 3 repeticiones, efectuándose la fermentación del cacao en cajones de madera (Laurel blanco) *Cordia alliodora* con capacidad de 2 kilos, bajo los siguientes tratamientos: T1: *Saccharomyces cerevisiae*, T2: *Limosilactobacillus fermentum*, T3: *Saccharomyces cerevisiae/Limosilactobacillus fermentum*, T4: Testigo, la fermentación duro 72 horas, el secado fue natural. Los resultados obtenidos para el T1 en las variables analizadas: índice de grano, pH y temperatura, prueba de corte, demostraron diferencias significativas ante los otros tratamientos, lográndose un 96% de fermentación buena. La cata de sabores específicos y básicos, determino que el mejor perfil sensorial lo presentó el T1.

Palabras claves:

Levadura, *saccharomyces cerevisiae*, fermentación, calidad, sabores.

ABSTRACT

In the province of El Oro, a large amount of cocoa is produced and marketed fresh, which limits the producers' ability to obtain better prices per harvest. The objective of this study was to establish the effect of *Saccharomyces cerevisiae* and *Limosilactobacillus fermentum* alone and in mixture during cocoa fermentation and on the sensory profile of the liquor obtained. Four treatments with three replicates were used, fermenting the cocoa in wooden crates (white laurel) *Cordia alliodora* with a capacity of 2kg, under the following treatments: T1: *Saccharomyces cerevisiae*, T2: *Limosilactobacillus fermentum*, T3: *Saccharomyces cerevisiae/Limosilactobacillus fermentum*, T4: Control, fermentation lasted 72 hours, drying was natural. The results obtained for T1 in the variables analyzed: grain index, pH and temperature, cut test, showed significant differences compared to the other treatments, achieving 96% good fermentation. The tasting of specific and basic flavors determined that T1 had the best sensory profile.

Keywords:

Yeast, *saccharomyces cerevisiae*, fermentation, quality, flavors.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Teobroma cacao L.*) es un fruto que en la actualidad se lo utiliza como alimento y de estos el más destacado es el licor, un producto muy importante del Ecuador (López & Guncay, 2018), ya que cuenta con una gran demanda a nivel nacional e internacional, por lo que se presume que más del 70% de la producción proviene de Ecuador, además tiene una buena característica especial por su aroma y sabor de esta manera dando una mejor expectativa para los consumidores (Nivela, 2020).

Para el procesamiento del grano es muy importante la etapa de fermentación, ya que se producen los cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y del sabor (Teneda, 2016). También es importante tomar en cuenta para que el producto sea bueno el color de los granos tienen que ser adecuados, verificando el grado de fermentación, de forma que el color violeta revela una fermentación incompleta, mientras que el color pardo indica que la fermentación se ha completado (Andrade *et al.*, 2019).

La levadura es utilizada como fuente principal, en la multiplicación de células encargadas de transformar los azúcares en alcohol dentro del proceso de fermentación, en este caso la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a sido utilizada en la producción de proteínas, además se conoce que es un microorganismo que no afecta al ser humano, por esta razón la utilizamos en fermentación de frutos, en este caso con cacao clonal CCN51 para mejorar su calidad sensorial y dando como resultado un buen producto para el consumidor (Coronel & Valdez, 2019).

El objetivo del presente trabajo fue establecer el efecto *Saccharomyces cerevisiae* y *Limosilactobacillus fermentum* solas y en mezcla durante la fermentación del cacao y en el perfil sensorial del licor obtenido.

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se desarrolló en la Granja Experimental "Santa Inés", ubicada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala. El área de estudio, según los registros del INAMHI, posee una temperatura promedio de 24°C, una precipitación anual media de 630 mm, promedio de 5 horas luz dependiendo de la época, una humedad relativa media de 90%; el suelo posee una textura franca arenosa y franca arcillosa, con un pH neutro de 7. De acuerdo a la zona de vida natural de Holdridge la región corresponde a una zona húmeda tropical (Llanos *et al.*, 2021).

Levaduras usadas: los productos utilizados fueron los siguientes: levadura *Saccharomyces cerevisiae*, levadura *Limosilactobacillus fermentum*.

Material vegetal: para la investigación se tomó un total de 24 Kg de cacao CCN51, se realizó una aplicación de levaduras en el proceso de fermentación, donde se tomó un registro de datos de pH y temperatura de cada tratamiento.

Tratamientos: La tabla 1 resume la composición y número total de muestras que se realizó, evidenciándose cuatro

tratamientos con tres repeticiones cada uno. Se utilizó una concentración de 1×10^6 de levadura *Saccharomyces* y *Limosilactobacillus* en jugo de caña de azúcar. El T4 es el testigo, el cual permitió diferenciar la calidad del cacao de los demás tratamientos con levaduras. El trabajo inició el 21 de noviembre de 2022 con la multiplicación de levaduras en laboratorio y finalizó el 7 de febrero de 2023.

Tabla 1. Tratamientos y su composición

Tratamientos	Composición	Total	Repeticiones
T1	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	2 ml (1×10^6)	3
T2	<i>Limosilactobacillus fermentum</i>	2 ml (1×10^6)	3
T3	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> y <i>Limosilactobacillus fermentum</i>	2 ml (1×10^6)	3
T4	Testigo		3

Metodología

Identificación de levaduras

Para la identificación de levaduras se procedió a realizar una siembra, se identificó las estructuras mediante microscopio en base a la información Taxonómica presentada en el trabajo de investigación del autor Huamán, (2017).

Tabla 2. Taxonomía de la levadura *Saccharomyces*

Reino	Fungi
División	Ascomycota
Clase	Saccharomycetes
Orden	Saccharomycetales
Familia	Saccharomycetaceae
Genero	<i>Saccharomyces</i>
Especie	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>

Tabla 3. Taxonomía de la levadura *Limosilactobacillus*

Reino	Mónera
División	Bacillota
Clase	Bacilos
Orden	<i>Lactobacillales</i>
Familia	<i>Lactobacillaceae</i>
Genero	<i>Limosilactobacillus</i>
Especie	<i>L. fermentum</i>

Reproducción de levaduras

En este caso se realizó un conteo de esporas de cada una de las levaduras: *S. cerevisiae* y *L. fermentum*. Para su reproducción, se utilizó 400 ml de jugo de caña de azúcar, a los cuales se agregó 2 gramos de cada levadura. Durante 4 días se agitó la mezcla con el fin de oxigenar la solución creada y de esta manera obtener la mayor cantidad de esporas. Transcurridos los 4 días se procedió a realizar el conteo de esporas.

Conteo de esporas

Se tomó 1 ml de la solución anteriormente realizada, el cual fue diluido en 300 ml de agua destilada para realizar el conteo respectivo de cada levadura con el fin de conocer la concentración de esporas que se obtuvo en cada solución y de esta manera saber la cantidad que se utilizará para llegar a la concentración deseada de 1×10^6 , la cual será aplicada por cada kg de cacao, como lo realizaron en su investigación (Chagas *et al.*, 2021).

Concentración utilizada

La concentración de 1×10^6 se consideró para esta investigación debido a los resultados favorables que obtuvieron en sus investigaciones los autores Chagas *et al.*, (2021). Al transcurso de 4 días se realizó una dilución de 300 ml de agua destilada y un 1 ml de la solución de jugo de caña con la levadura. Luego se efectuó el conteo de esporas para conocer la concentración de las levaduras por cada kilogramo de cacao de acuerdo a fórmula (1) (Cuenca *et al.*, 2022) modificado por los autores:

$$X / 5 * 25 * Fd * 10000 = \text{número de esporas por g/ml}$$

Donde:

X= número de esporas promedio de los 5 cuadrantes.

5= total de cuadrantes.

25= volumen cámara Neubauer.

Fd= Factor de dilución (cantidad de agua destilada a colocar 300ml).

10000= 1ml de solución.

Tabla 4. Cálculo de concentración

Levadura	Esporas por cuadrante	concentración
	1 cuadrante=83	Total = $393 / 5 = 78,6 * 25 * 300 * 10000 = 5.89 \times 10^9$
	2 cuadrante=73	
<i>S. cerevisiae</i>	3 cuadrante=76	
	4 cuadrante=72	
	5 cuadrante=89	

	1 cuadrante=16	Total = $108 / 5 = 21,6 * 25 * 300 * 10000 = 1.62 \times 10^9$
	2 cuadrante=25	
<i>L. fermentum</i>	3 cuadrante=22	
	4 cuadrante=19	
	5 cuadrante=26	

Fermentación

En este proceso se trabajó con cajones de madera con medidas de $25 \times 25 \text{ cm}^2$ en el cual se colocó:

- 2 ml de solución de jugo de caña de azúcar con levadura *S. cerevisiae* en 4 kg de cacao, para el T1 y sus repeticiones.
- 2 ml de solución de jugo de caña de azúcar con levadura *L. fermentum* en 4 kg de cacao para el T2 y sus repeticiones.
- 2 ml de solución de jugo de caña de azúcar con levadura *S. cerevisiae* y *L. fermentum* en 4 Kg de cacao para el T3 y sus repeticiones.
- Sin aplicaciones para el T4 y sus repeticiones.

Variables evaluadas en el proceso de fermentación

pH: se midió cada 12 horas durante 3 días desde el inicio de fermentación, para esto se tomó 10 almendras de cacao trituradas sin mucilago, luego se mezcló con agua destilada y se recolectó los datos mediante el medidor digital de pH.

Temperatura: tomada con la ayuda de un termómetro digital en un intervalo de 12 horas desde el inicio de la fermentación.

Variables evaluadas luego del secado de cacao

Índice de grano: se determinó tomando 100 almendras de cacao de cada tratamiento y procediendo a pesar en una balanza analítica.

Prueba de corte: se tomaron 50 almendras de cada tratamiento y luego se recolectaron los datos de fermentación buena y media utilizando los descriptores (Vera *et al.*, 2020).

Prueba de sabores: se utilizó licor de cacao (chocolate) una vez elaborado para realizar la prueba de sabores, en la cual se distinguen los siguientes: cacao, floral, frutal, nuez, caramelo, amargo, acidez y astringencia; estas fueron extraídas de los estudios de Vera *et al.*, (2020).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la siguiente tabla de ANOVA de las distintas variables muestra que no hay significancia en índice de grano, pH, temperatura ya que son mayores al valor ($p=0,05$), a diferencia de fermentación buena y media que si hay

significancia, ya que sus valores son inferiores al valor de significancia establecido.

Tabla 5. Resultados del ANOVA de un factor

Variable	IG	pH	T°	Fbuena	Fmedia
Sig (0,05)	,466	,251	,111	,000	,000

Índice de grano

Mediante el estudio realizado se obtuvo como resultado para la variable de índice de grano, de los tratamientos utilizados *S. cerevisiae*, con un peso de 1,68-1,77 g indicando similitudes con el testigo, ya que esta obtuvo alrededor de 1,65-1,68 g de peso.

Esta igualdad de peso entre *S. cerevisiae* y el testigo coinciden con los datos obtenidos por el autor Otárola (2018) que menciona el promedio de rendimiento en peso del grano es de 1,41 g con levadura *S. cerevisiae* y del testigo que obtuvo un peso de 1,39 g.

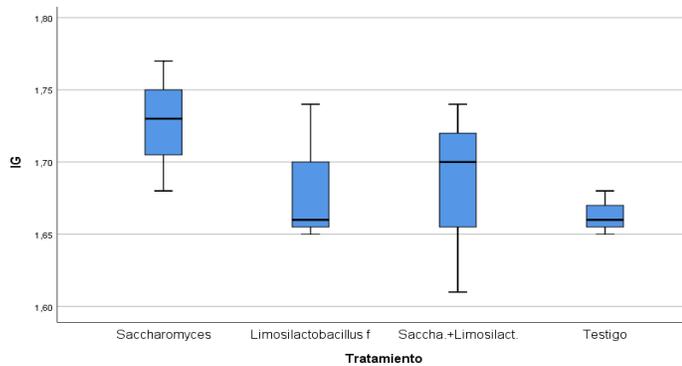


Figura 1. Medias y cuartiles para índice de grano

pH

En el siguiente diagrama de pH (figura 2) se puede apreciar que el tratamiento de *S. cerevisiae* tiene un rango de 6,8 - 7, mientras que el testigo obtuvo un valor inferior entre 6,4 - 6,7, demostrando un mejor resultado con levadura *Saccharomyces*. Sin embargo, Rodríguez *et al.*, (2016) reportan un pH de 4,90 - 5,10 con la aplicación de levadura.

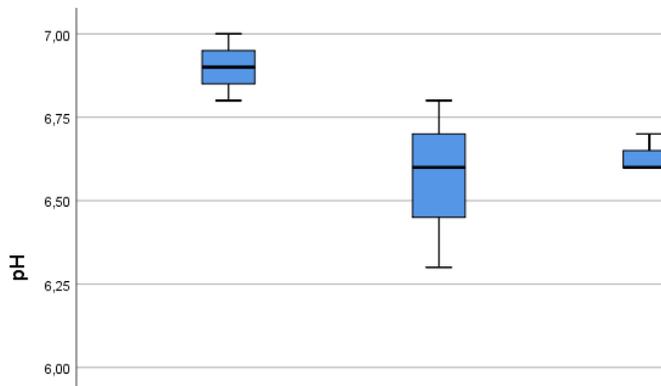


Figura 2. Medias y cuartiles para pH

Temperatura (°C)

En la (figura 3) se evidencia que la temperatura de T1 se encuentra entre 40°C y el testigo dentro de los 39°C, no hay significancia estadística, lo cual concuerda con lo expresado por Gonzalez *et al.*, (2019) que señala una temperatura máxima de 27°C. En la investigación realizada por Portillo *et al.*, (2005) explica que una fermentación adecuada debe estar entre un rango de 40 y 50°C, ya que esta temperatura beneficia a la semilla produciendo la muerte del embrión.

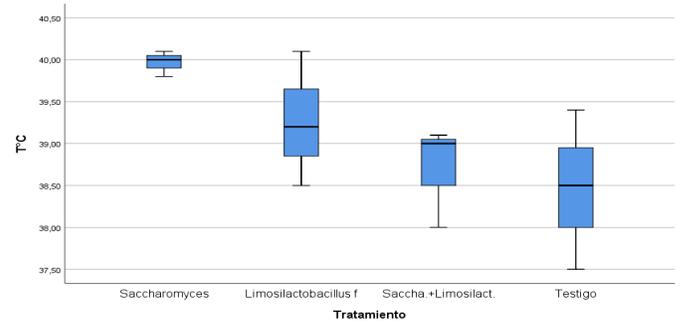


Figura 3: Medias y cuartiles para Temperatura (°C)

Prueba de corte

Fermentación Buena

En la (figura 4) se puede observar que el tratamiento con la aplicación de levadura *Saccharomyces*, tiene un 96% de fermentación buena a diferencia del testigo que se encuentra en un 73% de fermentación buena, en comparación con la literatura de Medina, (2020) demuestra una semejanza, el tratamiento con levadura presenta mayor cantidad y calidad de almendras de cacao con un 55,56% de fermentación buena a diferencia del testigo que cuenta con el 47,78%, dado que la levadura *Saccharomyces* cumple un rol importante al momento de la fermentación de cacao.

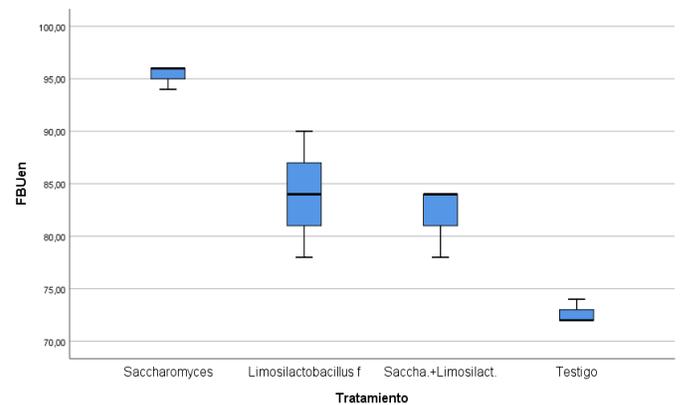


Figura 4: Medias y cuartiles para Fermentación buena

Fermentación Media:

En la (figura 5) se puede visualizar la diferencia que existe entre el tratamiento T1 y el testigo en lo referente a fermentación media, cuenta con el 4% y el testigo con un 28%

de fermentación media lo que podemos resaltar que el tratamiento tiene menor porcentaje que el testigo, lo cual lo comparamos con la literatura de Medina, (2020) donde la fermentación con levadura es inferior con 44.44% a diferencia del T4 que tiene un 52.22%.

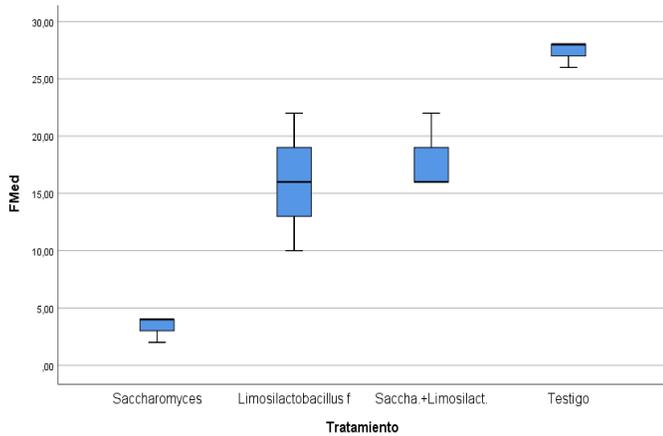


Figura 5: Medias y cuartiles para Fermentación media

Sabores específicos y básicos:

Tabla 6: Sabores evaluados

Sabores específicos						Sabores básicos	
Cacao	Floral	frutal	nuez	caramelo	amargo	acidez	astringencia

Saccharomyces cerevisiae: En la (figura 6) podemos analizar los distintos parámetros evaluados al momento de realizar la prueba de sabores, en este caso *S. cerevisiae* muestra una buena interacción en sabores específicos que son los mejores para el consumo del licor de cacao, comparado con el trabajo de los autores Velásquez et al., (2020) el tratamiento con *Saccharomyces* se muestran buenos resultados en la calificación de sabores.

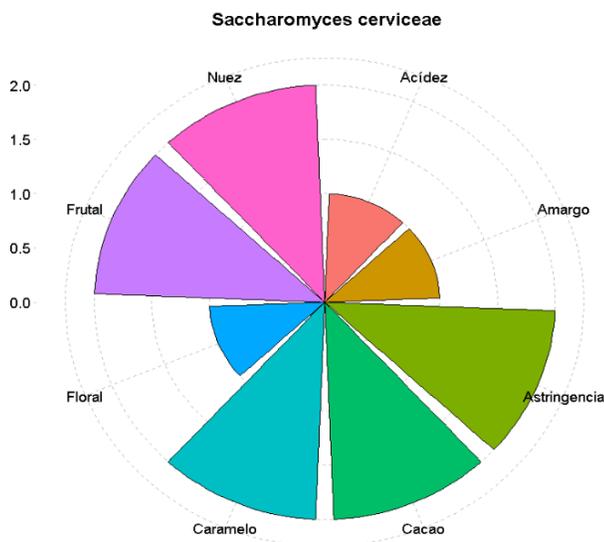


Figura 6: Diagrama comparativo de sabores *Saccharomyces*

Limosilactobacillus fermentum: Se puede observar los parámetros de sabores específicos y básicos obtenidos,

por ello decimos que su calidad es favorable al consumo como se muestra en la (figura 7), así como también los autores Pastor et al., (2021) mencionan que *L. fermentum* da características sensoriales que brinda una buena fermentación.

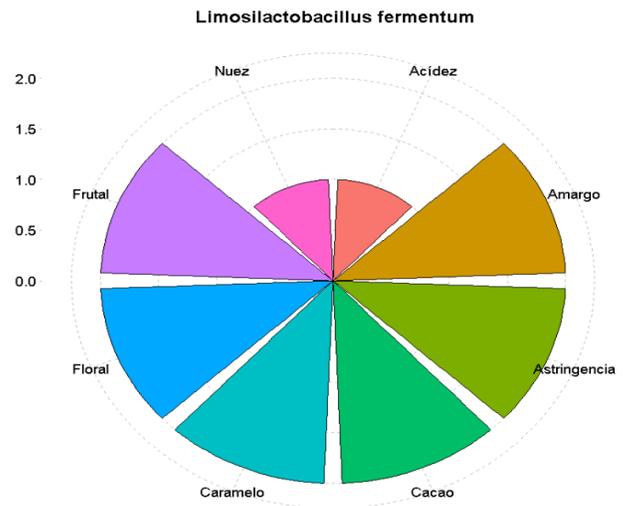


Figura 7: Diagrama comparativo de sabores *Limosilactobacillus*

Saccharomyces cerevisiae/Limosilactobacillus fermentum: En la (figura 8) podemos observar que el tratamiento *S. cerevisiae/L. fermentum* tiene interacción entre los sabores básicos; como acidez y amargo, dado que estos sabores no son agradables al paladar. Sin embargo el trabajo realizado por Menezes et al., (2016) nos dice que la levadura *Saccharomyces* es efectiva al momento de la fermentación dándole una buena aceptación al utilizar esta levadura, por lo que también coincide con el trabajo de Fernández et al., (2021) que resaltan la función que desempeña *Limosilactobacillus* en este proceso.

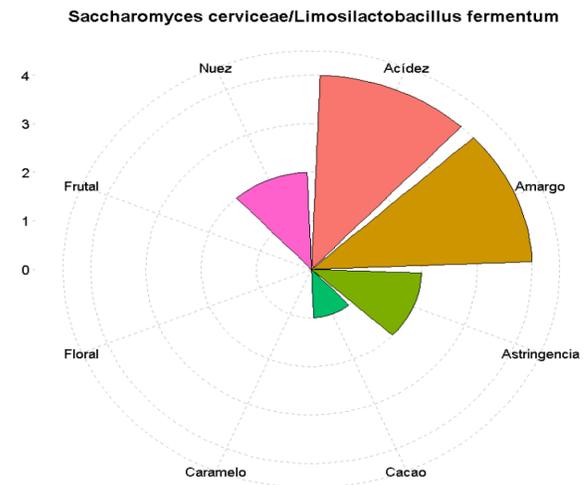


Figura 8: Diagrama comparativo de sabores *Saccharomyces/Limosilactobacillus*

Testigo: La (figura 9) nos indica que el T4 tiene una variedad en sabores ya que cuenta con la mayoría de sabores básicos, asiendo de este licor uno convencional, sin embargo, los autores Portillo et al., (2006) concluyen que los

resultados que obtuvieron en la fermentación favorecieron la intensidad aromática, la acidez, los sabores; frutal y floral, disminuyó la astringencia y el amargor fue mínimo.

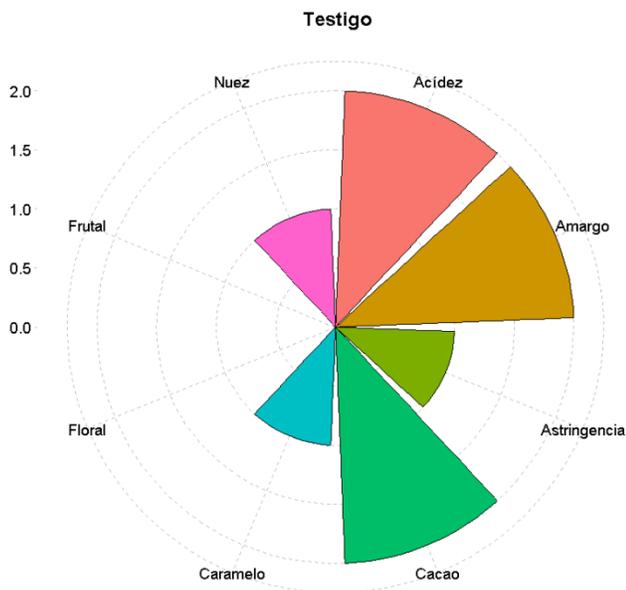


Figura 9: Diagrama comparativo de sabores testigo

CONCLUSIÓN

Saccharomyces cerevisiae presentó efectos positivos en la calidad sensorial del licor de cacao clonal CCN51, además de mejorar las variables índices de grano (168-177g), y lograndose obtener un 96% de fermentación buena.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, J., Rivera, J., Chire, G., & Ureña, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao* L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1-12. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?pid=S1390-65422019000400001&script=sci_arttext
- Chagas, G., Ferreira, N., Gloria, M., Martins, L., & Lopes, A. (2021). Chemical implications and time reduction of on-farm cocoa fermentation by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kudriavzevii*. *Food Chemistry*, 338. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620316964>
- Coronel, C., & Valdez, J. (2019). *La levadura Saccharomyces cerevisiae: De la cerveza a la biología de sistemas*. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/128904/CONICET_Digital_Nro.33c1353f-32eb-4562-9866-a55cd89a9467_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Cuenca, J., Quevedo, J., Vera, E., Tuz, I., & Chabla, J. (2022). *Trichoderma* spp: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). https://www.researchgate.net/publication/366237794_Trichoderma_spp_Propagation_dosage_and_application_in_maize_crop_Zea_mays_L

Fernández, M., Rodríguez, M., Herrera, F., Anzola, J., Cepeda, M., Aguirre, J., & González, A. (2021). Dissecting industrial fermentations of fine flavour cocoa through metagenomic analysis. *Scientific Reports*, 11(1), 1-14. [doi:https://doi.org/10.1038/s41598-021-88048-3](https://doi.org/10.1038/s41598-021-88048-3)

Gonzalez, E., Murillo, A., Pantoja, D., Aricama, J., Rodríguez, C., & Narváez, G. (2019). Estudio de la fermentación espontánea de cacao (*Theobroma Cacao* L.) y evaluación de la calidad de los granos en una unidad productiva a pequeña escala. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1), 29-40. [doi:https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1635/2523](https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/1635/2523)

Huamán, T. (2017). *Creci*

- miento poblacional de *Daphnia magna* "pulga de agua" en cultivo experimental alimentado con *Saccharomyces cerevisiae* "levadura" y jugo de *Spinacia oleracea* "espinaca". http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/1657/1/TESIS%20B794_Hua.pdf
- Llanos, E., Quevedo, J., & Batista, R. (2021). Drench: evaluación de aplicaciones mensuales de soluciones nutritivas en banano (*Musa X paradisiaca* L.) y sus efectos en la producción y calidad de fruto. *Agroecosistemas*, 9(3), 141-152. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/502>
- López, J., & Guncay, I. (2018). Calidad físico química y sensorial de granos y licor de cacao (*Theobroma Cacao* L.) Usando cinco métodos de fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115-127. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/172/207>
- Medina, D. (2020). *Modificación bioquímica del cotiledón de cacao (theobroma cacao L) en la etapa de post-cosecha con la adición de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y enzima (polifenol oxidasa) para mejorar su calidad*. Quevedo: Quevedo: Ecuador. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6081>
- Menezes, A., Batista, N., Ramos, C., Silva, A., Efrain, P., Pinheiro, A., & Schwan, R. (2016). Investigation of chocolate produced from four different Brazilian varieties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) inoculated with *Saccharomyces cerevisiae*. *Food Research International*, 81, 83-90. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.12.036>
- Nivela, D. (2020). *Relaciones alométricas para estimar biomasa aérea en cultivares de cacao (Theobroma cacao L.) de origen trinitario (CCN-51) y de tipo nacional en la Provincia de Los Ríos*. Quevedo: Quevedo: UTEQ. doi:<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/5365>
- Otárola, A. (2018). *Efecto de la enzima pectolítica y levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (Theobroma cacao)*. Lima. doi:<https://repositorio.unfv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13084/2412/OTAROLA%20GAMARRA%20ANTONIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pastor, B., Blanco, R., & Olivares, M. (2021). Evaluation of the Effect of *Limosilactobacillus fermentum* CECT5716 on gastrointestinal infections in infants: a systematic review and meta-analysis. *Microorganisms*, 9(7). doi:<https://doi.org/10.3390/microorganisms9071412>
- Portillo, E., Graziani de Fariñas, L., & Betancourt, E. (2005). Efecto de los Tratamientos post-cosecha sobre la Temperatura y el Índice de Fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 394-406. doi:http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0378-78182005000400007&script=sci_arttext
- Portillo, E., Graziani de Fariñas, L., & Cros, E. (2006). Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.). *Revista de la Facultad de Agronomía*, 23(1), 51-59. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182006000100005
- Rodríguez, W., Torres, C., Bósquez, P., Navarrete, Y., Chang, J., & Cedeño, E. (2016). Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología*, 5(2), 169-181. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5761081>
- Teneda, W. (2016). Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad Nacional y Variedad CCN51. <https://dspace.unia.es/handle/10334/3743?show=full>
- Velásquez, D., Berrezueta, M., Muñoz, S., Arevalo, M., & Uribe, L. (2020). Modificación bioquímica de las almendras de cacao en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*saccharomyces cerevisiae*) y melaza, para mejorar su calidad. *Ingeniería e Innovación*, 8(1). doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.012>
- Vera, J., Osorio, A., & Mantilla, Y. (2020). Características sensoriales de granos y licor de cacao por un panel de jueces en entrenamiento. *SENNOVA*, 5(1), 27-42. doi:<https://doi.org/10.23850/23899573.3232>

INCIDENCIA DEL INTERVALO DE RIEGO EN SISTEMA SUBFOLIAR, APLICANDO FERTIRRIEGO Y FERTILIZACIÓN EDÁFICA EN BANANO

INCIDENCE OF IRRIGATION INTERVAL IN SUBFOLIAR SYSTEM, APPLYING FERTIGATION AND EDAPHIC FERTILIZATION IN BANANA

Heiner Fabian Aguilar Macas

E-mail: haguilar2@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-9042>

Julio Chabla Carrillo

E-mail: jecabla@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9761-5890>

Edison Cueva Rivera

E-mail: eicueva_est@utmachala.edu.ecORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9177-7573>

Universidad Técnica de Machala, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Aguilar Macas, H. F., Chabla Carrillo, J. E., Cueva Rivera, E. I. (2023). Incidencia del intervalo de riego en sistema subfoliar, aplicando fertirriego y fertilización edáfica en banano. . *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 145-151. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

La necesidad de incrementar rendimientos en banano y maximizar el aprovechamiento del agua se planteó evaluar la incidencia de intervalos de riego con diferentes tipos de fertilización. La investigación se realizó en finca bananera con sistema de irrigación subfoliar, empleando diseño estadístico bloques completamente al azar (DBCA) seleccionando cuatro módulos de riego, con tres repeticiones. Los tratamientos fueron T0=Testigo; T1=2 riegos por semana de 1 hora 30 minutos con lámina de agua 15 mm + fertilización edáfica; T2=2 riegos por semana de 2 horas, lámina de 20 mm+Fertirriego; T3=1 riego por semana de 3 horas con lámina de 15 mm+Fertirriego y Fertilización edáfica. Se evaluaron variables de desarrollo y producción, se efectuaron pruebas de infiltración en cada tratamiento. Los resultados obtenidos evidenciaron un aumento de producción, al aplicar 2 riegos por semana de 2 horas con fertiirrigación, con altura de madre e hijo de 4,08 y 2,11 metros respectivamente, emisión foliar fue 0,8 hojas por semana, el T2 presento mayor peso racimo 75,6Lb con promedio de 8,20 manos, la mano del sol y última presentaron un total de dedos 27,60 y 15,80 respectivamente.

Palabras clave:

Riego, fertirriego, intervalo, fertilización edáfica, infiltración.

ABSTRACT

The need to increase banana yields and maximize water use led to evaluate the incidence of irrigation intervals with different types of fertilization. The research was carried out in a banana farm with a subfoliar irrigation system, using a completely randomized block statistical design (DBCA) selecting four irrigation modules, with three replications. The treatments were T0=Control; T1=2 irrigations per week of 1 hour and 30 minutes with 15mm of water + soil fertilization; T2= 2 irrigations per week of 2 hours, 20 mm of water+Fertigation; T3=1 irrigation per week of 3 hours with 15 mm of water+Fertigation and soil fertilization. Development and production variables were evaluated and infiltration tests were carried out in each treatment. The results obtained showed an increase in production, when applying 2 irrigations per week of 2 hours with fertigation, with height of mother and child of 4.08 and 2.11 meters respectively, leaf emission was 0.8 leaves per week, T2 presented higher bunch weight 75.6 Lb with an average of 8.20 hands, the sun hand and last hand presented a total of 27.60 and 15.80 fingers respectively.

Keywords:

Irrigation, fertigation, interval, soil fertilization, infiltration.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el impacto ambiental es cada vez más evidente, en la agricultura se refleja en el agua para riego que cada vez es limitada, a esto se le suma el impacto de los fertilizantes, por lo cual es importante saber cuándo regar y que cantidad regar, así mismo que forma y cantidad de fertilizante suministrar en la planta.

El banano es uno de los cultivos que aporta mayores ingresos en la economía del Ecuador, requiere alta demanda hídrica y una buena nutrición en cada fase del cultivo. Una disminución o aumento del recurso hídrico en el suelo provoca una baja producción de masa radicular y esto limita el crecimiento del cultivo y disminución de la producción al no poder absorber los nutrientes (Castro & Chiquillo, 2016).

Para un adecuado uso racional y técnico del agua, que contribuya al desarrollo de la agricultura, especialmente en zonas donde las precipitaciones son limitadas provoca escasez de agua constantemente, siendo necesario e importante implementar una programación de riego, donde se efectúen diseños agronómicos adecuados que permitan calcular los intervalos de riego, láminas o dosis de agua y tiempos de riego (Chai et al., 2016). Saber las características de intervalo de riego es muy importante, pues este le permite ajustarse a sus condiciones de tecnología de riego y así estar listo para manejar las posibles demandas climáticas que se puedan dar, de manera que pueda cubrir la demanda hídrica y que el cultivo no se someta a un estrés fisiológico (Martínez et al., 2016).

Los sistemas de riego son de gran importancia dentro de la seguridad alimentaria y aumento en la producción de los cultivos. El riego por aspersión ha evolucionado de manera rápida, mejorando su eficiencia en la aplicación del recurso hídrico con una amplia automatización, de forma que se reduce la ayuda de mano de obra en campo (Caicedo, et al., 2015).

La fertilización en banano es una de las actividades más importantes dentro de este cultivo, ya que de una buena nutrición depende en su mayoría, que la fruta cumpla con calidades internacionales (Usaga et al., 2008). Frente al aumento de déficit de los recursos hídricos que son netamente destinados a la agricultura y el elevado costo de los productos agrícolas como los fertilizantes, resulta necesario encontrar alternativas tecnológicas que disminuyan los costos de producción y al mismo tiempo, incrementar los rendimientos. Por tal motivo el fertirriego es una alternativa para equilibrar de manera adecuada el agua y los nutrientes (Díaz et al., 2010).

Ante estas expectativas se planteó el siguiente objetivo; evaluar el mayor impacto del intervalo de riego aplicando fertirrigación y fertilización edáfica en la producción de banano a través de sus parámetros biométricos para incrementar su rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se realizó en la parroquia la Peaña perteneciente al cantón Pasaje, en la

finca “Márquez”, ubicada en las coordenadas geográficas 3°19'02.3"S y 79°51'15.7"W, a una altura de 20 msnm (Figura 1). El sitio se encuentra en áreas de bosque tropical con una temperatura promedio de 22 a 32°C, con precipitaciones presentes en los meses de enero a abril y una humedad relativa del 83%.

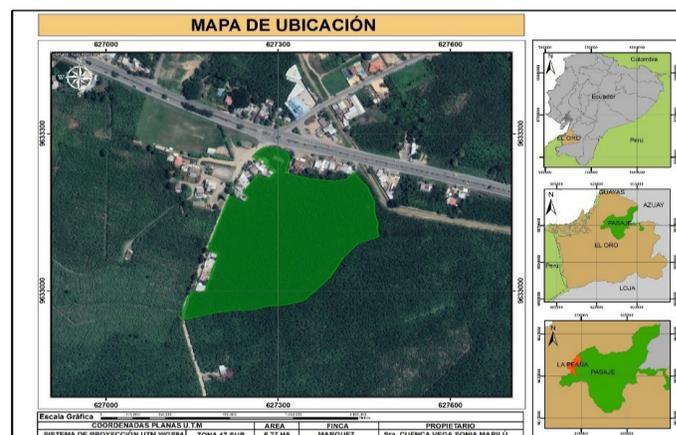


Figura 1. Ubicación del área de estudio

Ubicación tratamientos

Se estableció un diseño experimental de bloque completamente al azar (Figura 2), seleccionado cuatro módulos de riego (4 tratamientos) con tres repeticiones de 30 plantas, con un total de 120 plantas de clon Cavendish gigante del subgrupo Cavendish a evaluar (Tabla 1).



Figura 2. Ubicación tratamientos

Tabla 1. Tratamientos manipulados

Tratamiento	Descripción	Plantas evaluadas
T0	Testigo	30
T1	2 riegos por semana / 1 hora 30 minutos de riego con una lámina de 15 mm +Fertilización edáfica	30
T2	2 riegos por semana/ 2 horas de riego con una lámina de 20 mm + Fertirriego	30
T3	1 riego por semana/ 3 horas de riego con una lámina de 15 mm +Fertirriego + Fertilización edáfica	30

Las variables de desarrollo se evaluaron cada semana desde el inicio de la investigación hasta la cosecha, mientras que las variables de producción fueron evaluadas en el momento de la cosecha Tabla 2.

Tabla 2. Variables de desarrollo y producción evaluadas

Desarrollo	Producción
Altura de planta madre (Apm)	Peso de racimo (Prm)
Altura de hijo (Ah)	Peso de raquis (Prq)
Emisión foliar de hijo (Efh)	Número de manos (Nm)
	Número de dedos mano del sol (Ndms)
	Número de dedos de ultima mano (Ndum)
	Longitud de dedo mano del sol (Ldms)
	Longitud de dedos ultima mano (Ldum)
	Grado de mano del sol (Gms)
	Grado de ultima mano (Gum)

Las pruebas de infiltración se calculan según las ecuaciones de los modelos teóricos que se denotan a continuación:

$$\text{Modelo de Kostiakov: } I = aT^b$$

Dónde: i =Infiltración acumulada (mm/h) T =tiempo transcurrido a =Coeficiente de velocidad de infiltración cuando el tiempo es igual a 1 b =Parámetro adimensional

La infiltración básica se calcula de acuerdo al tiempo básico, como lo denotan las ecuaciones siguientes:

$$\text{Infiltración básica: } I_b = 60abT^{(b-1)}$$

$$\text{Tiempo básico: } T_b = -600(b-1)$$

Análisis de datos

Se efectuó la estadística mediante el programa estadístico IBM SPSS STATICS 23, para conocer si existen diferencias significativas entre tratamientos se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA), previo al cumplimiento de normalidad de datos de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas. Posteriormente se realizó la prueba 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 media, mínimo, máximo y coeficiente de variación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Determinación de la infiltración de agua en el suelo en el área de estudio

Como resultado de las pruebas físicas de infiltración (Tabla 3) se observa la mayor velocidad de infiltración básica en el Tratamiento 3 con un valor de 52,8 mm/h, situación que se corrobora por medio de la tabla de resumen de las propiedades físicas del suelo, la cual asigna un rango de infiltración de 13 mm/h a 76 mm/h para la clase

textural franco arenosa, dicha clase fue determinada por Cueva, (2020), en la misma área de estudio. De igual manera el resto de los valores para infiltración básica se encuentran en dicho rango para los diferentes tratamientos.

Tabla 3. Prueba de infiltración para los diferentes tratamientos

T	b	a	Tb (min)	Ib (mm/h)
T3	0,65	8,74	209,58	52,8
T2	0,64	8,62	212,88	49,9
T1	0,64	8,57	214,5	48,5
T0	0,63	8,47	220,2	44,5

Martínez et al., (2015), en su trabajo experimental logró una infiltración básica de 53,8 mm/h en suelo donde la compactación es baja, el agua se infiltra de manera más rápida que a diferencia de suelos duros sin estructura. En el trabajo experimental se observó una infiltración básica con valores similares, situación que se esperaba puesto que al ser un suelo de clase textural franco arenosa existe predominancia de partículas grandes las cuales cuentan con limitación para retener el agua y no definen una estructura en el suelo, por ende la velocidad con que se infiltra y se mueve el agua en el suelo es clasificada como alta puesto que se observó valores mayores a 40 mm/h. principalmente por la presencia de mayor macroporos en su perfil en comparación con los demás tratamientos que se aplicó un intervalo de riego más corto conteniendo mayor humedad al momento de la realización de las pruebas y por ende menor velocidad de infiltración.

De acuerdo a la curva de infiltración (Figura 3), se muestra el comportamiento de la infiltración instantánea y acumulada de acuerdo al tiempo transcurrido, al inicio el proceso de infiltración del agua en el suelo es alta, debido a que el gradiente hidráulico es alto, pero a medida que se va regando el suelo, la infiltración instantánea va disminuyendo hasta lograr una velocidad casi constante, considerando la como tal a la velocidad de infiltración básica, la curva es casi asintótica que algunos autores la comparan con la conductividad hidráulica dado que el suelo está en saturación o cercano a él, caso contrario pasa con la infiltración acumulada que aumenta con el transcurso de los minutos. Este valor de la velocidad de infiltración básica expresada en mm/h, permite la selección de los aspersores que contribuyan con una intensidad pluviométrica inferior a este valor.

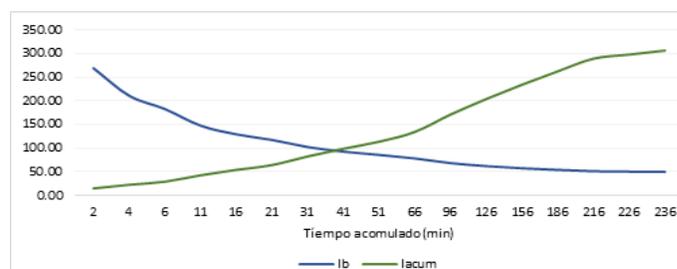


Figura 3. Curva de infiltración instantánea

Determinación de intervalo de riego óptimo

El ANOVA de un factor Inter sujetos (Tabla 4), permite establecer la existencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos de estudio, en todas las variables de desarrollo vegetativo se observó que sus valores de significancia son menores al p-valor=0,05, por lo que se evidencia que si existe diferencias significativas entre tratamientos, mientras que en las variables de producción demuestra que existe diferencias significativas en variables como; Prm, Prq, Nm, Ldms, Ldum y Gms; mientras que en las variables: Ndms, Ndum y Gum; no existe diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 4. ANOVA de un factor en variables de desarrollo

Variable	Suma de Cuadrados	Media cuadrática	F	Sig.
Apm (m)	2,512	0,399	9,024	0,005
Ah (m)	80,846	6,553	41,089	0,000
Efh	10,783	0,421	9,294	0,007
Prm (Lb)	9354,275	1562,019	10,042	0,000
Prq (Lb)	42,975	5,846	6,584	0,018
Nm	70,400	18,089	36,000	0,000
Ndms	378,975	24,850	1,694	0,230
Ndum	81,100	7,294	3,065	0,052
Ldms (in)	9,340	0,928	3,671	0,015
Ldum (in)	3,050	0,272	3,017	0,028
Gms	22,975	2,616	4,709	0,009
Gum	17,500	1,373	2,384	0,115

En las variables que se observa diferencias significativas se realizó una prueba post hoc de Tukey para determinar los subconjuntos homogéneos (Tabla 5). En las variables de desarrollo vegetativo se evidencia dos subconjuntos (a y b), resultando más representativo el Tratamiento 2 (2 riegos por semana de 2 horas con un lamina de 20 mm + Fertirriego). Para las variables de producción se pudo comprobar que existen hasta 3 subconjuntos, pero también dando como más representativo al tratamiento 2.

Tabla 5. Prueba Post hoc de Tukey

Variable	T0	T1	T2	T3
Apm (m)	3,67 a	3,7 a	4,08 b	3,85 b
Ah (m)	1,59 a	1,66 a	2,11 b	1,99 b
Efh	0,6 a	0,6 a	0,8 b	0,7 a
Prm (Lb)	46,9 a	60,1 ab	75,6 c	65,1 bc
Prq (Lb)	4,9 a	5,35 a	6,5 b	5,3 a
Nm	5,00 a	7,00 b	8,20 c	7,00 b
Ldms (in)	9,96 a	10,08 a	10,48 b	10,48 b
Ldum (in)	8,58 a	8,68 ab	8,92 b	8,71 ab
Gms	43,5 a	43,8 a	44,6 b	44,0 ab

En la Tabla 6 se muestran los valores de altura de la planta madre, hijo y emisión foliar por tratamientos. El testigo presenta la media más baja con un valor de 3,67 para altura madre y 1,59 m el hijo en comparación con el T2 (2 riegos por semana de 2 horas más fertirriego), que

son los valores más altos de 4,08 m y 2,11 m, se puede notar una gran diferencia entre medias, generando una respuesta positiva del tratamiento en el crecimiento de la planta madre e hijo. El banano requiere mucha agua lo que incide que se aplique un intervalo con una adecuada lámina de riego que no cause una afectación del desarrollo de la planta, de tal forma que una buena aplicación de riego en función de la humedad del suelo, no causa una disminución en el desarrollo y rendimiento del banano según Caicedo, et al., (2015).

El tratamiento 2 emitió 0,8 hojas por semana, seguido del tratamiento 3 con una emisión foliar de 0,7 hojas por semana, mientras que el tratamiento 1 y testigo con una emisión foliar de 0,6 hojas por semana. Varias investigaciones demuestran que la falta de agua restringe el desarrollo de las hojas como lo menciona Santacruz & Santacruz, (2020). El desarrollo vegetativo y producción de banano depende del desarrollo de las hojas, con una buena humedad en el suelo el desarrollo es de 0,8 a 1 hoja/semana, mientras que con poca humedad va entre 0,4 a 0,6 hoja/semana (Martínez & Cayón, 2011).

Por otra parte, el testigo mostro un bajo coeficiente de variación de (2.20 %) en altura de planta madre, lo que indica poca variabilidad en el crecimiento, mientras que en el resto de tratamientos el CV vario de 4.65% a 7.14%, indicando una alta variabilidad que pudo ser provocada por el intervalo de riego y la aplicación del fertilizante.

Tabla 6. Estadísticos descriptivos para variables de desarrollo

Tratamiento	Variable	Promedio	CV (%)	Min	Max
T0	Apm (m)	3,67	2,20	3,55	3,79
	Ah (m)	1,59	16,29	1,05	2,23
	Efh	0,60	36,87	0,20	1,00
T1	Apm (m)	3,70	5,12	3,51	3,93
	Ah (m)	1,66	23,37	0,88	2,66
	Efh	0,61	33,78	0,20	1,00
T2	Apm (m)	4,08	7,14	3,63	4,42
	Ah (m)	2,11	21,07	1,10	3,03
	Efh	0,8	23,07	0,40	1,20
T3	Apm (m)	3,85	4,65	3,65	4,15
	Ah (m)	1,99	22,93	1,03	3,04
	Efh	0,7	30,83	0,20	1,00

En la figura 4, se puede evidenciar claramente que el tratamiento 2, presentó mejor media para altura de planta madre (4,08 m), altura de hijo (2,11m) y emisión foliar (0,8 hojas), el cual obtuvo 2 riegos por semana de 2 horas, además de la aplicación de fertilizante por fertirriego logrando que la planta madre e hijo tengan una mayor altura y emisión foliar en comparación con los demás tratamientos. El tipo de fertilización influye mucho en el desarrollo, atribuyéndole a que el fertirriego y el suministro de agua adecuado inciden el crecimiento de banano como lo

menciona Castro & Chiquillo, (2016). Esto se debe a que el fertirriego aplica la dosificación directa donde se encuentran el mayor porcentaje de raíces y hace que tenga un mejor aprovechamiento de los nutrientes y por ende un mejor desarrollo (Ebrahimian et al., 2012).

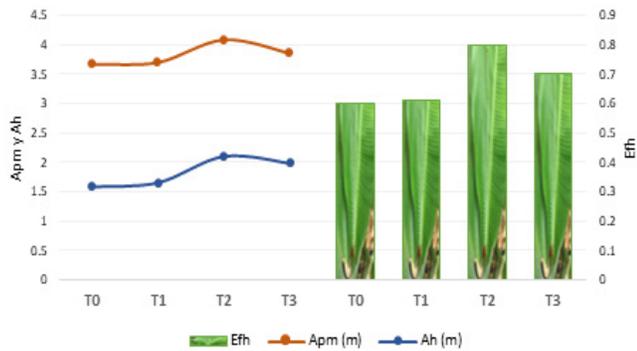


Figura 4. Efecto de los tratamientos en la altura planta madre (Apm), hijo (Ah) y emisión foliar (Efh) en banano

En la Tabla 7 se muestra los valores de las variables de producción en los diferentes tratamientos, de acuerdo a esta el mayor peso de racimo (104 lb) se encuentra en el tratamiento 2, además de presentar una mejor media con 75,6 lb el cual obtuvo 2 riegos por semana de 2 horas además de una fertilización por fertirriego, continuado del tratamiento 3 con una media 65,1 lb, el tercer mejor tratamiento fue el T1 con una media de 60,1 lb mientras que tratamiento testigo obtuvo la media más baja con 46,9 Lb, indicando que la aplicación de un intervalo adecuado y una buena fertilización inciden en el peso del racimo en relación al testigo.

El riego adecuado y la aplicación de un buen tiempo de riego incrementa el peso del racimo en hasta un 30 %, en relación a un riego con déficit, lo cual muestra la importancia del agua para proceso metabólico y producción de banano, por lo que se ha determinado que el cultivo presenta altas valores de transpiración y demanda de agua según lo menciona Cedeño et al., (2020).

La mayor variabilidad de peso de racimo y raquis se presentó en el testigo con valores de CV de 33,98 % y 20,29 %, mientras que en el resto de tratamientos para el peso del racimo vario de 12,85 % a 17,64 %, peso del raquis de 11,93 % a 17,05 %, se puede atribuir a que los intervalos de riego aplicados, incrementan el peso del racimo tal como indica Cedeño et al., (2020).

Tabla 7. Estadísticos descriptivos para variables de peso de racimo y raquis

Tratamiento	Variable	Promedio	CV (%)	Min	Max
T0	Prm (Lb)	46,900	33,98	25,0	68,0
	Prq (Lb)	4,900	20,29	3,0	6,0
T1	Prm (Lb)	60,100	12,85	50,0	75,0
	Prq (Lb)	5,350	12,50	5,0	7,0

T2	Prm (Lb)	75,600	17,64	62,0	104,0
	Prq (Lb)	6,550	17,05	5,0	8,0
T3	Prm (Lb)	65,100	13,24	49,0	77,0
	Prq (Lb)	5,300	11,93	4,0	6,0

En la figura 5, se visualiza el efecto de los tratamientos en las variables de producción, de acuerdo a esta el tratamiento 2 (2 riegos por semana de 2 horas además de una fertilización por fertirriego) presentó el mayor peso de racimo 75,6 lb con respecto a la media y peso de raquis 6,55 lb. De acuerdo a Alves et al., (2020) un intervalo de riego de dos días da un peso de fruto mayor y por ende a un mayor rendimiento y mayor eficacia del aprovechamiento del agua.

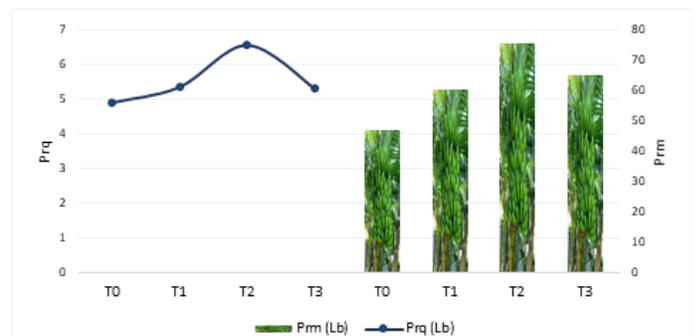


Figura 5. Efecto de los tratamientos en el peso del racimo (Prm), peso del raquis (Prq) en banano

En la tabla 8, se muestra los valores de producción en los diferentes tratamientos, el mayor número de manos (9 manos por racimo), se obtuvo en el tratamiento 2, además de la media más alta 8,20, el tratamiento 1 y 3 presentan la misma media (7 manos por racimo), mientras tanto el testigo obtuvo la media más baja con 5 manos por racimo, para el número de dedos en la mano del sol, el valor más alto fue de 34 en el T2 con una media de 27,60 dedos y con un largo de 10,48 pulgadas, el testigo presenta el menor número de dedos 24,60 y con un largo de 9,96 pulgadas. Para el número de dedos en la última mano de igual manera el que mejor respuesta obtuvo fue el T2 con una media de 15,80 dedos y un largo de 8,92 pulgadas. De acuerdo a lo que menciona Guzmán, (2011), quien argumenta que el número de manos y largo de dedos es igual para todas las variedades, pero este se puede alterar debido a irregularidades hídricas y nutricionales.

El testigo presenta un coeficiente de variación elevado para el número de manos llegando a 21,08%, mientras para el resto de tratamientos varia de 6,73% a 7,71%, esa variación se puede atribuir al tipo de fertilización y un suministro de agua adecuado, inciden el crecimiento y desarrollo de banano tal como menciona Castro & Chiquillo, (2016).

Tabla 8. Estadísticos descriptivos para variables de producción

Tratamiento	Variable	Promedio	CV (%)	Min	Max
T0	Nm	5,00	21,08	4	7
	Ndms	24,60	14,99	15	28
	Ndum	14,00	14,68	10	16
	Ldms (in)	9,960	2,81	9,4	10,2
	Ldum (in)	8,580	2,25	8,3	8,7
T1	Nm	7,00	6,73	6	8
	Ndms	26,10	13,57	19	32
	Ndum	14,70	6,45	14	16
	Ldms (in)	10,080	4,60	9,4	11,0
	Ldum (in)	8,680	3,95	8,3	9,4
T2	Nm	8,20	7,71	7	9
	Ndms	27,60	9,84	25	34
	Ndum	15,80	6,54	14	17
	Ldms (in)	10,480	3,14	10,2	11,0
	Ldum(in)	8,920	2,52	8,7	9,4
T3	Nm	7,00	6,73	6	8
	Ndms	26,60	6,91	23	30
	Ndum	14,90	6,67	14	16
	Ldms (in)	10,480	5,98	9,8	11,8
	Ldum (in)	8,710	2,94	8,3	9,0

En la figura 6 se visualiza el efecto de los tratamientos en la producción de banano, de acuerdo a esta el tratamiento 2 (2 riegos por semana de 2 horas además de una fertilización por fertirriego) presentó el mayor número de manos 8,20 con respecto a la media, número de dedos en la mano del sol 27,60 con un largo de 10,48 pulgadas, número de dedos en la última mano 15,80 con un largo de 8,92 pulgadas. De acuerdo a Alves et al., (2020) un intervalo de riego de dos días y una dosificación directa por fertirriego incrementa el rendimiento y genera mayor eficacia del aprovechamiento del agua.

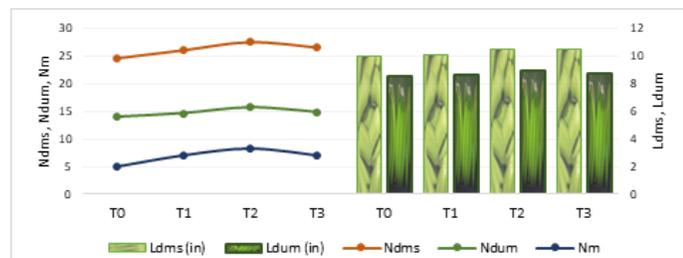


Figura 6. Efecto de los tratamientos en la producción de banano

CONCLUSIONES

El intervalo de 2 riegos por semana con 2 horas cada riego en asociación con la fertirrigación (T2) presentó mayor incidencia en el desarrollo vegetativo de la planta, alcanzando alturas de 4,08 y 2,11 metros en la madre e hijo

respectivamente, y una mejor emisión foliar con 0.8 hojas por semana.

En cuanto a la producción, el T2 también presentó los mejores resultados con pesos de racimo de 75,6 lb con un número promedio de 8.20 manos. De las cuales la mano del sol y la última presentaron un total de dedos de 27,60 y 15,80 respectivamente.

En los tratamientos evaluados, el de mayor velocidad de infiltración fue el T3 con un valor de 52,8 mm/hora y el de menor infiltración fue el Tratamiento testigo con un valor de 44, 5 mm/h, pero todos los tratamientos se encuentran en un mismo rango permisible según la tabla de propiedades físicas del suelo que van desde 13 mm/h a 76 mm/h para un suelo franco arenoso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, G., Alves, J., Cotrim, C., Rodrigues, S., & Arantes, A. de M. (2020). Physiological and productive characteristics of the banana “prata-anã” subjected to different irrigation intervals and emitter heights. *Acta Scientiarum - Agronomy*, 42, 1–8. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v42i1.44000>
- Caicedo, O., Balsameda, C., & Proaño, J. (2015). Programación del riego del banano (*Musa paradisiaca*) en finca San José 2, Los Ríos, Ecuador. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 18–22. <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v24n1/rcta05115.pdf>
- Castro, G., & Chiquillo, H. (2016). Evaluación de tres alternativas de fertirriego en el establecimiento del cultivo de plátano (*musa paradisiaca/harton cv*) en el Yopal, Casanare. *Ingeniería y Región*, 16(2), 49–55. <https://doi.org/10.25054/22161325.1298>
- Cedeño, G., Guzman, Á., Zambrano, H., Vera, L., Valdivieso, C., & López, G. (2020). Effect of planting density and complementary irrigation on the morpho-phenology, yield, profitability, and efficiency of banana fertilization. *Scientia Agropecuaria*, 11(4), 483–492. <https://doi.org/10.17268/SCI.AGROPECU.2020.04.03>
- Cueva, E. (2020). Análisis geoestadístico y multivariado de atributos físicos de un suelo en cultivo de banano finca Márquez La Peaña Cantón Pasaje [Universidad Técnica de Machala]. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15512>

- Chai, Q., Gan, Y., Zhao, C., Xu, H. L., Waskom, R. M., Niu, Y., & Siddique, K. H. M. (2016). Regulated deficit irrigation for crop production under drought stress. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(3), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s13593-015-0338-6>
- Díaz, C., Ajete, M., González, F., Bonet, C., & Sierra, L. (2010). Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 19(3), 12–16.
- Ebrahimian, H., Liaghat, A., Parsinejad, M., & Playán, E. (2012). Distribution and loss of water and nitrate under alternate and conventional furrow fertigation. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 10(3), 849. <https://doi.org/10.5424/sjar/2012103-585-11>
- Guzmán, S. (2011). Evaluación de la productividad del agua en el cultivo de banano (*Musa Spp*) para la región del Magdalena por medio de la variación de tres coeficientes de cultivo (kc) [Tesis maestría]. Universidad Nacional de Colombia. <http://www.bdigital.unal.edu.co/3926/>
- Martínez, A., & Cayón, G. (2011). Dinámica del Crecimiento y Desarrollo del Banano (*Musa AAA Simmonds cvs . Gran Enano y Valery*). *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, 64(7), 6055–6064.
- Martínez, E. M., Rey, B. J., Fandiño, M., & Cancela, J. J. (2016). Impact of water stress and nutrition on *Vitis vinifera* cv. 'Albariño': Soil-plant water relationships, cumulative effects and productivity. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1), 1–15. <https://doi.org/10.5424/sjar/2016141-7534>
- Martínez, R. (2013). Efecto del riego deficiente controlado en la productividad del banano. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 22(2), 51–55.
- Santacruz, G., & Santacruz, E. (2020). Evaluación del desempeño del riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México. *Siembra*, 7(2), 001–013. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.1712>
- Usaga, C., Castañeda, D., Franco, A., Gómez, F., & Lopera, A. (2008). Efecto de la micorrización y la fertilización en la acumulación de biomasa en plantas de banano. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(1), 4269–4278.

INCREMENTO DEL RENDIMIENTO A TRAVÉS DE NUEVOS CULTIVARES EN LA EMPRESA AZUCARERA 5 DE SEPTIEMBRE

YIELD INCREASE THROUGH NEW CULTIVARS AT THE 5 DE SEPTEMBER SUGAR COMPANY

Orlvis Naranjo Rangel¹Email: orelvis@5sep.azcuba.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9343-7548>Reinaldo Requeiro Almeida²Email: ralmeida@ucf.edu.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8609-5554>Héctor García Pérez³Email: hector.garcia@inicavc.azcuba.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8310-0650>¹Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de septiembre" Cienfuegos. Cuba²Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cuba³Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Naranjo Rangel, O., García Pérez, H., Requeiro Almeida, R. (2023). Incremento del rendimiento a través de nuevos cultivares en la Empresa Azucarera 5 de septiembre. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 152-155. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La justificación del presente trabajo radica en lograr el incremento de los rendimientos en los nuevos cultivares en la Empresa Azucarera "5 de septiembre", el objetivo general consistió en realizar el estudio de B80250, C86-156 y C97-445, para mejorar la estructura de dichos cultivares. El experimento se estableció en marzo de 2021 en la localidad La Julia (N 22° 25' 2,2064" W -80° 30' 1,152"), suelo Pardo con carbonatos y las evaluaciones correspondieron a la cosecha de planta con 12 meses, en las que se tuvo en cuenta el rendimiento agrícola, contenido azucarero y otros indicadores de la eficiencia industrial. Quedó corroborado que C97-445 y C86-156 por sus potenciales agroindustriales y seguridad fitosanitaria, pueden ser la solución de la riesgosa explotación actual de C86-12 y C90-469. Se recomienda dar continuidad al trabajo en otras cosechas y a partir de la experiencia implementar estudios similares con otros cultivares y ambientes. El enfoque teórico asumido es de carácter cuantitativo, con el empleo de una metodología experimental y se dan a conocer los resultados de la investigación.

Palabras clave:

Ambientes, eficiencia, genotipos, reemplazo.

ABSTRACT

The justification for this work lies in achieving increased yields in the new cultivars in the "5 de Septiembre" Sugar Company, the general objective was to carry out the study of B80250, C86-156 and C97-445, to improve the structure of these cultivars. The experiment was established in March 2021 in the La Julia locality (N 22° 25' 2.2064" W -80° 30' 1.152"), Brown soil with carbonates and the evaluations corresponded to the plant harvest with 12 months, in the agricultural yield. Sugar content and other indicators of industrial efficiency were taken into account. It was confirmed that C97-445 and C86-156, due to their agro-industrial potential and phytosanitary safety, can be the solution for the current risky exploitation of C86-12 and C90-469. It is recommended to continue the work on other crops and, based on experience, implement similar studies with other cultivars and environments. The assumed theoretical approach is quantitative, with the use of an experimental methodology and the results of the investigation.

Keywords:

Environments, efficiency, genotypes, replacement.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp. híbridos) es uno de los principales cultivos agroindustriales a nivel mundial para la producción de azúcar, es usado de manera significativa, aun cuando se usan otras materias primas que han permitido la elaboración alternativa de endulzantes. El azúcar refinado es un producto elaborado que contiene un 99 % de sacarosa, que se obtiene de la caña de azúcar (70 %) o de la remolacha azucarera (30 %) (Arshad, et al., 2022).

No puede pasarse por alto que la caña de azúcar, además de desempeñar una función fundamental en la elaboración y conservación de muchos alimentos como, base de la dieta humana, reserva también una cuantiosa cantidad de probables derivados y que ocupan muy diversos espacios en el espectro de satisfacción de las necesidades sociales modernas (Singh et al., 2021)

Puede resumirse que, dada la gran variabilidad y factibilidad económica de sus derivados, se justifica la expansión y mejora de este cultivo, al efecto, se hace aconsejable enfatizar en el eslabón primario de la cadena agroindustrial, es decir, la producción sostenible de esta gramínea, también deberá tomarse en cuenta los desafíos del cambio climático sobre el rendimiento potencial y el creciente consumo de agua de los cultivos (Zhong et al., 2021) the soaring global demand for food and bioethanol in the future may impose heavy environmental pressure on major sugar crops producing regions of Latin America and the Caribbean (LAC).

La caña de azúcar es una gramínea alloploidia originaria de Nueva Guinea, cuyo genoma contiene información genética de *Saccharum officinarum* y *S. spontaneum*, con un número de cromosomas que varía de $2n=100a130$.

En el complejo '*Saccharum*' se encuentran especies con diferentes niveles de ploidia y con un número variable de cromosomas entre $2n = 20$ a ~ 200 . La alta poliploidia y heterocigosidad debido a la hibridación ha restringido el uso de estudios genéticos clásicos en este cultivo. Sin embargo, esta condición de poliploidia le permite tener un gran rango de adaptabilidad a diferentes condiciones ambientales en regiones tropicales y subtropicales del mundo, sembrándose en más de 103 países en los cinco continentes (Jorge, H. et al., 2011).

Durante los últimos 50 años, las tasas de ganancia genética en los programas de mejoramiento de la caña de azúcar en todo el mundo parecen ser lentas, particularmente cuando se comparan con las ganancias que se logran en otros cultivos. Las razones probables incluyen la alta proporción de variación genética presente como variación no aditiva en la caña de azúcar para rasgos clave y el largo intervalo generacional entre el cruce y la selección de los padres (Wei & Jackson, 2017).

De acuerdo con (Jorge Suárez, H. et al., 2019) hubo de constatar una interacción genotipo-ambiente, lo que sugiere la necesidad de una conducción eficiente de los cultivares con adaptabilidad general y específica para incrementar la producción azucarera.

La alta variación genética no aditiva, especialmente para el rendimiento de la caña, contribuye a la baja heredabilidad en sentido estricto y significa que la selección de nuevos progenitores basada en el fenotipo predice pobremente el valor genético (Jackson, 2019).

Otros estudios como (González Marrero et al., 2019) de la República de Panamá. Se evaluaron los caracteres Brix refractométrico, número de tallos m^{-1} , t caña ha^{-1} , incidencia agentes nocivos, floración, grosor y altura del tallo. Se empleó un diseño de Bloques al azar con tres repeticiones. Se realizaron análisis de varianzas de efectos aleatorios para estimar los componentes genético y ambiental, fijos y para establecer las diferencias entre cultivares. Con los individuos seleccionados se realizó un análisis de conglomerados. Se comprobó la diferencia entre los grupos formados con otro análisis de varianzas de efectos fijos y la prueba de Tukey. También se estimaron heredabilidad, Coeficiente Genético de Variación (CGV) dan cuenta de estimados precisos de la varianza genética y la heredabilidad, estos apoyan la tesis de la dependencia de la producción eficiente en la industria azucarera respecto al uso de cultivares con elevados contenidos de sacarosa, para lo cual se evaluaron los caracteres Brix refractométrico, número de tallos m^{-1} , t caña ha^{-1} , incidencia agentes nocivos, floración, grosor y altura del tallo.

Al tomar en cuenta que, la industria azucarera cubana realiza un profundo proceso de reestructuración, cuyo objetivo central es lograr la eficiencia económica, sobre la base de: elevación de los rendimientos en la producción agrícola, no puede desestimarse que estas metas están sustentadas en la obtención de cultivares más eficientes y productivos.

Los nuevos cultivares de caña de azúcar, son factibles de ser desarrollados a través de programas de mejoramiento genético, no obstante se asume el principio de que el hombre implicado directamente en la atención al cultivo, puede ser responsable de, al menos, un 50% de los incrementos de producción agrícola y de azúcar (Jorge et al., 2011).

El Programa de Variedades del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) está encargado de un mejoramiento genético que contribuya a los incrementos de la productividad de azúcar, mediante la generación y/o adaptación de cultivares de alto tonelaje, adaptables a las diferentes condiciones ambientales, con resistencia a las enfermedades y las plagas más comunes, así como el logro de adecuadas características agronómicas que, influyan en la composición varietal, cosecha, fabricación y otros.

En estos análisis resulta de utilidad lo aportado por (Mendoza-Batista et al., 2021) quienes lograron identificar cultivares con estabilidad fenotípica en diferentes ambientes, mediante métodos de análisis multivariado para evaluar genotipos, ambientes y genotipo – ambiente e interacción y sobre esta base recomiendan la incorporación de variedades de cultivares específicos, dada su estabilidad agroindustrial.

Justificación

El conocimiento del potencial de los cultivares es crucial en la aspiración de incrementar su productividad. El mismo se afecta de acuerdo a su manejo. Por otra parte, los efectos del Cambio Climático impactan inevitablemente en ese potencial, de ahí la necesidad de sistematizar su actualización, dado que las tecnologías evolucionan, por lo que el remplazo de los cultivares se hace necesario, lo que constituiría una guía y una forma de evaluación y verificación, que posibilitaría corregir posibles desviaciones y ajustar estrategias que conduzcan a la productividad.

Objetivo General

Demostrar la relación del manejo de los cultivares con el potencial productivo del agroecosistema cañero en la empresa azucarera "5 de septiembre".

MATERIALES Y METODOS

Tres cultivares de reciente introducción en la empresa B80250, C86-156 y C97-445 se consideraron en el estudio, los que se contrastaron con C86-12 y C90-469 utilizados como controles, por su amplia propagación actualmente en la Empresa Agroindustrial 5 de septiembre (35,6 y 34,7% respectivamente) y con C1051-73 referencia para el contenido azucarero.

El experimento con diseño de bloques al azar, cinco repeticiones y parcelas de 48 m², quedó establecido en marzo de 2021 en la localidad La Julia (N 22° 25' 2,2064" W -80° 30' 1,152"), de suelo Pardo con carbonatos, en el municipio Rodas de la provincia Cienfuegos.

Las evaluaciones correspondieron a la primera cosecha con 12 meses, en las que se tuvo en cuenta el rendimiento agrícola, sus componentes y otros indicadores como los porcentajes de fibra, extracción, pol en caña y pureza, de acuerdo a las normas establecidas para estos fines (5; 6).

También se consideró la incidencia bajo condiciones naturales de las enfermedades mayores del cultivo. El procesamiento estadístico se basó en análisis de varianza y prueba Tukey ($p \leq 0,05$), mediante el (*Infostat - Software estadístico*, 2023).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

El análisis de varianza reveló diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre cultivares en todos los indicadores evaluados, con valores del error típico de la media y el coeficiente de variación dentro de los rangos esperados.

En cuanto al rendimiento agrícola C97-445 constituye una opción favorable para disminuir a límites que garanticen una producción segura a C86-12, pues no presentó diferencias significativas con la misma (Tabla I).

Urge profundizar también en los elementos que conllevaron a que C90-469 alcanzara el desarrollo actual, dado que los resultados de este estudio alertan que al menos estos ambientes no le resultan favorables para manifestar

su potencial, al clasificar como el cultivar de más bajo desempeño.

De los otros dos cultivares, C86-156 fue mejor que B80250, pero sus resultados fueron inferiores al control C86-12.

Tabla I. Comparación múltiple de medias de los indicadores el rendimiento

Variedad	t caña.ha ⁻¹		pol en caña (%)		t pol.ha ⁻¹	
B80250	59,61	C	15,94	A	9,49	C
C86-156	75,86	B	14,86	B	11,28	B
C97-445	97,81	A	15,35	AB	15,02	A
C86-12	102,10	A	14,58	B	14,88	A
C90-469	24,02	E	13,27	C	3,19	E
C1051-73	33,33	D	15,01	AB	5,01	D
μ	65,46		14,84		9,81	
ETM	1,02		0,12		0,15	
CV (%)	4,68		2,52		4,44	

μ . Promedio general ETM. Error típico de la media CV. Coeficiente de variación

Letras diferentes en una misma columna representan diferencias significativas Tukey ($p \leq 0,05$)

Respecto al contenido azucarero, B80250 fue el mejor cultivar con resultados similares a C1051-73 control utilizado para ese indicador, lo que sugiere se le proporcionen ambientes y manejo para un mayor rendimiento agrícola, como las cosechas tempranas y la plantación en surcos de base ancha, que pueden compensar un mayor rendimiento en tonelaje de azúcar por hectárea.

Vale destacar que nuevamente C97-445 clasificó dentro del grupo de mejores resultados, sin diferencias respecto a B80250 y a los controles C1051-73 y C86-12. Si se integra el comportamiento de este indicador y el anteriormente analizado, donde C86-156 se ubicó en un grupo intermedio cercano o similar a C86-12, indica la posibilidad de su desarrollo hacia ambientes ocupados en exceso por C90-469 con rendimientos discretos, a la cual superó de manera significativa.

Las t pol., ha⁻¹ como variable integradora del rendimiento, permitió confirmar el alto potencial presente en C97-445 que requiere aprovecharse mejor, lo cual es una opción viable para, de manera inmediata, subsanar las desviaciones y el riesgo de la explotación desmedida de C86-12 y C90-469, la última no acorde a sus resultados, quien también fue superada por C86-156, una opción más en la solución de dicha problemática. Los resultados de B80250 aconsejan continuar su evaluación para corroborar su desempeño en otros ambientes de la empresa y estrategias de manejo.

Otros indicadores relacionados con la eficiencia industrial, evidenciaron que en la primera decena de marzo está cercano máximo potencial azucarero de C97-445 según su índice de madurez, en orden descendente le siguió el control C1051-73 y B80250 (Fig. 1).

En todos los casos la pureza de los jugos superó 86% con una reducida variabilidad entre los cultivares estudiados, tendencia que se mantuvo similar para el porcentaje de extracción con un promedio de 62,4% el que se considera satisfactorio. En cuanto a la fibra el valor de C90-469 se elevó hasta 20%, lo que corroboró su discreto desempeño. En sentido opuesto con los menores porcentajes y sin apenas diferencias entre una y otra estuvieron C97-445 y C86-12.

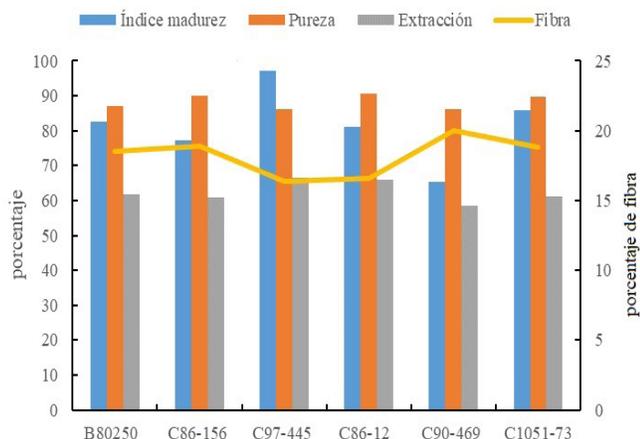


Fig. 1. Evaluación de indicadores relacionados con la eficiencia industrial. Bajo condiciones naturales de infección, en ninguna de los tres nuevos cultivares que se evalúan se manifestaron incidencias fitosanitarias de las enfermedades mayores del cultivo, lo que afianza los elementos para incrementar su propagación.

CONCLUSIONES

El alto riesgo a que está sometida la producción azucarera de la empresa “5 de septiembre” por la excesiva explotación de C86-12 y C90-469, puede tener solución en propiciar el desarrollo de nuevos cultivares como C97-445 y C86-156 con potenciales agroindustriales y seguridad fitosanitaria que fueron corroborados fehacientemente en la presente investigación.

Debe profundizarse en el comportamiento de B80250 de muy alto contenido azucarero con un mayor número de observaciones y bajo otros ambientes y condiciones de manejo que le faciliten desarrollar su potencial agrícola. Resulta muy provechoso dar continuidad en otras cosechas a este trabajo y a partir de la experiencia implementarlo con otros cultivares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arshad, S., Rehman, T., Saif, S., Rajoka, M. S. R., Ranjha, M. M. A. N., Hassoun, A., Crotova, J., Trif, M., Younas, A., & Aadil, R. M. (2022). Replacement of refined sugar by natural sweeteners: Focus on potential health benefits. *Heliyon*, 8(9), e10711. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e10711>.

González Marrero, A. N., Jorge Suárez, H., Menéndez Sierra, A., Vera Méndez, A., González Marrero, A. N., Jorge Suárez, H., Menéndez Sierra, A., & Vera Méndez, A. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar para iniciar zafra en el ingenio Ofelina de Panamá. *Biotecnología Vegetal*, 19(3), 179-191. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2074-86472019000300179&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Infostat—Software estadístico. (2023). <https://www.infostat.com.ar/>.

Jackson, P. (2019). Why are yields of sugarcane not increasing as much as sugar beet (or other crops). *Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists*, 30, 128-137.

Jorge, H., Jorge, I. M., Mesa, J., & Bernal, N. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la Caña de Azúcar en Cuba. *Boletín Especial Cuba&Caña*, 346.

Jorge Marínez Nodal. (2018). *Cultivares y Semilla*. En M. T. coord., *Genética, genómica y fitomejoramiento*. Editorial UH.

Jorge Suárez Héctor, H. J., Marrero, A. G., Sierra, A. M., & Méndez, A. V. (2019). Selección de cultivares de caña de azúcar estables y productivos en la compañía azucarera La Estrella. *Biotecnología Vegetal*, 19(4), 307-315. <https://revista.ibp.co.cu/index.php/BV/article/view/647>.

Mendoza-Batista, Y., Cruz-Sarmiento, R., Rodríguez-Gross, R., Exposito-Elizagaray, I., Puchades-Izaguirre, Y., & Cespedes-Zayas, A. (2021). Phenotypic stability of new sugarcane cultivars in multi-environmental trials in Holguin. *Cultivos Tropicales*, 42(2), 1c-1c.

Singh, S. P., Jawaid, M., Chandrasekar, M., Senthil Kumar, K., Yadav, B., Saba, N., & Siengchin, S. (2021). Sugarcane wastes into commercial products: Processing methods, production optimization and challenges. *Journal of Cleaner Production*, 328, 129453. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129453>.

Wei, X., & Jackson, P. (2017). Addressing slow rates of long-term genetic gain in sugarcane. *Pakistan Sugar Journal*, 32(4), 23.

Zhong, H., Feng, K., Sun, L., Tian, Z., Fischer, G., Cheng, L., & Muñoz Castillo, R. (2021). Water-land tradeoffs to meet future demands for sugar crops in Latin America and the Caribbean: A bio-physical and socio-economic nexus perspective. *Resources, Conservation and Recycling*, 169, 105510. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105510>.

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE GNRH A DIFERENTES DIAS POST INSEMINACIÓN EN VACAS HOLSTEIN MESTIZAS

EFFECT OF THE APPLICATION OF GNRH TO DIFFERENT DAYS POST INSEMINATION IN COWS HOLSTEIN MESTIZAS

Carlos Alberto Bustos-Marcial¹

Email: carlosalbustosm@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3304-4395>

Lourdes Anita Ulloa Ulloa²

Email: aulloaregion3@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-2499>

¹Ministerio de Agricultura y Ganadería. Ecuador

²Agrocalidad. Ecuador

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Bustos-Marcial, C. A., Ulloa Ulloa, L. A. (2023). Efecto de la aplicación de GNRH a diferentes días post inseminación en vacas Holstein mestizas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 156-162. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Se evidencia el efecto de la aplicación de la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH) a los 12, 14, 16, 18 y 20 días post inseminación artificial en vacas Holstein mestizas; utilizándose 30 unidades experimentales, distribuidas en 6 grupos. La dosis hormonal fue de 0.0105 mg de acetato de Buserelina, aplicados intramuscularmente los días 12, 14, 16, 18 y 20, post inseminación, exceptuándose al grupo testigo; El ANOVA de un factor intersujetos la variable niveles de progesterona en plasma presentó un $p=0,049$, mostrando diferencias significativas entre grupos que con GnRH con una media de 19,18 ng/ml en comparación con el testigo (7,00 ng/ml). Para la variable índice de concepción se aplicó la prueba de Chi Cuadrado, determinándose diferencias estadísticas significativas, la tasa de fertilidad del 88% para las unidades experimentales que recibieron GnRH post inseminación, y 60 % para las vacas del grupo testigo. La variable viabilidad embrionaria, en chequeos ecográficos al día 45, evidencian diferencias significativas $p =0,001$ con 88% para el grupo que recibió tratamiento Vs. 20 % para el testigo. La aplicación de GnRH al día 14 post inseminación en Holstein mestizas influyó considerablemente en la obtención del 100% de viabilidad embrionaria.

Palabras clave:

Hormona, post inseminación, preñez, viabilidad embrionaria.

ABSTRACT

The effect of the application of gonadotropin-releasing hormone (GnRH) at 12, 14, 16, 18 and 20 days after artificial insemination in mixed Holstein cows is evident; using 30 experimental units, distributed in 6 groups. The hormonal dose was 0.0105 mg of Buserelin acetate, applied intramuscularly on days 12, 14, 16, 18 and 20, post insemination, except for the control group; The ANOVA of a factor intersubject the variable plasma progesterone levels presented a $p = 0.049$, showing significant differences between groups than with GnRH with a mean of 19.18 ng / ml compared to the control (7.00 ng / ml). For the variable conception index, the Chi Square test was applied, determining significant statistical differences, the fertility rate of 88% for the experimental units that received GnRH post insemination, and 60% for the cows of the control group. The variable embryonic viability, in ultrasound check-ups at day 45, showed significant differences $p = 0.001$ with 88% for the group that received treatment Vs. 20% for the control. The application of GnRH at day 14 after insemination in mestizo Holstein had a considerable influence on obtaining 100% embryonic viability.

Keywords:

Hormone, post-insemination, pregnancy, embryonic viability.

INTRODUCCIÓN

La situación actual de las ganaderías se caracteriza por la disminución de la rentabilidad de la producción, sin embargo, constituye un factor importante, así como, una estable fuente de ingresos, sin embargo, para encontrar réditos se deben utilizar técnicas reproductivas que posibiliten el incremento de la producción lechera.

Para mejorar la detención del celo en vacas reproductoras existen diversos métodos, entre ellos, se encuentra, la sincronización de ovulaciones e inseminación artificial sistemática de animales sin detectar celos, las cuales se ha convertido en alternativas de alta viabilidad y de fácil implementación, con las cuales se puede alcanzar una fertilidad del 35 al 40% (Giraldo, 2008).

Una de la problemática actual en la vocación ganadera es la fertilización de los animales dedicados a la producción lechera, y especialmente en las vacas repetidoras debido a que aparentemente se encuentran sanas, pasan desapercibido al examen ginecológico del Médico Veterinario, ha tenido un parto como mínimo en la vida y que posteriormente, una vez realizada tres inseminaciones o montas sucesivas, donde se presentan ciclos estrales de normal duración y buen funcionamiento reproductivo, no quedan preñadas (Lesmes, 2014).

Por lo descrito anteriormente, se necesita la aplicación de antibióticos en vacas repetidoras mediante la implementación de nuevas prácticas tecnológicas en los hatos ganaderos y de esta manera contribuir al beneficio económico de los ganaderos con un mejor desarrollo y avance para una mayor productividad.

Sin embargo, es importante realizar la investigación debido a que permite conocer el porcentaje de preñez en vacas repetidoras utilizando un antibiótico de inseminación artificial; según Raso (2012) de forma histórica la proporción de hembras inseminadas en el país no supera el 4% del rodeo nacional, sin embargo, con la aparición de técnicas de inseminación a tiempo fijo la utilización ha aumentado, estimándose que hoy alcanza entre el 7-8%.

La importancia radica en mantener la productividad de las vacas mediante las diferentes técnicas de inseminación, en la que será de gran utilidad para que los ganaderos incrementen la productividad en las vacas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el hato ganadero La Alejandrina, en el cantón Tisaleo, provincia de Tungurahua, Ecuador, el cual limita por el norte y oeste con el cantón Ambato, y al sur y el este con Mocha y Cevallos. Su territorio está dividido en dos parroquias, la parroquia central o cabecera cantonal que lleva el nombre del cantón y Quinchicoto que se encuentra como un asentamiento humano nucleado en el extremo sureste del territorio. La comunidad asentada en la localidad es eminentemente rural, dedicada en lo fundamental a actividades agropecuarias.

Para el desarrollo de la investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar, con 6 tratamientos en función de aplicación de la hormona GnRH a diferentes días posteriores a la inseminación artificial de vacas lecheras. Para ello, se conformaron seis grupos de vacas Holstein mestizas y con cinco vacas por tratamiento, las cuales constituyen las repeticiones (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos objeto de estudio en la investigación experimental

Tratamientos	Condición de las vacas reproductoras
T0	Sin aplicación de GnRH
T1	Con aplicación de GnRH al día 12 post inseminación
T2	Con aplicación de GnRH al día 14 post inseminación
T3	Con aplicación de GnRH al día 16 post inseminación
T4	Con aplicación de GnRH al día 18 post inseminación
T5	Con aplicación de GnRH al día 20 post inseminación

Las unidades de estudio estuvieron constituidas por vacas Holstein mestizas productoras de leche que conforman cada grupo estructurado en función de la aplicación de la hormona GnRH a diferentes días post inseminación artificial.

Previo a la determinación del tamaño de la muestra, se realizó una selección de los animales experimentales bajo los siguientes criterios de inclusión:

1. **Reproductoras en periodo posparto.**
2. **Vacas que no hayan tenido partos distócicos.**
3. **Reproductoras sin presencia de enfermedades metabólicas.**
4. **Vacas en etapa reproductiva aparente con una edad entre tres y seis años.**

El tamaño de la muestra para garantizar la máxima representatividad del estudio se determinó según criterio y experiencia del investigador en el área del conocimiento, donde se constituyeron seis grupos de cinco vacas cada uno, para un total de 30 vacas en el estudio, seleccionadas mediante muestreo aleatorio simple, donde cada animal del hato ganadero tuvo la misma posibilidad de ser elegido.

Los datos primarios fueron recolectados en 30 reproductoras seleccionadas a partir de la selección aleatoria, a las cuales se les realizó ecografía a los 28 días post inseminación para determinar el índice de concepción o

preñez y la presencia o ausencia de embrión a los 45 días mediante observación. En cada vaca seleccionada se tomó una muestra de sangre de 10 ml en la vena yugular, la cuales fueron colocadas en tubos Vacutainer de tapa roja y ubicados en Cooler con refrigeración para garantizar mantener las muestras en una temperatura entre 4 y 8 °C; las mismas que fueron transportadas inmediatamente al Laboratorio Clínico ALMOLAB de Ambato, para la determinación del nivel plasmático de progesterona en sangre.

Los datos fueron organizados en columnas a partir de los grupos conformados (Tabla 2) para su ordenamiento en una matriz de datos que permitió su procesamiento estadístico.

Tabla 2. Detalles de cada grupo conformado (tratamientos) para el desarrollo de la investigación

Tratamiento	Código	Número de reproductoras	Total
Sin GnRH	T0	5	5
GnRH al día 12	T1	5	5
GnRH al día 14	T2	5	5
GnRH al día 16	T3	5	5
GnRH al día 18	T4	5	5
GnRH al día 20	T5	5	5
Total			30

La descripción estadística del comportamiento de cada grupo de vacas donde se aplicó o no la hormona GnRH, evaluadas a los diferentes días post inseminación en relación con los niveles plasmáticos de progesterona se realizó mediante el cálculo de medidas de resumen de datos, dentro de las que se encuentran la media aritmética, desviación típica o estándar, error típico o estándar de la media, mínimo y máximo.

Para conocer si se presentan o no diferencias estadísticamente significativas entre los grupos conformados de vacas reproductoras (formadas a partir de la aplicación de GnRH posterior a la inseminación artificial y el grupo donde no se utilizó la hormona), en función del índice de concepción o preñez y la presencia o ausencia de embrión a los 45 días, se utilizó la prueba *n* paramétrica de Chi-cuadrado de Pearson, debido a que las variables medidas (viabilidad embrionaria (presencia o ausencia de embrión) y concepción (sí o no) son variables categóricas dicotómicas. La presencia o no de diferencias estadísticas significativas entre los grupos de vacas conformados para la investigación en función de los niveles de progesterona en sangre se determinó mediante el Análisis de varianza (ADEVA) de un factor intergrupos. Cuando se presentaron diferencias estadísticas entre los tratamientos; se aplicó la prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan, la cual permite establecer entre que tratamientos se presentan diferencias o similitudes.

Por otro lado, la posible relación entre la aplicación de GnRH a los diferentes días y la viabilidad embrionaria,

concepción o preñez y niveles de progesterona en sangre se estableció mediante el coeficiente de correlación rho de Spearman.

La comparación de los dos grupos de vacas (con aplicación de GnRH y sin GnRH) para conocer la presencia o no de asociación con la concepción o preñez (sí o no) de las vacas a los 28 días y la viabilidad embrionaria se realizó mediante la prueba Chi-cuadrado de Pearson, previa elaboración de tablas de contingencias bidimensionales, donde se establecen las frecuencias absolutas y relativas de las categorías de las variables analizadas.

El procesamiento de los datos recolectados como parte de la investigación se realizó con el programa estadístico SPSS versión 25 de prueba para Windows, con una confiabilidad en la estimación del 95% y un nivel de significancia del 5,0 % ($\alpha=0,05$). La representación gráfica de los resultados se realizó mediante gráficos de barras simples y de barras agrupadas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectividad de la aplicación de GnRH post inseminación artificial sobre el índice de concepción en vacas lecheras

La tabla de contingencia muestra la distribución de frecuencias absolutas y relativas del estado de concepción o preñez dentro de cada grupo de vacas estudiado (con aplicación de GnRH y sin aplicación de GnRH), evidenciándose que dentro del grupo sin aplicación de la hormona GnRH, el 60% (3/5) de las vacas reproductoras presentaron concepción o preñez a los 28 días y el resto, o sea, el 40% (2/5) no la obtuvo; y dentro del grupo de vacas a las cuales se les aplicó la hormona GnRH analizadas a los 28 días, el 88,0% (22/25) alcanzaron la concepción o preñez y el 12% (3/25) no la alcanzó, sin embargo, para conocer si la asociación entre las dos variables es significativa se debe realizar la prueba de hipótesis de Chi-cuadrado de Pearson (Tabla 3).

Tabla 3. Tabla cruzada que asocia a la utilización o no de la Hormona GnRH con la concepción o no de la vaca reproductora a los 28 días

Concepción o preñez (28 días) Con GnRH		Hormona GnRH		Total
		Sin GnRH		
Sí	Recuento	22	3	25
	% dentro de la aplicación de GnRH	88,0%	60,0%	83,3%
	% dentro del total	73,3%	10,0%	83,3%
No	Recuento	3	2	5
	% dentro de la aplicación de GnRH	12,0%	40,0%	16,7%
	% dentro del total	10,0%	6,7%	16,7%

Total	Recuento	25	5	30
	% dentro de la aplicación de GnRH	100%	100%	100%
	% dentro del total	83,3%	16,7%	100,0%

La prueba Chi-cuadrado de Pearson muestra un p-valor=0,049; valor menor a 0,05; por lo tanto, se presentan diferencias estadísticas significativas; presentándose evidencia estadística suficiente para aceptar que se presenta una asociación entre la aplicación de la hormona GnRH a diferentes días post inseminación y el estado de preñez o índice de concepción en vacas, lo que puede estar condicionado por el desarrollo del cuerpo lúteo (Tabla 4).

Tabla 4. Prueba Chi cuadrado que muestra la asociación entre la aplicación o no de Hormona GnRH con la variable concepción o preñez (sí o no) de la vaca a los 28 días

Estadísticos	Valor	gl	p-valor
Chi-cuadrado de Pearson	2,352	1	0,049
N de casos válidos	30		

Existen investigadores que manifiestan que son muy aceptados los tratamientos con GnRH, debido a que mejoran el desarrollo del cuerpo lúteo y por ende una mayor producción de progesterona, lo que contribuye a prevenir las ovulaciones retardadas y mejorar el índice de concepción o preñez, aunque los resultados varían de acuerdo a las condiciones geográficas y de acuerdo al número de servicio de las vacas.

Los resultados muestran que cuando se aplicó la hormona GnRH en vacas reproductoras se alcanzó un porcentaje de concepción o preñez del 88% (22/25) y solamente un 12% (3/25) de vacas no alcanzaron a obtener la concepción (Figura 1).

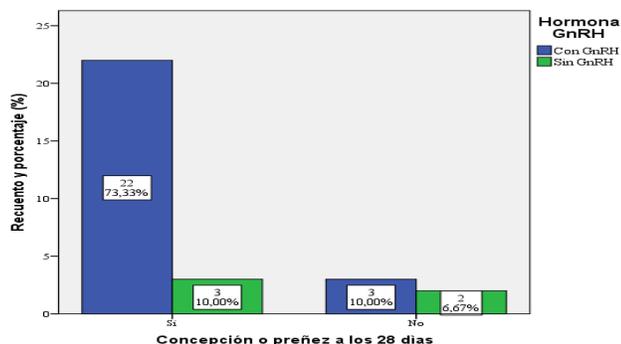


Figura 1. Influencia de la aplicación de hormona GnRH en la concepción o preñez de vacas reproductoras a los 28 días post inseminación

Se presentan diferencias estadísticas entre el grupo con aplicación de la hormona GnRH y el grupo sin aplicación de GnRH en lo referente a la tasa de concepción o preñez en vacas reproductoras a los 28 días post inseminación, los resultados del presente estudio igual a los obtenidos por Flaquer (2007) de 73.33%, al aplicar 75 mg GnRH

(Acetato de Gonadorelina) a los 12 días post inseminación en vacas lecheras y superiores a los encontrados por Sheldon y Dobson (1993) con un 60% al aplicar 10 microgramos de la hormona GnRH (Buserelina) a los 11 días post inseminación en vacas reproductoras, valor que supera los obtenidos por Iglesias (2002) del 26.36% al aplicar 84 microgramos de GnRH (Acetato de Buserelina) en 44 vacas lecheras de diferentes razas a los 12 días post inseminación artificial.

Efecto de la aplicación de la GnRH a diferentes días post inseminación artificial en el porcentaje de concepción o preñez

La mayor la efectividad de la hormona GnRH en relación con el porcentaje de concepción o preñez se alcanzó a los 14 y 18 días post inseminación 100%, sin embargo, a los días 12, 16, 20 de efectuada la inseminación se alcanzó un porcentaje de concepción del 80%, mientras que en el tratamiento testigo (sin GnRH) alcanzó un porcentaje de concepción del 60%. La utilización de la hormona GnRH favorece un mejor desarrollo del cuerpo lúteo y desencadena una mayor producción de progesterona; además mantiene la gestación (Figura 2).

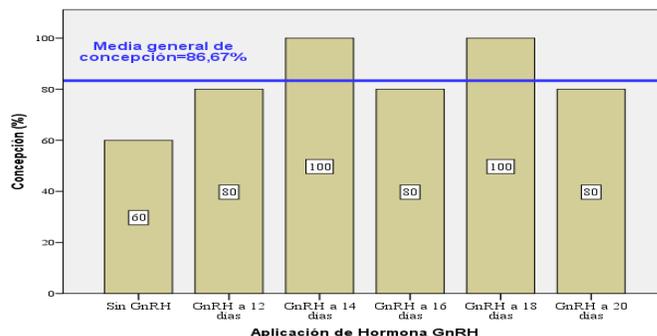


Figura 2. Influencia de la aplicación de Hormona GnRH en la concepción o preñez de vacas reproductoras a los 28 días post inseminación

Los resultados obtenidos en la presente investigación se corroboran con lo obtenido por Sreenan y Diskin, (1994) quienes establecieron que el índice de fecundación se incrementa hasta un 90% posterior a la inseminación de la reproductora, sin embargo, se observan resultados distintos con los obtenidos por Velázquez et al., (2009), quienes demostraron que los índices de fecundación son bajos cuando se utiliza GnRH, lo que puede producirse por diferentes factores.

López et al. (2006) desarrollaron un estudio donde investigaron a tres grupos de vacas (el grupo control con n= 431, el grupo con aplicación de la hormona GnRH al momento de la inseminación con un n=429, y el grupo donde se aplicó la hormona GnRH a los 12 días después de la inseminación artificial con un n=429) en condiciones de altas temperaturas y obtuvieron una tasa de gestación en el grupo 1 de 21% (89 preñadas de 431 muestreadas), en el grupo 2 se obtuvo un 31% de preñez (132 gestadas de 429 muestreadas) y en el grupo 3 se alcanzó un 35% (152 vacas preñadas de 429 analizadas), demostrándose

que se aumenta la tasa de preñez en vacas de alta producción lechera en el periodo de temperatura más alto.

En un estudio realizado por Ladino y Villeda, (2013) para conocer el efecto del Acetato de Gonadorelina aplicado al día 21 posterior a la inseminación no encontraron diferencias estadísticas significativas a los 30 y 45 días, entre el grupo de vacas con la aplicación de 150 ug de la hormona a los 21 días y el control en relación al porcentaje de concepción o preñez.

Efecto de la aplicación de GnRH a diferentes días post inseminación en los niveles de progesterona en sangre en vacas Holstein mestizas

En la Tabla 5 se caracteriza la variable niveles plasmáticos de progesterona en función de los días transcurridos posteriores a la inseminación artificial, donde se obtiene para el grupo de vacas con aplicación de hormona valores promedio menores que lo obtenido en el grupo de vacas donde no se aplicó la hormona GnRH .

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de los niveles plasmáticos de Progesterona en función de los diferentes días post inseminación

Tratamientos	n	Media ()	Desviación estándar (S)	Mínimo	Máximo
Sin GnRH	5	7,01	5,03	1,63	14,26
Con GnRH (12 días)	5	14,81	5,60	7,70	21,30
Con GnRH (14 días)	5	22,11	7,62	9,34	29,37
Con GnRH (16 días)	5	29,83	22,81	3,67	53,50
Con GnRH (18 días)	5	15,78	4,70	9,43	20,21
Con GnRH (20 días)	5	13,38	6,99	2,57	22,11
Subtotal con GnRH	25	19,18	12,33	2,57	22,11
Total	30	17,15	12,28	1,63	53,50

Nota: La unidad de medida de los niveles de progesterona en sangre es en ng/mL

El contraste de hipótesis evidencia que la distribución de los niveles de progesterona en plasma (%) presentan diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados (días transcurridos después de la aplicación de GnRH post inseminación, o sea, a los 12, 14, 16 18 y 20 días) y el grupo de vacas sin utilización de hormona GnRH, ya que el p-valor obtenido en la prueba paramétrica de ANOVA (0,049) es menor al nivel de significancia restablecido previamente , por lo que se demuestra que los valores de progesterona en plasma de vacas reproductoras se encuentran influenciado por la hormona GnRH (Tabla 6).

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) para los niveles de progesterona en sangre en vacas posparto

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p-valor
Tratamientos	1548,652	5	309,730	2,631	0,049
Error experimental	2825,029	24	117,710		
Total	4373,681	29			

Coefficiente de variación (CV)=40,9%

El mayor valor de progesterona en sangre se obtuvo a los 16 días post inseminación artificial (29,83 ng/mL) no diferente estadísticamente a los valores obtenidos a los 12 días post inseminación (14,81 ng/mL), 14 (22,11 ng/mL), 18 (15,78 ng/mL) y 20 (13,38 ng/mL), sin embargo, si presentó diferencias estadísticas con el grupo testigo al que no se aplicó GnRH donde se obtuvo una media de 7,01 ng/mL, condicionada posiblemente por la acción de la GnRH sobre el tejido blanco, que induce la producción de progesterona en el cuerpo lúteo para asegurar la preñez. La progesterona es una hormona de la gestación y factor asociado a tener en cuenta para mantener la preñez o gestación. Cuando ocurre la gestación la GnRH contribuye a inhibir la actividad contráctil del útero estimulándose el desarrollo de sus glándulas (Hincapié et al., 2005) (Figura 3).

En un estudio realizado por (Wiltbank et al., 2014). Indica que niveles séricos de P4 iguales o superiores a 10 ng/mL denotarían cuerpos lúteos de media-alta producción de P4 compatibles con el período de gestación.

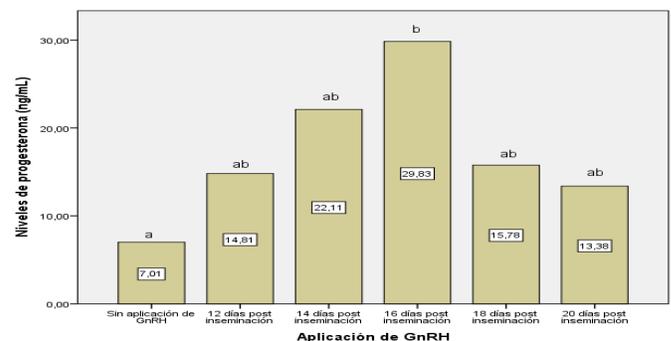


Figura 3. Influencia de la aplicación de Hormona GnRH a diferentes días post inseminación en los niveles de progesterona de vacas Holstein mestizas

*Letras diferentes difieren estadísticamente para un p-valor<0,05

La media de los niveles de progesterona en el presente estudio es de 19.18 ng/ml cuando se aplicó la hormona GnRH y de 31,60 ng/ml sin aplicación de GnRH, valor que supera a los obtenidos por Pitti y Sánchez (2012) en una investigación realizada en Zamorano-Hondura, con el objetivo de determinar los porcentajes de preñez y las concentraciones de progesterona en plasma sanguíneo en vacas de aptitud lechera tratadas con GnRH post inseminación artificial; La concentración de progesterona más alta se obtuvo en el tratamiento de GnRH al día 7,

con una media de 10.03 ng/ml, al día 12, 7.62 ng/ml y control 8.72 ng/ml.

Viabilidad embrionaria a los 45 días post inseminación

Las frecuencias absolutas y relativas de la presencia o no de viabilidad embrionaria a los 45 días dentro de los grupos conformados a partir de la aplicación o no de la hormona GnRH se muestra en la tabla de contingencia bidimensional, donde se observa que dentro del total de vacas analizadas a las cuales se les aplicó la hormona GnRH (n=25), el 88,0% (22/25) presentaron viabilidad embrionaria y el 12% (3/25) no la alcanzó. Dentro del grupo de vacas donde no se aplicó la hormona GnRH (n=5), el 20% (1/5) presentaron viabilidad embrionaria, no así, el 80% (4/5) restante (Tabla 6).

Tabla 6. Tabulación cruzada que muestra las frecuencias de la viabilidad embrionaria a los 45 días (%) en los grupos de vacas con y sin GnRH

Viabilidad embrionaria a los 45 días (%) Con GnRH		Hormona GnRH		Total
		Sin GnRH	Con GnRH	
Presencia	Recuento	22	1	23
	% dentro de la aplicación de GnRH	88,0%	20,0%	76,7%
	% dentro del total	73,3%	3,3%	76,7%
Ausencia	Recuento	3	4	7
	% dentro de la aplicación de GnRH	12,0%	80,0%	23,3%
	% dentro del total	10,0%	13,3%	23,3%
Total	Recuento	25	5	30
	% dentro de la aplicación de GnRH	100%	100%	100%
	% dentro del total	83,3%	16,7%	100%

El contraste de hipótesis evidencia que la distribución de viabilidad embrionaria a los 45 días (%) presentan diferencias estadísticas significativas entre las categorías de aplicación de la hormona GnRH y el grupo de vacas sin utilización de hormona GnRH, ya que el p-valor (0,001) obtenido en la prueba no paramétrica de Chi-cuadrado es menor al nivel de significancia restablecido previamente, por lo que, se demuestra que la viabilidad embrionaria de vacas reproductoras se encuentra influenciado por el empleo de la hormona GnRH (Tabla 7).

Tabla 7. Prueba de Chi cuadrado que muestra la asociación entre Aplicación de Hormona GnRH con la viabilidad embrionaria a los 45 días (%)

Estadísticos	Valor	gl	p-valor
Chi-cuadrado de Pearson	10,770a	1	0,001
N de casos válidos	30		

Los resultados evidencian que cuando se aplicó la hormona GnRH en vacas reproductoras se alcanzó una alta

viabilidad embrionaria a los 45 días de realizada la inseminación artificial, o sea, un 88% (22/25) y solamente un 12% (3/25) de vacas no alcanzaron la viabilidad embrionaria. En el grupo de vacas donde no se aplicó la hormona GnRH se obtuvo una baja viabilidad embrionaria a los 45 de realizada la inseminación artificial con un 80% (4/5) de vacas sin viabilidad (Figura 4).

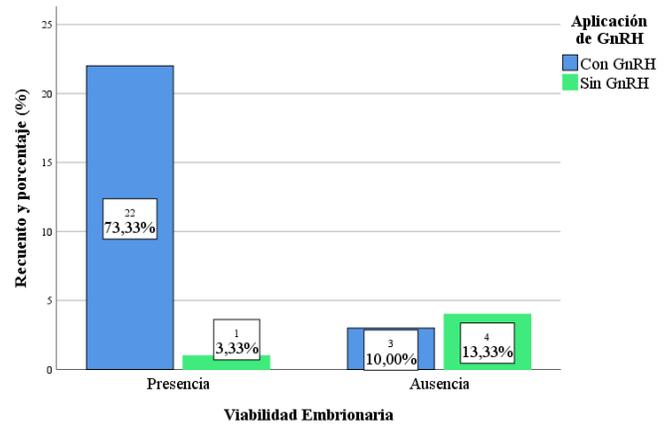


Figura 4. Viabilidad embrionaria (presencia o ausencia) de vacas mestizas a los 45 días post inseminación artificial

El porcentaje obtenido como media general en la presente investigación (76,7%), o sea, 22 vacas con viabilidad embrionaria de 30 estudiadas, se asemeja a los indicados por Gonzales (2004), quien obtuvo en vacas reproductoras entre el 60 y 70% de viabilidad embrionaria, sin embargo, Hincapié et al., (2005) sugieren como parámetro aceptable de viabilidad embrionaria valores iguales o mayores al 55% (Figura 5).

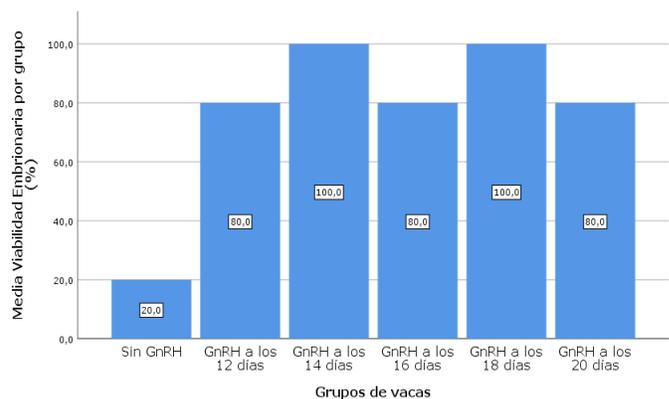


Figura 5. Influencia de la aplicación de la hormona GnRH a diferentes días post inseminación en la viabilidad embrionaria de vacas Holstein mestizas a los 45 días

CONCLUSIONES

El índice de concepción o preñez fue mayor y diferente estadísticamente (88%) en el conjunto de vacas donde se aplicó la hormona GnRH en comparación con el grupo control (60%) donde no aplicó, lo que evidencia el efecto positivo que presenta en el desarrollo del cuerpo lúteo y la producción de progesterona en vacas Holstein

mestizas. El mayor porcentaje de concepción en vacas Holstein mestizas se presentó a los 14 y 18 días post - inseminación con una efectividad del 100%. Los niveles de progesterona en sangre de vacas Holstein mestizas presentaron diferencias estadísticamente significativas en función de la aplicación o no de la hormona GnRH a diferentes días post inseminación, sin embargo, los valores alcanzados se incrementan progresivamente a partir del día 12; además se demuestra un efecto significativo de la hormona GnRH en la progesterona en comparación con el grupo de reproductoras a las que no se le aplicó la hormona. La aplicación de la hormona GnRH en vacas Holstein mestizas alcanzó una viabilidad embrionaria a los 45 días de realizada la inseminación artificial del 88% (22/25) y solamente un 12% (3/25) de vacas no la alcanzaron, lo que puede estar condicionado por el efecto de los cambios bruscos de temperatura debido al cambio climático. En el grupo de vacas donde no se aplicó la hormona se obtuvo una viabilidad embrionaria del 20% (1/5) diferente estadísticamente al 88% alcanzado en el grupo con aplicación de GnRH.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cunningham, J. (2014). *Fisiología Veterinaria: Quinta edición 607 pp.* (Elsevier, Ed.). España. https://www.academia.edu/31697589/Cunningham_Fisiologia_veterinaria_Evolve_5th_Edition
- Flaquer, J. (2007). Respuesta a la inducción y sincronización del celo con CIDR, GnRH y PGF2 en vacas de doble propósito en anestro. [Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana]. 15 p.
- Giraldo, J. (2008). Sincronización y resincronización de celos y de ovulaciones en ganado de leche y carne. La Sallista.
- Gonzales, C. (2004). Innovación y tecnología en la ganadería de doble propósito. Madrid.
- Hincapié, J; Campo, E; Blanco, G. (2005). *Trastornos reproductivos en la hembra bovina.* (L. Editores, Ed.) (2da. Ed). Tegucigalpa, Honduras.
- Iglesias, C. (2002). Aplicación posparto de GnRH y PGF2 a para estimular la reactivación ovárica y la fertilidad en ganado lechero. Doi: 10.13140/RG.2.2.24644.27520 https://www.researchgate.net/publication/331135679_Aplicacion_posparto_de_GnRH_y_PGF2a_para_estimular_la_reactivacion_ovarica_y_la_fertilidad_en_ganado_lechero
- Jairo, H. J. (2011). Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación alimenticia en vacas lactantes de sistemas especializados sobre su metabolismo energético y proteico y el contenido de proteína en la leche. Bogotá: [Tesis de doctorado]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/5273/1/hectorjairocorreacardona.2011.parte1.pdf>
- Ladino, M. P; Villeda, J. J. (2013). Efecto de la aplicación de Acetato de Gonadorelina al día 21 pos inseminación sobre el porcentaje de reabsorción embrionaria en vacas lecheras). Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1679/1/CPA-2013-047.pdf>
- Lesmes, L. (2014). La vaca repetidora (VR) y alternativas de apoyo. <http://www.laboratoriosprovet.com/experimentos-a-su-disposicion/articulos-tecnicos/36-la-vaca-repetidora-vr-y-alternativas-de-apoyo>
- López, G. F., P. Santolaria, A. Martino, F. Deletang, F. De Rensis (2006). The effects of GnRH treatment at the time of AI and 12 days later on reproductive performance of high producing dairy cows during the warm season in northeastern Spain. *Theriogenology* 65(4): 820-830.
- Raso, M. (2012). Inseminación Artificial a Tiempo Fijo (I.A.T.F). http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_ganaderia46_inseminacion_ovina.pdf
- Sheldon, I.M.; H. Dobson. (1993). Effects of gonadotropin releasing hormone administered 11 days after insemination on the pregnancy rates of cattle to the first and later services. *Vet. Rec.* 133: 160-163.
- Sreenan, J. M; Diskin, M. G (1994). El alcance y el momento de la mortalidad embrionaria en la vaca. *Mortalidad embrionaria en animales de granja*, 1-11. doi: 10.1007 / 978-94-009-5038-2_1. ECSC, EEC, EAEC, Brussels-Luxembourg.
- Velázquez, Cruz J. E. Vázquez Elizondo, C. A. Arvizu Ulloa, R. García Fernández, I.G. (2009). Efecto de la GnRH pos inseminación sobre la concentración de progesterona y las tasas de concepción en vacas repetidoras Holstein en condiciones de estrés calórico. *Técnica Pecuaria en México* 47(1):107-115.
- Wiltbank, M. C., Souza, A. H., Carvalho, P. D., Cunha, A. P., Giordano, J. O., Fricke, P. M., Diskin, M. G. (2014). Physiological and practical effects of progesterone on reproduction in dairy cattle. *Animal*, 8(SUPPL. 1), 70–81. <https://doi.org/10.1017/S1751731114000585>.

RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE LA GUAYABA (PSIDIUM GUAJAVA, L) A LA APLICACIÓN DEL QUITOMAX®

AGRONOMIC ANSWER OF THE CULTIVATION OF THE GUAVA (PSIDIUM GUAJAVA, L) TO THE APPLICATION OF THE QUITOMAX®

Luis Gustavo González Gómez
E-mail: ggonzalezg@udg.co.cu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7005-3077>
María Caridad Jiménez Arteaga
E-mail: cjimeneza@udg.co.cu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-8249>
Exequiel Olivet Acosta
E-mail: eoliveta@udg.co.cu
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2349-6657>
Universidad de Granma. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Gómez, L. G., Jiménez Arteaga, M. C., Olivet Acosta, E. (2023). Respuesta agronómica del cultivo de la guayaba (*Psidium guajava*, L) a la aplicación del Quitomax® *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 163-171. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La investigación se realizó en el periodo del 15 de julio del 2018 al 5 de junio del 2019. El cultivo empleado fue la guayaba variedad "Enana roja cubana" EEA 18-40, con el "objetivo de evaluar el efecto del Quitomax® en este cultivo". El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado, se realizaron dos experimentos, cada uno con dos tratamientos T1. Control y T2 con la aplicación de Quitomax®, se aplicó una dosis de 360 mg ha⁻¹ de manera foliar a los 4 meses de la plantación en el primer experimento y en el segundo a los 3 y 5 meses después de plantado. A ambos experimentos se evaluó -Altura de las plantas (cm), número de flores por plantas, número de frutos aptos para la cosecha por plantas. Se realizaron tres cosechas se midió a los frutos -Diámetro polar de los frutos (cm), diámetro ecuatorial de los frutos (cm), masa de los frutos (g) y rendimiento obtenido (t ha⁻¹). Los resultados demostraron el efecto positivo del Quitomax® sobre las variables evaluadas obteniendo un rendimiento 5,43 t ha⁻¹ (T2) por 2,8 t ha⁻¹(T1) en el primer experimento y en el segundo de 4 t ha⁻¹ (T2) por 1,7 t ha⁻¹ (T1).

Palabras clave:

Guayaba, rendimiento, Quitomax®

ABSTRACT

The investigation was carried out in the period of July 15 from the 2018 to June 5 the 2019. The used cultivation was the guava "Enana roja cubana EEA 18-40, with the objective of evaluating the effect of the Quitomax® in this cultivation». The design experimental employee was totally randomized, they were carried out two experiments, each one with two treatments T1. Control and T2 with the application of Quitomax®, a dose of 360 mg ha⁻¹ in way to foliate to the 4 months of the plantation in the first experiment and in the second to the 3 and 5 months after having planted. To both experiments -height of the plants was evaluated (cm), number of flowers for plants, number of capable fruits for the crop for plants. They were carried out three crops it was measured to the fruits polar -diameter of the fruits (cm), equatorial diameter of the fruits (cm), mass of the fruits (g) and obtained yield (t ha⁻¹). The results demonstrated the positive effect of the Quitomax® on the evaluated variables obtaining a yield 5,43 t ha⁻¹ (T2) for 2,8 t ha⁻¹(T1) in the first experiment and in the second of 4 t ha⁻¹ (T2) for 1,7 t ha⁻¹ (T1).

Keywords:

Guava, yield, Quitomax®.

INTRODUCCIÓN

Para el año 2021 su producción fue alrededor de 2,2 millones de toneladas a nivel mundial. Ciertamente el **cultivo de guayaba** tiene amplias perspectivas, ya que su aprovechamiento no solo es como fruta fresca; sino también en jaleas, conservas y bebidas enlatadas. Razón por la cual, es muy apreciada por agroindustria para el desarrollo de nuevos productos. (Muñoz, 2020).

Por sus propiedades nutritivas y aporte de sustancias de acción antioxidante, aliadas de nuestra salud, el **consumo de guayaba** es adecuado para los niños, los jóvenes, los adultos, los deportistas; así como las mujeres embarazadas o madres lactantes y las personas mayores. Debido a su aporte de vitamina C y provitamina A se recomienda el **consumo de guayaba** a toda la población. Especialmente entre quienes tienen un mayor riesgo de sufrir carencias de dichas vitaminas como las personas que no toleran los cítricos, el pimiento u otros vegetales (Mariño, 2022)

Como estrategia de desarrollo, el Movimiento de la Agricultura Urbana en Cuba promueve el incremento de la productividad agrícola en armonía con el medio ambiente, este modelo de agricultura motiva la no utilización de productos químicos como fertilizantes minerales y plaguicidas, iniciándose a partir de la década de los 90 la investigación y el desarrollo de productos alternativos vinculados con la nutrición, estimuladores del crecimiento vegetal y biocontroles de patógenos, lo que ha generado una diversidad de productos con diferentes mecanismos de acción (Terry et al., 2014).

El quitosano (principio activo del Quitomax®), ha sido ampliamente usado en la agricultura, principalmente por estimular el crecimiento vegetal, posee actividad antimicrobiana, nematocida, antiviral y fúngica, participa en la inducción de tolerancia y resistencia a diversos tipos de estrés (déficit hídrico, salinidad en el suelo, altas temperaturas), además de promover el crecimiento vegetal, lo cual tiene una marcada influencia sobre el incremento de los rendimientos y la calidad de las cosechas (Ayala et al., 2015).

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue “Evaluar la respuesta agronómica de la aplicación foliar de Quitomax® durante el crecimiento vegetativo en el cultivo de la guayaba”.

Metodología empleada

La investigación se realizó en la finca de los combatientes “CCSF- Manuel Espinosa Ramírez”, situada en la carretera salida de las Tunas la Pupa.

Durante los dos experimentos el comportamiento de las variables climáticas humedad y temperatura se comportaron de manera favorable para el cultivo según los valores señalados por INTAGRI (2023), donde las temperaturas fueron menor de 30 °C, la humedad relativa fue del 78 % y solo las precipitaciones no cubrieron las necesidades

hídricas del cultivo lo cual hizo que se empleara riego por aspersión durante el crecimiento del cultivo y por gravedad a inicio de floración y fructificación.

Las posturas fueron trasplantadas sobre un suelo Pardo con carbonato según la clasificación de Hernández et al., (2015). Se abrió un hueco de 30 cm de profundidad y 30 cm de ancho se le aplicó de fondo Trichograma Virilis Cepa 3 con una dosis de 60 g/planta, para el control de los nematodos del suelo.

El cultivo empleado fue la guayaba variedad “Enana roja cubana” EEA 18–40, la que se caracteriza por ser un árbol de porte bajo, muy prolífico. Esta variedad es muy promisoriosa, entra en producción muy temprano y si se cultiva bajo riego, sus rendimientos son elevados y su producción constante durante todo el año (MINAG, 2009).

Se empleó un marco de plantación de 4 x 3 m para un total de 834 plantas ha⁻¹, las atenciones culturales fueron realizadas según el Instructivo Técnico de este cultivo (ITT, 2014) la cual se dividió en partes iguales para los dos experimentos.

El diseño experimental empleado fue completamente aleatorizado, donde se realizaron dos experimentos, cada uno con dos tratamientos T1. Control (sin aplicación de producto) y T2 con la aplicación de Quitomax® a los cuatro (4) meses de plantado el cultivo para el primero y el segundo T1. Control (sin aplicación de producto) y T2 con la aplicación de Quitomax® a los tres (3) y cinco (5) meses de plantado el cultivo.

En ambos casos, la dosis del polímero aplicada fue de 360 mg ha⁻¹ y el tratamiento control fue asperjado con agua normal y de calidad de manera foliar.

Indicadores del crecimiento evaluado a los dos experimentos donde se seleccionaron al azar 10 plantas por tratamientos:

-Altura de las plantas (cm), número de flores por plantas en floración masiva (más del 50 % de las plantas por tratamientos con flores), número de frutos aptos para la cosecha por plantas en fructificación masiva (más del 50 % de las plantas por tratamientos con frutos).

A los 6 meses se le realizó el despunte y posteriormente se le realizaron tres cosechas durante tres semanas consecutivas, se seleccionaron 20 frutos de forma aleatorizada por cada tratamiento y se le realizaron las siguientes mediciones a ambos experimentos.

-Diámetro polar de los frutos (cm), diámetro ecuatorial de los frutos (cm), masa de los frutos (g) y rendimiento obtenido (t ha⁻¹)

Para el análisis estadístico de los datos de ambos experimentos se empleó una prueba de t-students.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluaciones del primer experimento

Los resultados de la tabla 1 muestran que en el momento de la aplicación de Quitomax® a los 4 meses después del trasplante no existió diferencias significativas entre las plantas tratadas y las no tratadas con relación a la altura de las plantas, similares resultados se obtienen en la segunda y tercera mediciones es decir a los 30 y 60 días después de aplicar el biopolímero.

En la cuarta y quinta mediciones se observa que existe diferencias significativas entre los tratamientos evaluados a favor del tratamiento control y ya en la sexta medición no existe diferencias entre los dos tratamientos evaluados.

En otros cultivos como tabaco (González, L.G. y Jiménez, M.C. 2017), pimiento (Jiménez et al., 2018), Jiménez et al., (2015) en tomate, Costales et al., (2010) en soya, por solo citar estos reportan efectos positivos del Quitomax® sobre la variable altura de las plantas al compararlo con el tratamiento control, efecto que no se produjo en este cultivo cuando se aplica el bioproducto a los 4 meses después del trasplante.

Este bioproducto ejerce efectos fisiológicos y metabólicos muy significativos sobre el ciclo biológico del cultivo, toda una vez, que es capaz de estimular la división y alargamiento celular. También se le atribuye a que el quitosano favorece la producción de enzimas relacionadas con el crecimiento y desarrollo de las plantas tales como la celulosa, lo que promueve una mayor altura de las plantas (Pérez et al., 2015), efecto que se observó en este trabajo

Tabla 1. Altura de las plantas por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	65,9	78,7	110,8	120,8	125,6	131,4
Quitomax®	72,0	78,0	98,6	98,6	109,8	126,6
Valor de t-students	1,22	0,8	0,55	1,13	1,14	0,40
Valor de p	0,25	0,93	0,59	0,29	0,28	0,69

Al evaluar el número de flores en la tabla 2 se aprecia que en el momento de la aplicación del biopolímero no existe diferencias significativas entre los dos tratamientos evaluados, en las dos mediciones siguientes existen diferencias significativas a favor de donde se aplicó el Quitomax® y en la cuarta, quinta y sexta no existió diferencias significativas entre los tratamientos.

En el cultivo del pepino variedad INIVIT González et al., (2018) al aplicar diferentes dosis de Quitomax®, plantean que existió diferencias significativas entre los tratamientos con relación a las flores femeninas con valores obtenidos para ambos tipos de flores de acuerdo a los expuestos por Cruz (2007) cuando expresó que al aplicar el bioestimulante Quitomax® la cantidad de flores se incrementan,

efecto que solo se observó durante los primeros sesenta días posterior a la aplicación.

Bogantes y Mora (2010), al evaluar cuatro patrones de guayabo, reportaron valores entre 2,5 y 7,8 número de flores por plantas al evaluarlo a los 135 y 250 días después del injerto valores que son superiores a la segunda medición y inferiores al resto de las mediciones efectuadas en este trabajo, a pesar de ser variedades similares.

Tabla 2. Numero de flores por tratamientos y mediciones

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	7,33	0,0	6,80	10,75 NS	10,33 NS	10,25 NS
Quitomax®	7,40	0,40	8,0	10,66	11,0	11,20
Valor de t-students	0,78	1,0	0,58	0,01	0,10	0,12
Valor de p	0,93	0,34	0,57	0,98	0,92	0,90

Con relación al número de frutos por plantas, conteo que comenzó con la floración masiva, se observa en la 1ra, 2da y 6ta medición existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, no así de la 3ra a la 5ta medición. Este comportamiento pudo estar debido a la incidencia del Quitomax® aplicado a inicio de fructificación y su efecto disminuye a partir de la 3ra medición, aunque en la sexta medición existió diferencias entre los tratamientos donde se produjo el mayor número de frutos.

González et al., (2016) reportan que en estas variedades es posible obtener 1,5 frutos como promedio de incrementos en mediciones efectuadas cada 15 días y se formaron 4,6, 4,3 y 3,9 frutos grandes en las tres mediciones realizadas valores a algunas de estas mediciones y superiores a otras como se observa en la tabla 3.

Según Falcón et al., (2021) la aplicación de diferentes dosis de quitosano estimula los procesos fisiológicos en la planta y se incrementa el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por la planta y aumenta su crecimiento y desarrollo, trayendo consigo un aumento de los rendimientos agrícolas, estos autores sugieren dosis entre 300 y 600 mg ha⁻¹ para el empleo del bioestimulante del crecimiento quitosano.

Tabla 3. Número de frutos por plantas aptos para la cosecha, por tratamientos y mediciones

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	1,66	5,0	4,0 NS	2,0 NS	6,06 NS	6,80
Quitomax®	2,50	10,25	5,5	2,0	7,8	10,8
Valor de t	1,43	1,27	0,15	0,04	0,54	0,79
Valor de p	0,21	0,25	0,88	0,96	0,60	0,44

Al evaluar el diámetro polar o altura de los frutos observamos que para las tres mediciones efectuadas existieron diferencias significativas, siendo los frutos del tratamiento

con Quitomax® de mayor diámetro polar que los del tratamiento control (tabla 4).

Mata y Rodríguez, (2010), reportan para esta variable (DP) valores de 6,5 al evaluar variedades de guayabo. Estos valores son superiores a los encontrados por Jiménez et al.;(2009b) en cuanto al diámetro polar (56,8 cm) y 50,45 cm en 22 individuos silvestres de guayaba, estos valores son todos inferiores a los obtenidos en esta experiencia cuando se aplica Quitomax® y el tratamiento control, lo que puede deberse a características morfológicas de la variedad EEA 18-40, que la hace superior a las comparadas.

Según Rojas et al., (2004) el tamaño final de los frutos, depende entre otros factores, de la expansión que experimentan debido al incremento en el volumen celular, asociado directamente al aumento del contenido de agua de las células (expansión celular), explicando de esta forma que en una misma planta se observen frutos de diferentes tamaños y con algunas variaciones de forma. Así mismo afirman que las variaciones en tamaño de los frutos se ven influenciadas por factores de tipo genético, edáfico, ambiental y fisiológico, por lo que podría añadirse los efectos producidos por el Quitomax® sobre esta variable.

Jiménez et al., (2009) en su investigación realizada en el cultivo de tomate variedad Campbell-28, con el uso de quitosano (150 mg ha⁻¹), Pectimorf (15 mg ha⁻¹) y Biobras-16 (20 mL ha⁻¹), encontraron diferencias significativas al evaluar el efecto de estas sustancias en el diámetro ecuatorial de los frutos. En los resultados de Jiménez et al., (2015) al evaluar el diámetro ecuatorial de los frutos de tomate, el tratamiento con Biobras-16 superó al tratamiento control, lo que demuestra que la aplicación exógena de bioestimulantes provoca efecto sobre este indicador, como ocurrió en este trabajo.

De acuerdo a Reyes-Pérez et al., (2018) las plantas de tomate tratadas con las concentraciones más altas de Quitomax® (300 y 400 mg ha⁻¹) tuvieron indicadores significativamente mejores en términos de número de racimos por planta, número de frutos por racimos, diámetro polar de la fruta, diámetro ecuatorial del fruto, masa de la fruta y el rendimiento que los que están en el tratamiento de control.

Tabla 4. Diámetro polar de los frutos por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	7,75	7,16	7,49
Quitomax®	8,08	13,12	7,90
Valor de t	1,34	1,28	1,51
Valor de p	0,18	0,20	0,13

Algo similar ocurrió con el diámetro ecuatorial o ancho de los frutos, en las tres cosechas realizadas existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, según refleja la tabla 5.

Mata y Rodríguez, (2010) reportan valores de diámetro ecuatorial (DE) de 5,9 cm, este valor es superior a los encontrados por Jiménez *et al.*, (2009) de 5, 0 cm para diámetro ecuatorial en 22 individuos silvestres de guayaba, igual que en el análisis anterior se le puede atribuir a las características morfológicas de la variedad EEA-18-40.

La Norma Mexicana NMX - FF - 040- SCFI – (2012) para el diámetro ecuatorial del fruto especifica las siguientes cuatro categorías: A= >5.0 cm; B= 4.0- 4.9 cm; C= 3.0-3.9 cm y D= < 2.9 cm, por lo que los resultados obtenidos hacen que estos frutos clasifiquen en la categoría A.

Según Rodríguez *et al.*, (2013) en su trabajo realizado en tomate determinan que con la aplicación del bioestimulante del crecimiento, se presentaron diferencias significativas entre todos los tratamientos en la variable del diámetro ecuatorial-polar; además, al aumentar la dosis superior de 300 mg ha⁻¹, disminuyó la acción estimulante del bioestimulante del crecimiento quitosano.

Tabla 5. Diámetro ecuatorial de los frutos por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	6,46	5,70	5,95
Quitomax®	6,59	6,69	6,40
Valor de t	0,62	4,30	2,38
Valor de p	0,18	0,0	0,02

Para todos los casos existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en las tres mediciones efectuadas (tabla 6), por lo que el efecto sobre esta variable ha sido reportado por otros autores en otros cultivos de frutos carnosos como Jiménez *et al.*, (2015) en tomate, González *et al.*, (2018) en pepino y Jiménez *et al.*, (2018) en pimiento.

Mata y Rodríguez, (2010) reportan un peso promedio de los frutos fue 124,82 g, inferior al reportado por Escobar, (2004), correspondiente a 152,8 g para toda la colección del Banco de Germoplasma de Guayaba de CORPOICA Palmira (periodo 1990 - 1993). Sin embargo, las introducciones identificadas como 1838 (Nativa del Valle del Cauca), 1459-8 (Nativa del Cauca), 0440-A (Air Laves White), 0662 (D-14) y 0988-4 (71-99) presentaron guayabas con peso superior a 200 g, y podrían ser utilizadas para consumo en fresco, ya que, de acuerdo con Lozano *et al.*, (2002), frutos con peso entre 200 y 400 g son buenos para este fin, mientras que a nivel industrial esto no tiene tanta relevancia, siempre y cuando no presenten daños que alteren su calidad.

En cuanto la masa de los frutos González *et al.*, (2012) mencionan que los frutos de guayaba se clasifican en extra (>90g), primera (60-90g) y segunda (<60g); con base a esta clasificación todos los frutos de las tres cosechas y de los dos tratamientos se clasifican con categoría extra.

Collado, (2005), al evaluar nueve cultivares descendientes de la Variedad Enana Rosada reportó valores entre 218 y 395 g de masa de los frutos, los cuales son superiores a los logrados en esta experiencia.

La respuesta favorable de los indicadores productivos puede deberse a que la aplicación de Quitomax® estimuló los procesos fisiológicos de las plantas, incrementando el tamaño de las células, lo cual hace más asimilable los nutrientes por las mismas (Hadwiger, 2013). Por otra parte, este efecto también pudo estar relacionado con la capacidad del producto de actuar como antitranspirante al provocar un cierre parcial o total de las estomas, favoreciendo el estado hídrico de la planta y otros procesos fisiológicos que contribuyen a aumentar la producción de biomasa y el rendimiento agrícola, a la vez que reduce las pérdidas de agua en las plantas, efecto demostrado por Mansilla et al., (2013).

Tabla 6. Masa de los frutos por tratamientos y mediciones (g)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	164	113,25	127
Quitomax®	172,50	175,50	156,25
Valor de t	0,80	5,30	2,94
Valor de p	0,42	0,0	0,0

Evaluaciones del segundo experimento

En el momento de realizar la aplicación a los 3 meses después del trasplante y hasta la 4ta medición (tabla 7) no existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya en la 5ta y 6ta medición si existieron diferencias significativas favorables al tratamiento control. Pero visualmente se observó que las plantas donde se aplicó el bioproducto eran menos altas, pero más anchas.

Esta variedad alcanzó alturas mayores en el primer experimento, cuestión esta que atribuimos a las atenciones culturales y al momento de aplicación del Quitomax® parece ser que la aplicación a los 4 meses brinda mejor respuesta la planta que a los 3 y 5 meses.

Enano Rojo Cubano EEA 18-40', de pulpa rosada muy gruesa con pocas semillas, aroma de intensidad media. Arbol de tamaño pequeño, no alcanzando una altura superior a los 2,50 cm en plena madurez a los 3-5 años después de plantado Fernández (2018) este trabajo concluyó a los 9 meses después de trasplantado el cultivo, por lo que se supone que continúe creciendo y quedó demostrado que esta variedad es de bajo porte.

Tabla 7. Altura de las plantas por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	32,8 NS	43,96 NS	54,60 NS	60,0 NS	67,80	73,0
Quitomax®	33,2	44,68	54,80	57,20	63,40	68,0
Valor de t	0,51	0,11	0,03	0,43	0,59	0,66
Valor de p	0,66	0,91	0,96	0,67	0,56	0,52

Como se observa en la tabla 8, no existe presencia de flores en el 4 y 5to mes después del trasplante y ya en la tercera medición aparecen sin diferencias significativas entre los tratamientos en la 4ta y 6ta medición si existen diferencias entre los tratamientos no así en la quinta medición.

Este indicador tuvo igual comportamiento que en el experimento 1, donde siempre el número mayor de flores se obtuvo en el tratamiento donde se aplicó el polímero.

Si tomamos en cuenta que el tiempo entre la emergencia de las flores y la maduración del fruto está entre cuatro y seis meses en las variedades enanas como esta según el IIT (2014), entonces se justifica este segundo experimento, ya que estas variedades comienzan su producción a los 6 meses después de plantadas según Pardo y Pérez, (2006).

Tabla 8. Numero de flores por tratamientos y mediciones

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	0	0	4,33	5,50	6,0	2,66
Quitomax®	0	0	5,0	10,33	6,75	6,0
Valor de t			0,25	1,55	0,17	1,28
Valor de p			0,80	0,17	0,87	0,26

Al evaluar el número de frutos por plantas se observa en la tabla 9 que en este experimento 2 en la primera medición no había frutos formados, el número de este se incrementa hasta la cuarta medición y luego decae en el tratamiento control sin embargo donde se aplicó Quitomax® tampoco existió frutos aptos para la cosecha en la primera medición y luego hay un incremento hasta la quinta evaluación, decayendo ligeramente en la sexta demostrando la efectividad del bioproducto aplicado sobre esta variable. Menos en la segunda medición, en el resto cuando hubo frutos existió diferencias significativas entre los dos tratamientos siendo el de mejor resultado el tratamiento donde se aplicó Quitomax®.

Tabla 9. Número de frutos por plantas por tratamientos y mediciones

Tratamientos	Mediciones (cm)					
	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta
Control	0	0,8	3,5	4,6	3,3	2,33
Quitomax®	0	1	5,8	6,9	10,5	10,0
Valor de t		0,56	2,3	2,51	1,6	-5,0
Valor de p		0,76	0,54	0,67	0,35	0,0

Al evaluar el diámetro polar en la tabla 10 en este segundo experimento observamos que existió diferencias significativas en las tres mediciones, con los mejores resultados obtenidos en el tratamiento donde se aplicó Quitomax® y al compararlo con el primer experimento estos resultados son mejores lo que pone de manifiesto que resulta más favorable realizar dos aplicaciones del bioproducto, lo que corrobora los resultados obtenidos por González (2019), al aplicar en el cultivo del arroz a los 20 y 40 días después de la germinación (DDG), lo que sería periodo de crecimiento (20 DDG) e inicio de la floración (40 DDG). Para este caso se aplicó a los tres meses (Periodo de crecimiento) y 5 meses (inicio de floración). Lo que sugiere ser una nueva variante de aplicación de este bioproducto en futuras investigaciones.

Padilla et al., (2014), reportaron valores del diámetro polar 3,9 a 8,0 cm, los valores obtenidos en este caso están dentro de ese rango, excepto para el tratamiento con Quitomax® en la primera medición que supera este rango.

En Cuba para la guayaba con destino al consumo, exceptuando la destinada para pulpa existe una norma, la cual está vigente desde 1985. Esta norma se designa como NC-77-45:1985, plantea que las de tamaño Grande poseen más de 50 mm, tamaño Mediano 40 a 50 mm y tamaño Pequeño 30 a 40 mm, para este caso, todas las frutas obtenidas corresponden a la categoría Grande.

Tabla 10. Diámetro polar de los frutos por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	7,67	7,94	7,31
Quitomax®	12,70	7,67	7,64
Valor de t	0,62	0,97	1,26
Valor de p	0,36	0,33	0,21

A diferencia del diámetro polar, cuando se evalúa el diámetro ecuatorial existieron diferencias significativas en la primera y tercera medición como se aprecia en la tabla 11, no así en la segunda. Al compararla con los resultados obtenidos en el primer experimento, los resultados son diferentes, en el primero fueron mayores los valores obtenidos en este indicador. Lo que sugiere que este producto en este caso incidió favorablemente en el diámetro polar y muy poco con relación al diámetro ecuatorial.

Padilla et al., (2014), reportaron valores del diámetro ecuatorial de 3,3 a 3,9 cm. La Norma Mexicana NMX-FF-040-SCFI -2012 para el diámetro ecuatorial del fruto especifica las siguientes cuatro categorías: A= >5,0 cm; B= 4,0-4,9 cm; C= 3,0-3,9 cm y D= < 2,9 cm, por lo que los frutos obtenidos en ambos tratamientos corresponden a la categoría A. Lo que demuestra la excelente calidad de la variedad de guayaba EEA-118-40 de procedencia nacional.

Tabla 11. Diámetro ecuatorial de los frutos por tratamientos y mediciones (cm)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	6,44	6,23	5,73
Quitomax®	6,03	6,22	6,27
Valor de t	1,81	0,06	2,57
Valor de p	0,07	0,95	0,01

Con relación a la masa de los frutos se observa en la tabla 12 que existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados en la primera medición, no así en la segunda y tercera medición que no existió diferencias entre los tratamientos.

Con relación a la masa de los frutos Padilla et al., (2014) al evaluar 14 genotipos de guayabo estos tuvieron una notable variación, registrándose valores desde 22 hasta 193 g fruto⁻¹. Los resultados obtenidos en ese trabajo se corresponden a ese rango, lo que coincide con estos autores.

En cuanto el indicador evaluado (González et al., 2012) mencionan que los frutos de guayaba se clasifican en extra (> 90 g), primera (60-90 g) y segunda (< 60 g), para los dos tratamientos en las tres cosechas se obtienen frutos de categoría extra.

Quijada et al., (2009) al evaluar tipos de poda en 19 cultivos de árbol del guayabo reportó valores de la masa de los frutos desde 113 g a 130 g, rango de valores que coinciden en dos de las tres cosechas realizadas para el tratamiento control y son inferiores a los tratamientos donde se aplicó el polímero.

Bogantes y Mora (2010) reportaron valores entre 174 y 330 g de masa de los frutos en una variedad similar a la EEA 18-40 y estos valores son muy superiores a los logrados en este trabajo. Pudiera ser que la calidad de los injertos realizados, más la influencia patrón-injerto, así como la calidad de los riegos efectuados hayan sido los responsables de las diferencias de la masa de los frutos al comparar ambos trabajos, ya que el ITT (2014) refiere para que el guayabo exprese su potencial productivo, es obligatorio mantener la humedad uniforme durante todo el ciclo productivo. Condición que se cumplió en el experimento señalado.

Tabla 12. Masa de los frutos por plantas por tratamientos y mediciones (g)

Tratamientos	Mediciones (cm)		
	1ra	2da	3ra
Control	123,5	150,25	133,90
Quitomax®	141,6	154,25	137,0
Valor de t	1,53	0,38	0,29
Valor de p	0,13	0,70	0,77

Evaluación del rendimiento en las tres cosechas realizadas en los dos experimentos.

Al evaluar el rendimiento (figura 2) en los dos experimentos realizados en ambos se manifiesta el efecto positivo del tratamiento donde se aplicó Quitomax®, sobre el tratamiento control, en los dos hay diferencias significativas entre ellos.

Hernández et al., (2010) al evaluar la variedad objeto de este estudio y aplicar diferentes normas de riego reporta que el rendimiento alcanzado por el cultivo (36,7 t ha⁻¹) en estas condiciones de estudio, se considera óptimo para la especie estudiada, ya que el mismo está muy próximo al reportado por el IICF (1998) citado por Hernández et al., (2010) quienes afirman que utilizando riego por goteo se han obtenido rendimientos de hasta 37 t ha⁻¹.

Ahora bien, en este caso solo se realizó la comparación para tres cosechas (tres semanas), el ITT (2014) plantea que la tecnología de manejo de los cultivares enanos EEA 18- 40 y EEA 1- 23 posibilita la recolección durante todo el año. Sin embargo, en el país existen dos épocas definidas de producción: de marzo a abril y la otra de agosto a octubre, la primera es de menor magnitud. O sea, abarca un periodo de 8-9 semanas, lo que podría sugerirnos que el rendimiento obtenido es bastante cercano al que plantean los referidos autores.

Según Barka et al., (2005) el incremento del rendimiento al aplicar quitosano en los cultivos fluctúa entre 20 y 30 % aunque en otros casos fue del 43,92 %, en este trabajo el aumento fue entre 41,4 y 51,5 %, lo que resultó superior para el tratamiento de 300 mg ha⁻¹ para los mencionados por este autor.

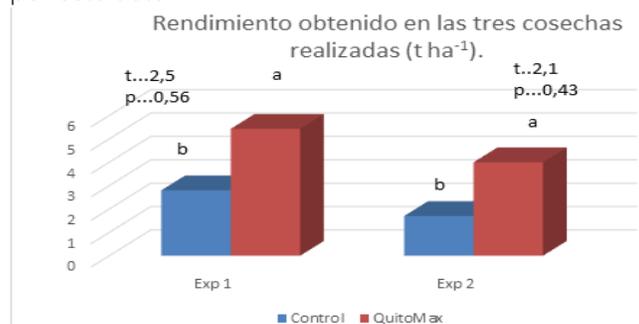


Figura 2. Rendimiento obtenido en los dos experimentos en tres cosechas (t ha⁻¹)

CONCLUSIONES

-Los efectos que produce el Quitomax® aplicado foliarmente sobre las variables vegetativas y productivas evaluadas en el cultivo de la guayaba variedad EEA-1840 en la CCS F Manuel Espinosa Ramírez, son favorables donde se obtiene como promedio 5,43 y 4,0 t ha⁻¹ en tres cosechas en los tratamientos donde se aplicó el polímero por 2,8 t ha⁻¹ y 1,7 t ha⁻¹ en el tratamiento control, en el experimento 1 y 2 respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ayala, A., Colina, M., Molina, J., Vargas, J., Rincón, D., Medina, J., Rosales, L., Cárdenas, H. (2015). Evaluación de la actividad antifúngica del quitosano contra el hongo *Mycosphaerella Fijiensis* Morelet que produce la Sigatoka Negra que ataca al plátano. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 15(6): 312-338. <https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/07/2014-ayala.pdf>
- Barka, E., Eullaffroy, P., Clément, C., Vernet, G. (2005). Chitosan improves development, and protects *Vitis vinifera* L. Against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports*, 22 (8):608-61. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14595516/>
- Bogantes, A. y Mora, E. (2010). Evaluación de cuatro patrones para injertos de guayaba (*Psidium guajava* L.). *Agronomía mesoamericana* 21(1):103-111. 2010. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v21n01_103.pdf
- Collado, R. (2005). "Estudio en condiciones de campo de líneas micropropagadas seleccionadas de guayaba del cultivar EEA 18-40." *Cultivos Tropicales*, vol. 26, no. 2, p. 21+. *Gale Academic OneFile*, <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215934004.pdf>
- Costales, D.; M. C. Nápoles y A. B. Falcón. (2010). Efecto de derivados de quitosano en la simbiosis *Bradyrhizobium-soya*. *Cultivos Tropicales* 26 (1): 83-87. <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215916014.pdf>
- Cruz Alfonso, J.A. (2007). Nueva variedad de pepino INIVIT P-. INIVIT. Santo Domingo. Villa Clara. <http://www.acn.cu/cuba/38328-aumenta-aceptacion-de-nueva-variedad-de-pepino-del-inivit>
- Escobar, T. W. (2004). Evaluación de la Colección de trabajo de guayaba *Psidium guajava* L. del ICA – CORPOICA en Palmira, Valle del Cauca. Palmira, 2004.-48 p. [Trabajo de grado] (M. Sc. Recursos Fitogenéticos Neotropicales). Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. <https://docplayer.es/53055823-Evaluacion-de-la-calidad-de-frutos-de-guayaba-psidium-guajava-l-del-banco-de-germoplasma-de-corpoica-palmira.html>

- Falcón Rodríguez, A., Núñez Vazquez, M. Reyes Guerrero, Y. (2021). Impactos productivos de los bioestimulantes en la agricultura cubana. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. 53 pag. https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/folleto_brasino_2021.pdf
- Fernández-Larrea, V., (2018). Programa para la recuperación de bioplaguicidas, biofertilizantes y bioestimulantes en Cuba. Agricultura Orgánica, 2: 2-5. <https://erevistas.uacj.mx/ojs/index.php/culcyt/issue/view/637>
- González, E., Padilla, R.J.S., Reyes, M.L., Perales de la C, MÁ. y Esquivel, F. (2012). Guayaba su cultivo en México. México: Libro Técnico No. 1. INIFAP- CIRNOC - CEPAB. 182 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320526.pdf>
- González-Gaona, E; Padilla-Ramirez, J; Perales de la Cruz, M. González. (2016). Guayaba. Su cultivo en México. Libro técnico No. 1. Campo Experimental Pabellón. Aguas Calientes. México. INIFAP 182 p. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/232818.pdf>
- González, LG y Jiménez, MC. (2017). Resultados de la aplicación del Quitomax® en el cultivo del tabaco. Editorial Ediciones españolas. Madrid, España. 65 p. <https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/es/book/978-3-659-65504-3/quitomax-en-el-cultivo-de-tabaco>
- González, L.G., Jiménez, MC., Paz, I. y Boicet, T. (2018). Respuesta agronómica del pepino a la aplicación de Quitomax® en condiciones de organopónico. Vol.45, No.3, julio-septiembre, 27-31, Revista Centro Agrícola. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v45n3/0253-5785-cag-45-03-27.pdf>
- González, L.G. (2019). Evaluación de QuitoMax en el cultivo del arroz. Ponencia. Fórum de Ciencias y Técnicas Provincia. Granma.
- Hadwiger, L. (2013). Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. Plant Science, 208: 42-49. doi: [10.1016/j.plantsci.2013.03.007](https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.03.007).
- Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación Genética de los suelos de Cuba. Editorial Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93 pp. ISBN-978-959-7023-77-7. https://ediciones.inca.edu.cu/files/libros/clasificacionsueloscuba_%202015.pdf
- Hernández, A.; Borquez, A.; Alcaino, L.; Morales, J.; Dantagnan, P. y Sáez, P., (2010). Effects of autoclaving on the apparent digestibility coefficient of dehulled pea seed meal (*Pisum sativum* L.) in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.). Cien. Inv. Agric., 37 (3): 39-46. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202010000300003>
- IIT, (2014). Instructivo Técnico del cultivo de la guayaba. Instituto de Frutas Tropicales. La Habana. 34 p. <https://docplayer.es/24892590-Instructivo-tecnico-para-el-cultivo-de-la-guayaba.html>
- INTAGRI, (2023). Producción de Guayaba. <https://www.intagri.com/articulos/frutales/produccion-de-guayaba>.
- Jiménez, L., Xiafong, P., González, LG., Jiménez, A. (2009). Efectos de tres bioestimulantes sobre el rendimiento en el cultivo del tomate, *Centro Agrícola*, 36(2): 83-87. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-36-2009>
- Jiménez, María Caridad, González, LG. Paz, I. y Boicet, T. (2015). Evaluación de la aplicación de quitosano sobre parámetros agronómicos del cultivo de tomate H-3108 (*Solanum lycopersicum* L.) en casas de cultivo. *Centro Agrícola*, 42(3): 83-90; julio-septiembre. <https://biblat.unam.mx/hevila/Centroagricola/2015/vol42/no3/12.pdf>
- Jiménez, María Caridad, González, LG. Paz, I. y Boicet, T. (2018). Evaluación de la aplicación de quitosano sobre parámetros agronómicos del cultivo de pimiento. *Centro Agrícola*, 44(1): 83-90; enero-marzo. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/html/v42n3/body_cag12315.html
- Lozano J. Carlos, García Márquez G., Toro M. Julio. Y García N. Ronald. (2002). Manual Sobre el Cultivo del Guayabo en Colombia. Cali. Plan verde 278 p. <http://hdl.handle.net/10654/14925>
- Mansilla, A., Albertengo, L., Rodríguez, M. S., Debbaudt, A., Zúñiga, A., Casalongué, C. (2013). "Evidence on antimicrobial properties and mode of action of a chitosan obtained from crustacean exoskeletons on *Pseudomonas syringae* pv. tomato DC3000". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 97(15): doi: [10.1007/s00253-013-4993-8](https://doi.org/10.1007/s00253-013-4993-8).
- Mariño, A. (2022). Guayaba: propiedades, beneficios, ventajas y su cultivo. Agrotendencia. <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/frutales/cultivo-de-la-guayaba/>
- Mata, B. I. y Rodríguez, M. A. (2010). Cultivo y producción del guayabo. 3ra. ed. Trillas. https://ettrillas.mx/libro/cultivo-y-produccion-del-guayabo_4358
- MINAG. (2009). Fincas Integrales de Frutales, 1-5pp., Boletín del IIFT, La Habana, 2009. <https://docplayer.es/98676650-Instructivo-tecnico-finca-integral-de-frutales-en-cuba.html>

- Muñoz, A. (2020). Cadena de la Guayaba. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL. Localizable en <https://sioc.minagricultura.gov.co/Guayaba/Documentos/2020-03-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- Norma Mexicana. (2012) NMX-FF-040-SC-FI-2012 Productos alimenticios no industrializados para consumo humano-fruta fresca-guayaba (*Psidium guajava* L.)- especificaciones. http://2006-2012.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Lists/Instrumentos%20Tcnicos%20Normaliza-cin%20y%20Marcas%20Colecti/Attachments/2/nmx_guaya-
- Padilla, R.J.S.; González G.E., Pérez B.M.H., Osuna G.J.A., Espindola B.M. C. y Reyes A.J.C. (2014). Phenological behavior of guava trees (*Psidium guajava* L.) under different climatic conditions of México. *Acta Hort.* 959:97-102. DOI:[10.17660/ActaHortic.2012.959.11](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.959.11)
- Pardo, Anisia y Pérez M. (2006). Manejo racional de plantaciones de guayaba. Grupo de Difusión Tecnológica de Cítricos y Frutales, Instituto de Investigaciones de Frutales. La Habana. <https://docplayer.es/65263287-Manejo-racional-de-plantaciones-de-guayaba.html>
- Pérez, S., Rodríguez, A., Ramírez, M. (2015). Efecto de diferentes concentraciones de quitosano sobre la germinación y crecimiento de plántulas de arroz (*Oryza sativa*, L.). *Revista Científica Avances*, 17(4): 380-386. <https://www.redalyc.org/pdf/6378/637867038006.pdf>
- Quijada, L. Ramírez, R.; Castellano, G.; Camacho, R.; Burgos, M. (2009). Tipos de poda y producción de guayabo en el municipio Baralt, estado Zulia, Venezuela. *Revista UDO Agrícola* 9 (2): 304-311. <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1191>
- Reyez-Pérez, J., Enríquez-Acosta, E., Murillo-Amador, B., Ramírez-arrebato, M., Rodríguez-Pedroso, A., Lara-Capistrán, L., y Hernández-Montiel, L. (2018). Las respuestas fisiológicas, fenológicas y productivas de las plantas de tomate (*Solanum Lycopersicum*, L.) tratadas con Quitomax®, *El Cienc. INV.* 45(2). <http://dx.doi.org/10.7764/rcia.v45i2.1943>
- Rodríguez, R., Figueredo, J. y González, O. (2013). Influencia de la quitosano en tomate (*Solanum lycopersicum*, Mill) var. "Amalia". *Centro Agrícola*, 40(2): 79-84. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V40-Numero_2/cag162131921.pdf
- Rojas A, Rojas, JM., Peñúela, M., Gómez, P., López, R., (2004). Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. Cali: Feriva, 213 p. <https://handle/10778/828>
- Terry, E; Ruiz, J; Tejada, T. y Reynaldo I. (2014). Efectividad Agrobiológica del producto bioactivo Pectimorf® en el cultivo del Rábano (*Raphanus sativus* L.). *Cultivos Tropicales*, 35(2): 105-111. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n2/ctr14214.pdf>

RESPUESTA AGRONÓMICA DEL CULTIVO DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*SACHARUM OFFICINARUM*, L) BAJO EL EFECTO DE QUITOMAX®AGRONOMIC ANSWER OF THE CULTIVATION OF THE SUGAR CANE (*SACHARUM OFFICINARUM*, L) UNDER THE EFFECT OF QUITOMAX®María Caridad Jiménez Arteaga¹Email: cjimeneza@udg.co.cuORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4761-8249>Pilar Vázquez Esquinaci²Email: pilaresquinazi@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3998-9085>Ian Carlos Rodríguez Licea²Email: ianrodriguez100@gmail.comORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2763-4623>¹Universidad de Granma, Cuba.²Instituto de Investigación Jorge Dimitrov. Granma. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Jiménez Arteaga, M. C., Vázquez Esquinaci, P., Rodríguez Licea, I. C. (2023). Respuesta agronómica del cultivo de la caña de azúcar (*Sacharum officinarum*, L) bajo el efecto de Quitomax®. *Revista Científica Agroecosistemas*, 11(1), 172-179. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El trabajo de investigación se desarrolló en la Cooperativa de Créditos y Servicios Francisco Vicente Aguilera dedicada a la producción de caña de azúcar pertenecientes a la Complejo Agroindustrial "Arquímedes Colina", municipio Bayamo, provincia de Granma, con el objetivo de evaluar el efecto del Quitomax® sobre el cultivo de la caña. Se ejecutó un experimento en condiciones de campo sobre diseños completamente aleatorizado, entre los meses de Noviembre/2019 a septiembre/2020 en un período óptimo para el cultivo, Se utilizó la variedad de caña Cuba 8751, Los tratamientos evaluados fueron: Tratamiento 1: Aplicación de Quitomax®, Tratamiento 2: Tratamiento control, efectuándose las siguientes mediciones: Número de tallos por plantón, masa de los tallos: (kg), contenido de Brix inferior y superior % y rendimiento (t ha⁻¹). Para el análisis estadístico se empleó una prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de los datos y una prueba de Comparación múltiple de media por t-tudent para el 5 % de probabilidad del error con el Paquete Estadístico ESTATISTIC Versión 10 sobre Windows. Se observó tendencia a un incremento de las variables donde se aplicó Quitomax® y un incremento del rendimiento agrícola del 16,32 % y mejoramiento de la calidad de la caña de azúcar para la industria.

Palabras clave.

Quitomax®, caña, plantones, brix.

ABSTRACT

The investigation work was developed in the Cooperative of Credits and Services Francisco Vicente Aguilera dedicated to the sugar cane production belonging to the Complex Agroindustry "Arquímedes Colina", municipality Bayamo, county of Granma, with the objective of evaluating the effect of the Quitomax® on the cultivation of the cane. An experiment was executed under field conditions it has more than enough totally randomized designs, among the months of November/2019 to September/2020 in a good period for the cultivation, the cane variety Cuba was used 8751, The evaluated treatment was: Treatment 1: Application of Quitomax®, Treatment 2: Treatment control, being made the following mensurations: Number of shafts for graft, mass of the shafts: (kg), content of inferior Brix and superior% and yield (t ha⁻¹). For the statistical analysis the test of Kolmogorov-Smirnov was used to prove the normality of the data and a test of multiple Comparison of stocking for t-tudent for 5% of probability of the error with the Statistical Package ESTATISTIC Version 10 on Windows. Tendency was observed to an increment of the variables where it was applied Quitomax® and an increment of the agricultural yield of 16,32% and improvement of the quality of the sugar cane for the industry.

Passwords:

Quitomax®, cane, grafts, brix.

INTRODUCCIÓN

En el periodo 2019/2020, la producción mundial de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L) fue de aproximadamente 166,18 millones de toneladas métricas, y se esperan 182 millones de toneladas métricas para 2020/2021. Aproximadamente el 80% del azúcar mundial se produce a partir de la caña de azúcar en climas tropicales y subtropicales. El 20% restante proviene de la remolacha azucarera, que se cultiva principalmente en las zonas templadas del hemisferio norte. Más de 120 países producen azúcar (Trader Studio, 2021).

La caña de azúcar es una importante fuente de alimento y bioenergía, es un componente significativo de la economía de muchos países en los trópicos y subtropicales. Su valor económico se basa en tres atributos: su alta productividad, su eficiente uso de insumos agrícolas (agua, fertilizantes, pesticidas, manejo) y esta puede ser procesada de forma local y obtener varios subproductos como azúcar, melazas, etanol y energías, todos fáciles de almacenar y transportar. Estos atributos hacen que este cultivo constituya uno de los renglones primarios de la economía a nivel mundial (Kairos, 2018).

La producción de azúcar de caña en el mundo y en particular en Cuba en los momentos actuales merece una valoración integral teniendo en cuenta los componentes ambiental, económico y social, como pilares fundamentales de la sostenibilidad. La variación de los precios de los componentes de la industria y los portadores energéticos en el mercado mundial, comparado con los precios del azúcar de caña en ese mismo mercado, están haciendo insostenible la producción, aun teniendo en cuenta otros derivados que, por supuesto implican la introducción de nuevas tecnologías, lo cual a veces limita un gran número de fábricas a la producción casi exclusiva de azúcar (Martínez *et al.*, 2015).

El principal objetivo cuando se siembra caña de azúcar es obtener de ella la mayor cantidad de azúcar por tonelada de caña procesada. Los máximos rendimientos solamente pueden ser conseguidos, si la planta ha alcanzado su máximo potencial azucarero y la cosecha se realiza en su punto de óptima maduración (Subirós, 2010).

Se ha demostrado que, en especial, los bioestimulantes son muy eficientes cuando la planta ha sido sometida a períodos de estrés; por otra parte, algunos investigadores plantean que en diferentes condiciones edafoclimáticas los cultivos de interés comercial como promedio logran entre 40- 65 % de eficiencia en el uso de los nutrientes. Es necesario un incremento de hasta 70-80 % del potencial para lograr satisfacer las demandas de los próximos 30 años. Los bioestimulantes figuran entre los insumos más importantes para alcanzar este resultado (Zuaznabar *et al.*, 2013).

El grupo de Productos Bioactivos del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, en colaboración con grupos de investigación de otras instituciones del país, desarrolla diferentes productos para la agricultura como biofertilizantes,

enraizadores y activadores del crecimiento y la protección de las plantas (Falcón *et al.*, 2015).

En este caso tenemos a la QuitoMax (principio activo del Quitomax®), Peniche *et al.*, (2015) plantea que es un polímero natural biocompatible y biodegradable que constituye un recurso renovable de gran potencialidad para aplicaciones agrícolas, dadas sus excelentes propiedades biológicas. Presenta actividad antiviral, bactericida, fungicida y posee una comprobada capacidad elicitora. Es un bioestimulante natural y resulta efectivo para combatir los nematodos patógenos de las plantas, es por ello que el objetivo general fue Evaluar la aplicación del Quitomax® en el cultivo de la caña de azúcar variedad 8751 en la Cooperativa de Crédito y Servicio Francisco Vicente Aguilera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la Cooperativa de Crédito y Servicio Francisco Vicente Aguilera dedicada a la producción de caña de azúcar perteneciente a la Complejo Agroindustrial "Arquímedes Colina, municipio Bayamo, provincia de Granma, ubicado en la Carretera Bayamo Mabay kilómetro 5, en el Lote 2, Campo 6, Bloque 11.

Se ejecutó un experimento en condiciones de campo sobre un diseño completamente aleatorizado, entre los meses de Noviembre/2019 a septiembre/2020 en un período óptimo para el cultivo, empleándose un suelo de tipo Fluvisol, descrito, caracterizado y ubicado de acuerdo a la última metodología y versión de clasificación Genética de los suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015).

Se utilizó la variedad de caña de azúcar Cuba 8751, con un 99 % de brotación sobre un campo de caña Soca, donde cada parcela tenía una dimensión de 20 m por 20 m para un área de 400 m², contando con 17 surcos, separados a 1,20 m entre surcos.

Los tratamientos evaluados fueron:

Tratamiento 1: Aplicación de Quitomax®, (300 mg ha⁻¹ equivalente a 5,4 mL por mochila de 16 litros) a los tres meses después de la brotación.

Tratamiento 2: Tratamiento control (asperjar las plántulas con agua corriente) a los tres meses después de la brotación. (Q-3m).

Las primeras mediciones se realizaron en el momento de la aplicación (3 meses), para ello fueron escogidas aleatoriamente 10 plantas en tres puntos de 1 m², efectuándose las siguientes mediciones, según el protocolo de investigación y los indicadores de crecimiento fueron evaluados siguiendo lo expuesto por Jorge *et al.*, (2011).

Mediciones realizadas desde los tres meses, hasta los 10 meses los días 20 de cada mes:

Altura de las plantas (cm).

Número de hojas.

Grosor del tallo (mm).

Número de tallos por plantón.

En el momento de la cosecha se midió:

Masa de los tallos (kg).

Contenido de Brix % en la parte superior e inferior.

Rendimiento ($t\ ha^{-1}$) = Peso en kg de $48\ m^2 \times 10\ 000\ m^2/48\ m^2$, donde se escogieron 3 surcos por 16 metros de largo y se pesaron los tallos, los datos sobre el comportamiento de las principales variables del clima fueron recogidas de la estación meteorológica ubicada en el Central Arquímedes Colina ubicada a tres kilómetros del lugar del experimento en una zona llana, evaluándose la temperatura promedio ($^{\circ}C$), la humedad relativa (%) y las precipitaciones (mm) las cuales fueron favorables para el cultivo evaluado, excepto las precipitaciones.

Para el análisis estadístico de los datos obtenidos se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para probar la normalidad de los datos y una prueba de Comparación múltiple de media por t-tudent para el 5 % de probabilidad del error con el Paquete Estadístico ESTATITICA Versión 10 sobre Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar la altura (tabla 1), se observa que en el momento de la aplicación no existió diferencias significativas entre la parcela control y la que se aplicó el biopolímero a los 3 meses después de la brotación.

A partir de la segunda a la 5ta medición hubo diferencia significativa entre los dos tratamientos, en la sexta, séptima y octava medición no hubo diferencias significativas y en la novena y décima medición hubo diferencias significativas entre los tratamientos evaluados. Este comportamiento lo atribuimos al efecto positivo del bioproducto aplicado sobre el indicador evaluado.

Según INICA (2002), la variedad 8751 debe alcanzar una altura de 2,86 m en la cosecha, pero no plantea a los cuantos meses, si se observa los resultados obtenidos la diferencia con el tratamiento donde se aplicó el polímero es de 43 cm y de 51 cm con el tratamiento control, lo que evidencia el buen desarrollo del cultivo en las condiciones edafoclimáticas del cultivo de la caña y específicamente de la variedad evaluada.

El cultivo de la caña responde favorablemente a la aplicación de bioestimulantes exógenos como muestran los resultados obtenidos por Gallegos *et al.*, (2013), al aplicar diferentes dosis de FitoMás E a dos variedades cubana en caña retoño, mostrando diferencias con el tratamiento control, resultado similar obtenido en este caso.

Tabla 1: Altura de las plantas por medición (cm)

	Evaluaciones realizadas mensual									
Trat.	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma
Control	67,0	72,0	74,9	83,26	87,98	111,08	146,4	172,5	215,4	243,8
Q-3m	64,0	67,0	70,0	74,23	90,1	121,1	143,5	164,8	212,6	235,4
Valor de t	1,0	1,97	1,91	1,44	1,21	0,032	0,25	0,57	1,84	1,47
Valor de p	1,2	0,89	0,09	0,18	0,25	0,97	0,80	0,55	0,10	0,17

Según la representación de la tabla 2 no existió diferencias en cuanto al número de hojas en las 9 primeras mediciones y solo en la décima existió diferencias entre el tratamiento donde se aplicó Quitomax® y el tratamiento control, pero mínima con tan solo 0.4 hojas, lo que puso de manifiesto que el polímero tiene escasa influencia sobre esta variable morfológica.

Al realizar la evaluación de 5 variedades cubanas en Ecuador, Roca (2016) reporta que la variedad 87 51, tuvo como promedio 11 hojas activas durante todo su ciclo, lo que está por debajo de lo obtenido en esta experiencia.

Tabla 2: Número de hojas por medición

	Evaluaciones realizadas mensual									
Trat.	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma
Control	9,4	11,0	18,6	18,8	22,0	26,2	27,2	28,8	26,0	26,8
Q-3m	9,0	11,0	17,4	19,6	22,0	25,6	27,2	29,8	24,8	26,4
Valor de t	1,0		1,26	0,63		0,67		1,06	1,63	0,56
Valor de p	0,34		0,24	0,54		0,52		0,31	0,14	0,59

Patiño (2011) en la variedad C8751, reporta valores de 6 hojas activas como promedio en tres mediciones, si observamos los valores de la tabla 2 están por encima de lo señalado por este autor.

Lauzardo *et al.*, (2016) al evaluar 7 variedades de caña de azúcar reportó valores de 12 hojas activas al cosechar en la variedad de caña C8751, valor inferior a los obtenidos en esta experiencia lo atribuimos a las condiciones climáticas donde se desarrollaron ambas experiencias.

Al evaluar el número de tallos por plantón se observa que en el momento de la aplicación del biopolímero no había diferencias significativas entre los dos tratamientos, pero a partir de la segunda medición hasta la séptima medición hubo diferencias significativas entre los tratamientos incrementando el número de tallos en el tratamiento donde se aplicó el polímero más que en el tratamiento control. En la octava y novena medición no hubo diferencias significativas y en la décima o última medición el tratamiento con Quitomax® supera significativamente al tratamiento control.

El Instituto Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA, 2016), plantea que esta variedad produce entre 12 y 14 tallos por plantón, valor que se logra en el tratamiento donde se aplicó el polímero a los 13 meses de brotado el cultivo (decima medición).

Torres (2004) al evaluar la aplicación de FitoMás en el cultivo de la caña en Holguín en dos variedades, obtuvo un número de tallos por plantón entre 6 en el testigo y 7,9 en la dosis de 2,5 L ha⁻¹, lo que es inferior con los tratamientos de Quitomax® y el tratamiento control.

Martín, Velasco y Ramón (2012), obtuvieron 11,43 tallos como promedio en la variedad de caña 8751 al evaluar

diferentes cultivares de caña de azúcar, valor que supera al tratamiento control y es inferior al tratamiento donde se aplicó Quitomax®, lo que demostró la respuesta agronómica de esta variable al bioproducto aplicado.

Diola y Santos (2012) plantean que el número de tallos es el componente del rendimiento fundamental para una buena producción. Macollos formados tempranamente ayudan a producir tallos más gruesos y más pesados, en tanto, que los formados tardíamente mueren o permanecen cortos o inmaduros. El número máximo de tallos según los mencionados autores, se alcanza entre 90 y 120 días, periodo en el cual se hicieron las mediciones en este experimento.

Gallego et al., (2013) al evaluar dos variedades de caña diferentes a esta reportó valores entre 10,6 a 11,7 tallos por plantón siendo mayor en los tratamientos donde se aplicó FitoMás E, lo que demuestra la respuesta favorable del cultivo de la caña de azúcar a la aplicación de bioestimulantes, efecto que quedó demostrado también en esta experiencia con la aplicación de Quitomax®.

En esta variedad (8751) Roca (2016) reportó un valor de 5 tallos por plantón muy inferior a lo obtenido en esta experiencia en los dos tratamientos.

Tabla 3: Número de tallos por plantón por medición

Evaluaciones realizadas mensual										
Trat.	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma
Control	8,0	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	9,4	10,4	10,8	11,0
Q-3m	8,0	9,2	9,8	10,0	10,0	10,0	10,4	10,8	11,2	12,6
Valor de t		1,87	1,69	1,6	1,6	1,6	1,54	0,42	0,00	1,0
Valor de p		0,097	0,12	0,14	0,14	0,14	0,16	0,68	1,0	0,34

Con relación al grosor del tallo como se observa en la tabla 4 en el momento de la aplicación (3 meses después de la brotación), no existió diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, ya a partir de la segunda a la décima medición existió diferencias significativas entre los dos tratamientos siempre siendo el de mayor valor el tratamiento donde se aplicó Quitomax® evidenciando que esta diferencia es atribuible al efecto favorable del biopolímero.

El Instituto Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA, 2016) plantea que esta variedad de caña alcanza un grosor del tallo de 2,47 cm y en este caso en el tratamiento donde se aplicó QuitoMax® alcanzó 3,40 cm de diámetro, por lo que pone de manifiesto la capacidad inductora del bioproducto sobre esta variable lo que permite incrementar la capacidad de almacenamiento de jugo del cultivo y por lo tanto incrementar su rendimiento agrícola e industrial.

Gallego et al., (2013) reportó valores de 2,70cm de grosor en el tallo para el tratamiento control en las variedades y entre 2,72-2,75 cm en los tratamientos donde se aplicaron diferentes dosis de FitoMás E, a medida que se incrementó la dosis de este bioestimulante desde 2 L ha⁻¹ a 4 L ha⁻¹, se incrementó también el grosor del tallo. Esto puso de manifiesto la respuesta positiva del cultivo a los bioestimulantes obteniendo igual respuesta en este caso, donde al aplicar Quitomax® se incrementó de 2,34 cm en el tratamiento control a 3,40 cm donde se aplicó el polímero.

Por otro lado, Patiño (2011) reportó un valor de 2,32 cm de diámetro del tallo, bastante semejante al tratamiento control y por debajo del valor que se obtiene al aplicar Quitomax®, lo que manifiesta el efecto positivo del biopolímero sobre esta variable, a pesar de desarrollarse en clima, suelo y atenciones culturales diferentes.

Tabla 4: Grosor del tallo por medición (cm)

Evaluaciones realizadas mensual										
Trat.	1ra	2da	3ra	4ta	5ta	6ta	7ma	8va	9na	10ma
Control	0,57	0,70	0,96	1,20	1,46	1,70	1,94	2,08	2,28	2,34
Q-3m	0,56	1,14	1,40	1,66	1,96	2,22	2,54	2,86	2,94	3,40
Valor de t	1,08	5,05	5,04	4,72	4,72	0,5	8,32	12,33	1,84	10,29
Valor de p	2,097	0,009	0,009	0,001	0,0014	0,0059	0,003	0,001	0,10	0,0007

Al evaluar la masa individual de los tallos molibles, observamos que existió diferencia significativa entre los tratamientos evaluados a los 13 meses momento que coincidió con el momento del corte para la industria del Complejo Agroindustrial Arquímedes Colina.

Al compararlo con trabajos desarrollados en el Instituto Nacional de Investigación de la Caña de Azúcar (INICA, 2002) citado por Rodríguez, Purchade y Alche (2020) evalúan por normas peso de 25 tallos con un valor de 1kg por tallo como de excelente, en este caso fue muy superior a los reportados por esta institución con una masa de 43,75 kg en el tratamiento con Quitomax® y de 40,3 kg para el peso de 25 tallos respectivamente.

Roca (2016) reportó valor de 2,43 kg de masa de cada tallo para esta variedad lo que es muy superior a los resultados de este trabajo en ambos tratamientos, esta diferencia es atribuible a las condiciones climáticas donde se desarrolló el trabajo mencionado que favoreció el crecimiento y desarrollo del cultivo sobre todo por el régimen de lluvia aceptable lo que favoreció la humedad del suelo requerida para el cultivo de la caña.

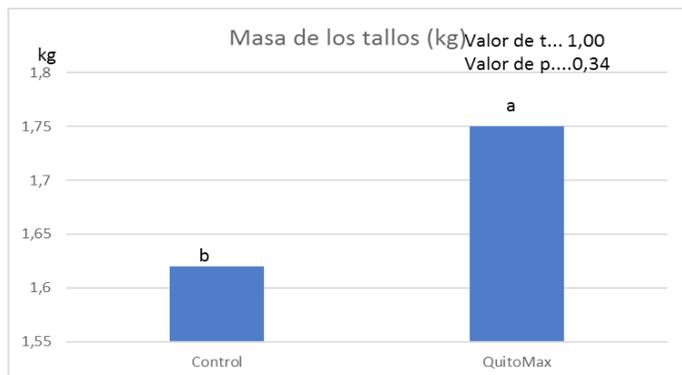


Figura 1: Masa de los tallos en el momento del corte (kg)

En la figura 2 se observa que al evaluar el brix inferior existió diferencias significativas entre los tratamientos, siendo de mejor resultado el tratamiento donde se aplicó Quitomax® y cuando analizamos el Brix superior no existió diferencia significativa entre los dos tratamientos, aunque fue numéricamente superior en el tratamiento control.

Larrahondo (2015) al realizar la determinación del brix superior en varias variedades de caña reporta valores de 3,72 a 4,75 %, valores por debajo de los obtenidos en este trabajo.

Cobeña y Loor (2016), al evaluar 5 variedades de caña en Ecuador entre ellas las variedades cubanas Cuba 1051-73 y Cuba 8751 reportó valores del Brix superior por encima de los obtenidos en esta experiencia con 22,1 y 21,3 % respectivamente, causa que atribuimos al factor temperatura baja como la principal causa que influye en la maduración de la caña de azúcar.

ICUMSA (2016) en su boletín científico al evaluar dos variedades de caña reporta valores del brix superior entre 12,6 y 17,2 valores entre los cuales se encuentran los obtenidos en este trabajo.

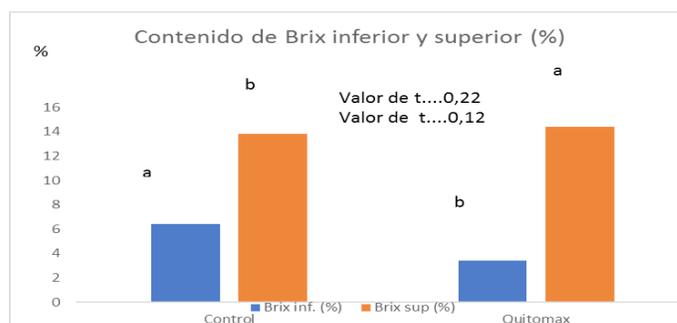


Figura 2: Evaluación del Brix del tallo inferior y superior. (%)

Al evaluar el rendimiento observamos que el mayor rendimiento corresponde al tratamiento donde se aplicó el Quitomax®, con diferencias significativas con el tratamiento control.

Roca (2016), reporta valores de 102,1 t ha⁻¹ de caña de azúcar en la variedad 8751, la cual supera significativamente al resto de las variedades evaluadas las cuales estuvieron entre 68,6 y 97,1 t ha⁻¹, las cuales fueron plantadas. En otros experimentos realizados por Martín, Velazco y Ramón (2012), esta variedad obtuvo un rendimiento inferior de 87,75 t ha⁻¹ al ser comparada con la variedad C-1051-73 la cual obtuvo 105 t ha⁻¹.

Estos dos resultados anteriores están por encima de los resultados obtenidos en este trabajo, los cuales fueron de 75,2 t ha⁻¹ para el tratamiento con Quitomax® y de 58,69 t ha⁻¹ para el tratamiento control.

Por otro lado, Martín, Velasco y Ramón (2012) reportaron valores de 75,77 t ha⁻¹ en la variedad 8751 al ser comparada con otras variedades con diferencia significativa con el resto de las variedades, valores superiores a la media

nacional en Cuba que es de 32,7 t ha⁻¹. Lo que demuestra la potencialidad de esta variedad de incrementar la producción azucarera en nuestro país.

Jara (2010) al evaluar tres variedades de caña (colombiana, ecuatoriana y cubana (C8751), la variedad cubana mostro rendimiento de 58,6 t ha⁻¹ en el primer corte y de 88.1 en el segundo corte, siendo la más baja de las tres variedades evaluadas a pesar de esto, el rendimiento obtenido en el segundo corte supera al obtenido en esta experiencia.

Por su parte, tanto el polímero de quitosano como sus derivados de menor tamaño se consideran reguladores del crecimiento y del desarrollo de las plantas, al estimular el crecimiento radical y vegetativo de varias especies acortar el período de floración y mejorar la floración y fructificación (Kumari et al., (2017).

En la provincia de Mayabeque Baigorria et al., (2020) al evaluar 15 variedades de caña de azúcar, la variedad C8751 mostro rendimiento en el primer retoño de 96,44 tonelada por hectárea y de 103,37 t ha⁻¹ en el segundo retoño valores que superan lo obtenido en esta experiencia atribuible a las condiciones climáticas donde se desarrolló el cultivo, mostrando que esta variedad de caña posee un alto potencial del rendimiento tanto en Cuba como en otras regiones, por lo que debemos preocuparnos por la agrotécnica empleada en esta variedad, para lograr rendimientos agrícolas superiores en la Cooperativa Francisco Vicente Aguilera.

El máximo rendimiento obtenido por la variedad objeto de estudio en la cooperativa Francisco Vicente Aguilera fue de 55 t ha⁻¹ en la campaña 2013-2014, por lo que al observar el resultado actual se evidencia una recuperación en la producción agrícola de caña debido a la agrotécnica aplicada, la influencia de los factores climáticos y el efecto positivo del Quitomax®. (Enríquez, 2021).

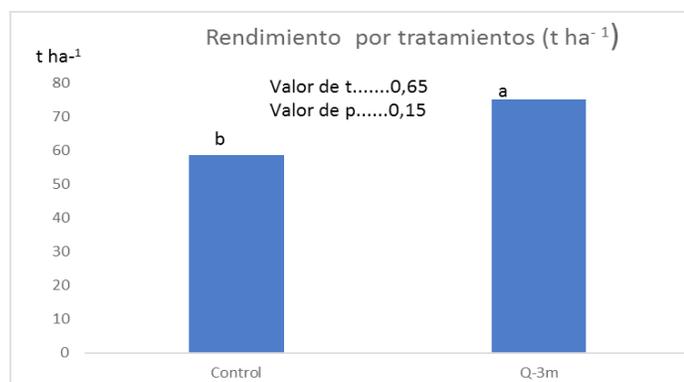


Figura 3: Rendimiento obtenido por tratamiento (t ha⁻¹)

CONCLUSIONES

-El tratamiento donde el Quitomax® se aplicó a los tres meses después de la brotación en caña de azúcar variedad Cuba 8751 primer retoño, tuvo la tendencia de favorecer las variables morfológicas evaluadas, incrementar

el contenido de Pool y Brix y el rendimiento agrícola los cuales fueron de 75,2 t ha⁻¹ para el tratamiento con el biopolímero y de 58,69 t ha⁻¹ para el tratamiento control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Baigorria, D., González, Y., Pardo, L., Delgado, J., Rodríguez J. (2020). Estudio del comportamiento de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Sacharum Officinarum*, L) en condiciones de riego. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(1) pp. 13-20. <https://www.redalyc.org/journal/5862/586262449003/html/>

Cobeña, J y Loor, I. (2016). Caracterización físico-química del jugo de cinco variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L) en la hacienda El Jardín. [Tesis previa la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial]. Universidad Politécnica de Manabí. Ecuador. io.espam.edu.ec

Diola, V. y Santos, E. (2012). Cana-de-açúcar: Bioenergia, açúcar e álcool – Tecnologias e perspectivas. Viçosa: Os Editores, 2012. p. 25-49. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/264/1/TAI105.pdf>

Enríquez, C. (2021). Consulta personal. Director de la Cooperativa Francisco Vicente Aguilera de Pompita. Empresa Arquímedes Colina.

Falcón Rodríguez AB., Costales Mené D., González-Peña Fundora D., Nápoles García MC. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*. 36(supl.1):111–29. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500010

Gallego-Domínguez, R., Zuaznabar-Zuaznabar, R., Mayor-Sánchez, J., Rodríguez-Estrada, L., Mira-García, A. (septiembre-diciembre 2013). Resultados recientes de dosis superiores de FITOMAS-E en comparación con las recomendadas para el cultivo de la caña de azúcar en Cuba ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, vol. 47, núm. 3, pp. 17-22 Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223129231004>

Hernández, A., Pérez, J., Bosch, D. & Castro, N. (2015). Clasificación Genética de los suelos de Cuba. Editorial Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba. 93 pp. ISBN-978-959-7023-77-7. <https://ediciones.inca.edu.cu>

ICUMSA. (2016). Determinación de Pol (polarización), Brix y fibra en caña y bagazo por el método de desintegración húmeda. En: Libro de Métodos 2005. Berlín Alemania. 8p https://www.bartens.com/books/suppl_2011_span.pdf

- INICA. (2002). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar. *Boletín especial Cuba-Caña INICA*, 1-397. <http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v42n3/caz03315.pdf>
- INICA. (2016). XXIII Reunión Nacional de Variedades, Semilla y Sanidad Vegetal. 26-27 abril. *Revista Cuba & Caña*. Suplemento Especial. La Habana. 49 p. ISSN 1028 -6527.
- Jara, W. (2010). Comportamiento Agroindustrial de 5 variedades de caña de azúcar en el tercer tercio de cosecha en el Ingenio Valdez. Milagro—Ecuador. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/comportamiento-de-5-variedades-de-cana-de-azucar-t28642>.
- Jorge, H., González, R., Casas, M., Jorge, I. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba. PUBLINICA, La Habana. <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=-Jorge,+H.;+R.+Gonz%C3%A1lez,+M.+Casas;+Y.+Jorge.+2011.+Normas+y+Procedimientos+del+Programa+de+Mejoramiento+Gen%C3%A9tico+de+la+Ca%C3%B1a+de+Az%C3%BAcar+en+Cuba.+PUBLINICA,+La+Habana,+Cuba,+2011.+308+p.&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwj2qebbgpj9AhVDTTABHdJdDi-8QBSgAegQICBAB&biw=1024&bih=643&dpr=1>
- Kairos. (2018). Cultivo de la caña de azúcar. http://www.iris.cnice.mecd.es/Kairos/temas/Intercambios/intercambios4_010_302.
- Kumari, S., Kumar, A., S. H., Sahoo, A., & Rath, P. (2017). Physicochemical properties and characterization of chitosan synthesized from fish scales, crab and shrimp shells. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.04.119>.
- Larrahondo, Jesús. (2015). Calidad de la caña de azúcar. p. 339. INICA. La Habana <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/1362>
- Lauzardo, X., Martín, F. Cedeño, P., Mendoza, I. (2016). Potencialidades reales de nuevos cultivares de caña de azúcar introducida en el cantón Junín, Ecuador. <http://es.slideshare.net/ingpakowpn/potencialidades-reales-de-nuevos-cultivares-de-caa-de-azcar-introducida-en-el-cantn-junin-ecuador-msc-francisco-martin-ar-mas-sxlppcimc>
- Martín, F., Velasco, A., Ramón, F. (2012). Comportamiento agroindustrial de 7 variedades de caña de azúcar a 900 ms.n.m, en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, Ecuador: <http://es.slideshare.net/ingpakowpn/comportamiento-agroindustrial-de-7-v>
- Martínez, R., Betancourt, M., Rodríguez, I., Vidal, S., Guillén, M. (2015). “Evaluación Agrotécnica de la Combina-da Cosechadora de Caña de Azúcar en Suelos CASE IH 8800 y del Semirremolque Auto basculante de Fabricación Cubana Arcillosos Pesados con Superficies Acanterada.” <https://rcta.unah.edu.cu/index.php/IAgric/article/view/1468/2737>
- Patiño, A. (2011). Evaluación del rendimiento agroproductivo e industrial de tres variedades certificadas de caña de azúcar (*saccharum officinarum*) de origen cubano (c 1051-73, c 8751, c 132-81), frente al testigo variedad Cristalina, en la etapa de cosecha, en el cantón Huamboya, provincia de Morona Santiago [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1094>
- Peniche, H., Ramírez, M.A., Peniche, C. (2015) El quitosano y su impacto en la agricultura. *Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros*, ISSN 0034-8708, Vol. 109, N.º. 701, 2015. <https://dialnet.unirioja.es/revista/2271/V/109>
- Roca, V. (2016). Caracterización de Variedades de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L) en los componentes estructurales agronómicos para la producción bio tecnológica de alimento animal en la fabricación de *Saccharina Rustica* como suplemento alimenticio, en el cantón Junín, Ecuador. [Trabajo de Investigación. Carrera de Ingeniería Agronómica]. Facultad de Ciencias para el Desarrollo. Universidad de Guayaquil <https://es.slideshare.net>
- Rodriguez-Gross, R., Purchades-Izaguirre, Y., Alche-Maceo, W. (2020). Metodología de validación y manejo de cruces en la mejora genética en caña de azúcar Grupo de Genética y Protección de Plantas. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar Oriente Sur. Santiago de Cuba. <https://ediciones.inca.edu.cu/index.php/ediciones/article/view/1536/html>
- Subirós, J. F. (2010). Evaluación de varios productos maduradores en la producción de caña y sacarosa, durante dos ciclos de cultivo, Azucarera el Viejo, Carrillo, Guacacaste. [https://www.laica.co.cr/biblioteca/Consultado/el 20 de marzo de 2017](https://www.laica.co.cr/biblioteca/Consultado/el%20de%20marzo%20de%202017).
- Torres, R. (2004). Octavo Fórum de Ciencia y Técnica. Efecto de bioestimulante en Caña de Azúcar. INICA.
- Trader Studio (2021). Los 5 principales países productores de azúcar. <https://www.yara.com.co/nutricion-vegetal/cana-de-azucar/la-produccion-mundial-de-cana-de-azucar/>

Zuaznabar Zuaznabar, R., Milanés Ramos, N., Pantaleón Paulino, G., Gómez Juárez, I., Herrera Solano, A., (2013). Evaluación del bioestimulante del crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar FitoMás-E en el estado de Veracruz, México. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/1.-NUTRICI%C3%93N-Y-FERTILIZACI%C3%93N.pdf>

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, precedido 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.