



Volumen 12

Número 1

Enero - Abril

2024

*"Por un mejor desarrollo de la caña de azúcar
y ambiente saludable"*





CONSEJO EDITORIAL

Director (a)

Dr. C. Annette Lourdes Padilla Gómez

Editor (a)

MSc. Amarilys Suárez Alfonso

Consejo Científico Asesor

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

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

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

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

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

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

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

DrC. Sergio Rodríguez Rodríguez, Universidad de Granma, Cuba

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

DrC. Sergio Pérez Pérez, Universidad de Granma, Cuba

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Dr C. Nicolás Sanchez, Universidad Intercultural Estatal Hidalgo México

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

Correctores (as) de estilos:

MSc. Alicia Martínez León

MSc. Dolores Pérez Dueñas

Traducción y redacción en Inglés

MSc. Miladys Álvarez Migueles

Diseñadora

DrC.. Liéter Elena Lamí Rodríguez del Rey

Soporte Informático

Tec. Reinier Michel Viera Reinoso

Tec. Ana Ibys Torres Blanco

Editorial	5
01 CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA DE VERMICOMPOST OBTENIDO A PARTIR DE LA BIOMASA RESIDUAL DE TRES SISTEMAS AGRÍCOLAS SCarlos Pezo Jácome, Salomón Barrezueta-Unda	6
02 IMPACT OF THE WORKFLOW MODEL ON THE ASSOCIATIVE MANAGEMENT OF AGRICULTURAL ORGANIZATIONS IN MANABI Diego Aguirre González, Mayra Escalante Pineda, Harry Vite Cevallos, y Sonia Soraya Urbina Bustos	14
03 RENDIMIENTO DE ACELGA (Beta Vulgaris L.) BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN NITROGENADA Dixon Fernando Gonzaga-Apolo, Davis Marcelo Hidalgo-Novillo, Hipólito Israel Pérez-Iglesias.	21
04 EFECTO COMBINADO DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA Y BIOCHAR EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (Zea mays L.) William Eduardo Viñamahua García, José Gabriel Aguilar Feijoo, Irán Rodríguez Delgado.	29
05 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE GALLINAZA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE ZANAHORIA Edgar Rafael Ochoa Vásquez, Alberto Alejandro Black Navarro, Irán Rodríguez Delgado.	36
06 INCIDENCIA DE FERTILIZACIÓN ORGÁNICA EN CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL CULTIVO DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) Miguel Ángel García Torres, Irán Rodríguez Delgado.	43
07 DENSIDAD DE POBLACIÓN EN EL CULTIVO DE MAÍZ PARA LA PRODUCCIÓN DE FORRAJE VERDE John Alexander Ordóñez Rodríguez, Viviana Rashel Castro Uchuari , Hipólito Israel Pérez Iglesias.	53
08 EFECTOS DE MÉTODOS DE DESINFECCIÓN EX VITRO-IN VITRO EN ÁPICES MERISTEMÁTICOS DE PLÁTANO CLON DOMINICO Kevin Andres Lima Morales, Alexander Moreno Herrera, Irán Rodríguez Delgado.	61
09 EVALUACIÓN DE LA SUPERVIVENCIA DE MICROORGANISMOS EFICIENTES APLICADOS EN EL SUELO DEL CULTIVO BANANO ORGÁNICO Gustavo Leonel Jumbo Cabrera, Nashely Daytiana Velepucha Paredes, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel Garcia Batista.	68
10 USO DE ESTUFAS DE COMBUSTIÓN CONTROLADA EN EL CULTIVO DE BANANO COMO MECANISMOS DE MITIGACIÓN Joselyn Verónica Lapo Alvarado, Cesar Joel Rojas Hurtado, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista	76
11 EFECTO DE UN ENRAIZADOR ORGÁNICO A BASE DE AMINOÁCIDOS EN EL CULTIVO DE BANANO, CAVENDISH Bryan Andrés Eugenio Domínguez, Cosme Jasmany León Jiménez, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	82
12 EFECTOS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL EN EL CULTIVO DE PLÁTANO DOMINICO Paola Elizabeth Saldarriaga Lapo, Leidy Lisseth Pulla Marca, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto Miguel García Batista.	89

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

Dra. C Annette Padilla Gómez¹

E-mail: alpadilla@ucf.edu.cu

¹Universidad de Cienfuegos

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

La alimentación y la agricultura sostenibles contribuyen a los cuatro pilares de la seguridad alimentaria —la disponibilidad, el acceso, la utilización y la estabilidad— y a las tres dimensiones de la sostenibilidad —ambiental, social y económica. La FAO promueve una alimentación y una agricultura sostenibles con el fin de ayudar a países de todo el mundo a lograr el Hambre cero y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

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

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

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

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

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

GRACIAS

01

Determinación de la biodiversidad de insectos a nivel de ordenes en la Granja Santa Inés

Determination of insect biodiversity at the order level in the Santa Inés Farm

Luisa Andreina Agurto Rodríguez¹

E-mail: luisa.ar1204@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9000-5838>

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Sara Enid Castillo Herrera¹

E-mail: scastillo@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9559-6422>

Alex German Gia Gadñay²

E-mail: alex.gia@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9277-7196>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

²Universidad da A Coruña, Galicia, España

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Agurto Rodríguez, L. A., García Batista, R. B., Castillo Herrera, S. E. y Gia Gadñay, A. G. (2024). Determinación de la biodiversidad de insectos a nivel de ordenes en la Granja Santa Inés. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 6-18. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Ecuador destaca como el país con la biodiversidad más extensa en relación con su superficie a nivel mundial. La diversidad biológica es esencial para el funcionamiento de los sistemas naturales y para su capacidad de resistencia frente a perturbaciones causadas por la actividad humana. A nivel mundial, nacional y territorial la disminución de la diversidad biológica representa un gran desafío. El presente estudio investigativo de carácter descriptivo consistió en determinar la biodiversidad de insectos presentes en la vegetación de la Granja Santa Inés en la Universidad Técnica de Machala. Para constatar la biodiversidad del área se georreferenciaron 15 puntos signado letras A-Ñ en las 40 hectáreas de la Granja Experimental Santa Inés. Para la captura de los especímenes se utilizaron dos métodos, método de colecta directa: el cual consistió en la búsqueda dirigida de los individuos en hojarasca y tejido vegetal en descomposición, además se procedió al abatimiento de la vegetación mediante el uso de redes entomológicas, los individuos pequeños se colectaron mediante la utilización de pinceles y pinzas; método de colecta indirecta. Los resultados obtenidos indican la existencia de 11 órdenes de insectos presentes en el área, y el orden Coleoptera representó el mayor porcentaje de biodiversidad de las especies.

Palabras clave:

Biodiversidad, Insectos, Especímenes, Órdenes, Especies.

ABSTRACT

Ecuador stands out as the country with the most extensive biodiversity concerning its surface area worldwide. Biological diversity is essential for the functioning of natural systems and for their capacity to resist disturbances caused by human activity. At a global, national, and territorial level, the decline in biological diversity poses a great challenge. The present descriptive investigative study consisted of determining the biodiversity of insects present in the vegetation of the Santa Inés Farm at the Technical University of Machala. To verify the biodiversity of the area, 15 points marked with letters A-Ñ were georeferenced in the 40 hectares of the Santa Inés Experimental Farm. To capture the specimens, two methods were used: direct collection method: which consisted of a directed search for individuals in leaf litter and decomposing plant tissue; in addition, the vegetation was cut down through the use of entomological nets, small individuals were collected by using brushes and tweezers; indirect collection method. The results obtained indicate the existence of 11 orders of insects present in the area, and the order Coleoptera represented the highest percentage of biodiversity of the species.

Key words:

Biodiversity, Insects, Specimens, Orders, Species.

Introducción

Ecuador se destaca como el país con la biodiversidad más extensa en relación con su superficie a nivel mundial. En este territorio la riqueza biológica se caracteriza por su elevado valor, atribuible a elementos como la abundancia de especies, la singularidad de los procesos ecológicos y su notable estado de preservación (Paredes, J., et al., 2011).

La diversidad biológica es esencial para el funcionamiento de los sistemas naturales y para su capacidad de resistencia frente a perturbaciones causadas por la actividad humana. Debido a que, cuanto mayor sea la variedad de especies, más amplia será la capacidad de recuperación de dichos sistemas (López, G., et al., 2019).

Un aspecto fundamental de la biodiversidad radica en su capacidad para afrontar de manera más eficaz las variaciones derivadas de alteraciones climáticas provocadas por el cambio climático, especialmente cuando existe una mayor diversidad biológica (Yábar, E., et al., 2015).

A nivel mundial, nacional y territorial la disminución de la diversidad biológica representa un gran desafío. Científicos de diversas partes del mundo, han empezado a comprender la función y relevancia de la biodiversidad en el adecuado funcionamiento de los sistemas agrícolas (García, Rodríguez-Coca, Fernández & et al., 2022).

Los artrópodos, son ampliamente reconocidos como un recurso biológico esencial, desempeñan roles no solo como polinizadores, depredadores, parasitoides y productores de miel y seda, sino también como elementos fundamentales en los ciclos biogeoquímicos y presiones sobre los ecosistemas (Cruz & Posada, (2003).

Los insectos son el grupo más numeroso dentro del reino animal, formando así una parte significativa de la biodiversidad, a pesar de esto, su importancia no siempre es reconocida como debería (Blas & del Hoyo, 2013), hasta el momento, 915,350 especies de insectos, han sido descritas en el mundo (Sánchez et al., 2021). Según la evidencia disponible, podría sugerirse una aproximación preliminar del 10 por ciento. Esto implica que de los aproximadamente 8 millones de especies entre animales y plantas existentes (donde el 75% son insectos), alrededor de 1 millón estarían en riesgo de extinción (Dourojeanni, 2019). Varios estudios han evidenciado la viabilidad de estabilizar las poblaciones de los insectos en los agroecosistemas, mediante una planificación de disposiciones temporales y espaciales de la vegetación, favoreciendo así la presencia de enemigos naturales (Nicholls & Altieri, 2002).

Comprender en profundidad la importancia de los insectos silvestres en la producción agrícola, en términos de cantidad, método y razón, resulta esencial por tres

razones principales. En primer lugar, los déficits en la producción agrícola derivados de la limitación en la polinización pueden llegar a ser más significativos que los asociados a recursos básicos limitantes, como agua y nutrientes. Esto se debe a que, desde una perspectiva técnica, los agricultores suelen tener un control más manejable sobre dichos recursos que sobre los polinizadores. En segundo lugar, la extensión de áreas de cultivo de plantas entomófilas está aumentando a nivel mundial, superando proporcionalmente la población de abejas melíferas. Y, en tercer lugar, las poblaciones de insectos silvestres están experimentando una disminución debido a causas de origen humano (Miñarro, García & Martínez, 2018).

Los insectos han demostrado su capacidad de adaptación a una variedad de cambios en el planeta, ya sea con la intervención humana o sin ella. Su notable plasticidad ecológica se refleja en la diversidad de estrategias que han desarrollado para aprovechar diversos recursos, desempeñando así un papel fundamental en el equilibrio de la biosfera (Ramos & Montesinos, 2007).

En la actualidad el orden de insectos con mayor riqueza en especies son los Coleópteros, seguido están los Dípteros, Hymenópteros, Lepidópteros y Hemípteros. Cabe mencionar que se reconocen 29 órdenes de insectos, entre ellos destacan además los: Archaeognatha, Zygentoma, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Embioptera, Zoraptera, Dermaptera, Grylloblattodea, Mantophasmatodea, Orthoptera, Phasmatodea, Blattodea, Isoptera, Mantodea, Psocoptera, Phthiraptera, Thysanoptera, Raphidioptera, Megaloptera, Neuroptera, Mecoptera, Siphonaptera y Trichoptera (Zamorano, 2014).

El excesivo uso de plaguicidas (Toledo, C., 2018) la utilización de productos químicos sintéticos para fertilizar el suelo, control de malezas, así como para controlar enfermedades, afecta negativamente la salud y el bienestar del agricultor, al mismo tiempo que deteriora la estructura y biodiversidad del suelo (Hernández et al, 2022).

La mayoría de los agricultores no poseen destrezas hortícolas ecológicas y, a menudo, no logran optimizar la densidad o diversidad de sus cultivos. En su mayoría, enfrentan pérdidas debido a plagas y obtienen rendimientos bajos. Por lo tanto, es necesario realizar ajustes en las prácticas agrícolas actuales para mejorar la calidad del suelo, la salud de los cultivos y la productividad (Altieri & Nicholls, 2018). Determinadas plantas, principalmente aquellas pertenecientes a las familias de las umbelíferas, leguminosas y compuestas, desempeñan una función ecológica significativa al proporcionar refugio a una amplia variedad de artrópodos beneficiosos que contribuyen al control de insectos perjudiciales (Aldana, Calvache & Daza, 2004).

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló en la Granja Experimental Santa Inés perteneciente a la Unidad Académica de Ciencias

Agropecuarias de la Universidad Técnica de Machala, ubicada a 5,5 km de la vía Machala - Pasaje, parroquia El Cambio, cantón Machala, provincia de El Oro, sobre un suelo Inceptisol del Subgrupo de los Aquic Dystrustepts (Ortiz & Gutiérrez, 2014; Villaseñor, & Luna, 2015).

Los materiales empleados en el desarrollo de la investigación, fueron: plano, plástico (azul, amarillo), red entomológica, botellas de plástico (vacías), frascos vacíos, piola, tubos de ensayo, alcohol (60%), melaza, bórax, lupa, pinza, libreta de apuntes, caja entomológica, cámara fotográfica, GPS, alfileres entomológicos.

Metodología utilizada

Recolección de insectos

Para el estudio de la biodiversidad de los insectos presentes en la Granja Experimental Santa Inés, se seleccionaron 15 puntos de muestreo, los mismos que fueron encontrados con la ayuda del plano, mediante el uso del software AutoCAD se desarrolló cuadrículas, de esta

forma en cada cuadrante se ubicó un punto de muestreo asignado con las letras de la A – Ñ. La información geográfica de los puntos de muestreo se detalla en la tabla 1.

Tabla 1: Información geográfica de los diferentes puntos de muestreo

No	Punto de muestreo	Ubicación geográfica		Sitio
		X	Y	
1	A	621006,96	9636289,12	Áreas experimentales y Banano
2	B	620852,18	9636416,02	Áreas experimentales y Banano
3	C	620697,40	9636542,92	Bosque
4	D	620606,79	9636423,25	Pastizales
5	E	620761,56	9636296,35	Banano y Pastizales
6	F	620916,34	9636169,44	Banano y Pastizales
7	G	620825,72	9636049,77	Jardín Botánico
8	H	620670,94	9636176,67	Pastizales y Áreas experimentales
9	I	620735,10	9635930,10	Áreas experimentales y Banano
10	J	620644,48	9635810,42	Cacao
11	K	620567,45	9635707,88	Cacao
12	L	620489,71	9635937,32	Frutales
13	M	620580,32	9636057,00	Frutales
14	N	620425,55	9636183,90	Pastizales
15	Ñ	620334,93	9636064,23	Pastizales

Fuente: Elaboración propia

En la captura de los insectos, se emplearon los métodos siguientes:

- Método de colecta directa: consistió en la búsqueda dirigida de los insectos en hojarasca y tejido vegetal en descomposición; además, se procedió al abatimiento de la vegetación mediante el uso de redes entomológicas, los insectos pequeños se colectaron mediante la utilización de pinceles y pinzas.
- Métodos de colecta indirecta: colección realizada mediante el uso de trampas con plásticos de colores (amarillo y azul) y trampas atrayentes con cebos alimenticios (botellas de plástico con puré de banano con Clorpirifos y melaza con agua). Se utilizaron frascos con alcohol etílico al 60% como

medio preservante de los especímenes colectados. Los insectos inmaduros fueron colectados con material vegetal fresco, con la finalidad de concluir su ciclo biológico y luego ser capturados.

c) Identificación de insectos

La clasificación de los insectos se detalló a nivel de orden, familia, aunque en algunos casos se identificaron a nivel de género y especie. Para dicha identificación se utilizó Claves de identificación y también se comparó con especímenes ya identificados.

Elaboración de mapas temáticos

Para la elaboración de los mapas se utilizó el software ArcGIS, en el cual se detalló el perímetro de la Granja Experimental Santa Inés, ubicándose los puntos de

muestreo según las coordenadas obtenidas, y se elaboraron en función de los órdenes clasificados.

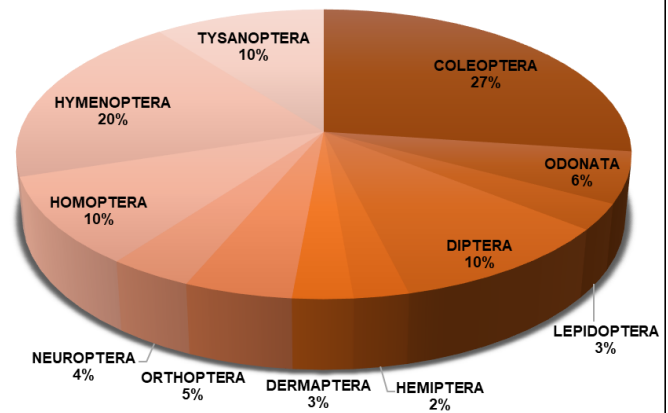
Resultados y Discusión

Procesada la información colectada, nos permitió realizar la distribución y conocimiento de los diferentes insectos, agrupados en sus órdenes y corroborar la diversidad de estos en las plantaciones de la granja.

Distribución de los órdenes de insectos presentes en la Granja Santa Inés

Derivado de la distribución de los hábitats en las diferentes áreas, los órdenes en que se clasifican las poblaciones de insectos con mayor porcentaje registrado fueron Coleóptera (27%) donde Cicchino et al, (2014) confirman que es el grupo más grande, e Himenóptera (20%). Para el orden Coleóptera se corrobora con los resultados obtenidos por Ribera et al. (2015) que plantearon como resultado de su estudio, que el orden es el de mayor abundancia en el planeta. El orden Díptera, Homóptera y Tysanoptera manifestaron un 10% y Odonata el 6% respectivamente. Dentro de los órdenes de menor presencia en los puntos evaluados se detectaron: Ortóptera (5%), Neuróptera (4%), Lepidóptera y Dermáptera con 3% y Hemíptera con el 2% (Figura 1).

Fig. 1: Porcentaje de los órdenes de insectos presentes en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala, periodo seco, 2016.



Fuente: Elaboración propia

Distribución y diversidad de insectos capturados por orden en cada punto de muestreo seleccionado

El resultado obtenido en los 15 puntos estudiados muestra como en el punto A se registraron 10 órdenes de insectos, donde Coleóptera fue el más representativo con el 36%, y en forma descendente, los órdenes de Homóptera (19%), Hymenoptera (15%), Tysanoptera (11%), Díptera (6%), Odonata (4%), Lepidóptera, Hemíptera, Dermáptera y Ortóptera (2%); diversidad que puede atribuirse a la presencia de los cultivos de banano (*Musa sapientum* L.) y maíz (*Zea mays* L), hospedero de una gran cantidad de insectos, ya sean benéficos o plagas (Figura 2).

Fig. 2: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo A, periodo seco, 2016 y **Fig. 3:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo B, periodo seco, 2016.

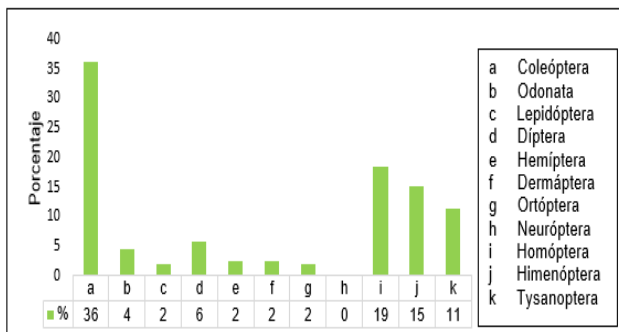


Figura 2

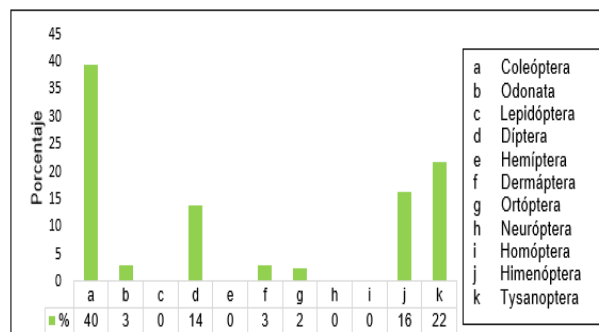


Figura 3

Fuente: Elaboración propia

El siguiente sitio de muestreo, punto B manifestó una mayor diversidad del orden Coleóptera (40%), el cual es el más representativo dentro de los órdenes encontrados, Tysanoptera (22%) y con un menor porcentaje se encuentran Hymenoptera (16%), Díptera (14%), Odonata y Dermáptera (3%) y Orthoptera (2%), significándose que el cultivo de banano se encuentra en la mayor extensión de este punto. Los órdenes Lepidóptera, Hemíptera,

Neuróptera y Homóptera no se presentaron en el punto estudiado (Figura 3).

En el muestreo realizado en el punto C, de los 11 órdenes registrados se encontraron cuatro, el más representativo fue Hymenoptera (73%) y con bajo porcentaje Orthoptera (15%), Díptera (8%) y Dermáptera (5%). La vegetación existente en el punto es del tipo maderable (bosque) y restos de árboles y ramas diseminadas en el área que se encuentran proceso de descomposición (Figura 4).

Fig. 4: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo C, periodo seco, 2016 y **Fig. 5:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo D, periodo seco, 2016.

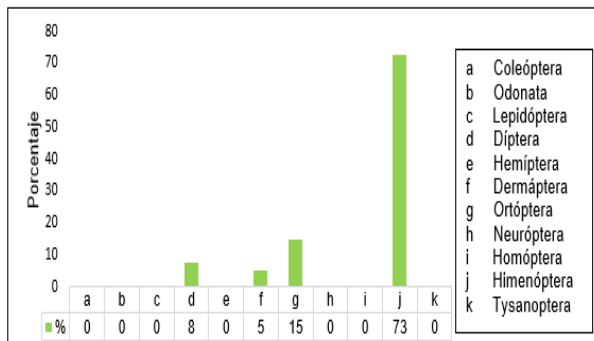


Figura 4

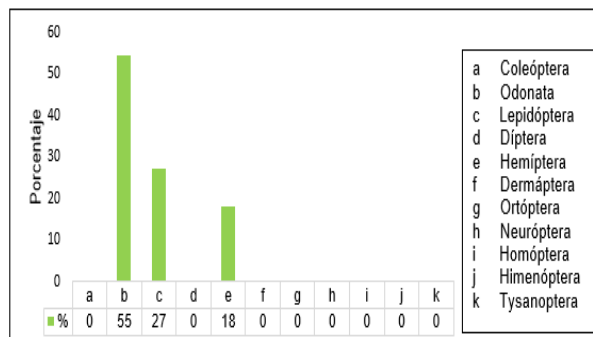


Figura 5

Fuente: Elaboración propia

En el punto de muestreo D, la vegetación existente fue pasto. Se registraron 3 ordnes de los 11 encontrados en el área, donde se encuentran Odonata, que registra el mayor porcentaje con un 55% y con menor porcentaje Lepidóptera (27%) y Hemíptera (18%) (Figura 5).

Los resultados en el punto E, muestran que el orden Coleóptera representa el mayor porcentaje con el 40%

y Tysanoptera (28%), presentándose menores porcentajes de los órdenes de Hymenoptera (11%), Díptera (9%), Dermáptera (6%), Orthoptera (3%), Odonata (2%) y Lepidóptera (1%), para el caso de los órdenes Hemíptera, Neuróptera y Homóptera no se detectó presencia de insectos. La vegetación presente en esta área fueron los cultivos de banano y pastos (Figura 6).

Fig. 6: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo E, periodo seco, 2016 y **Fig. 7:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo F, periodo seco, 2016.

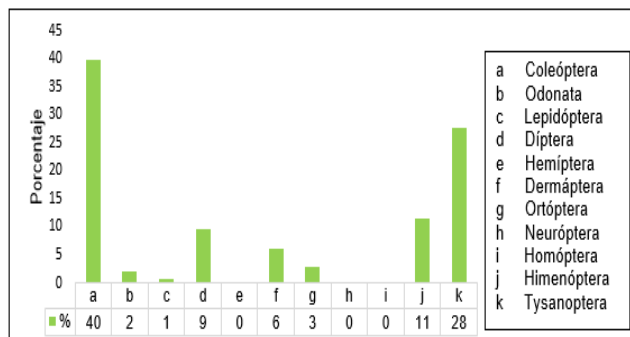


Figura 6

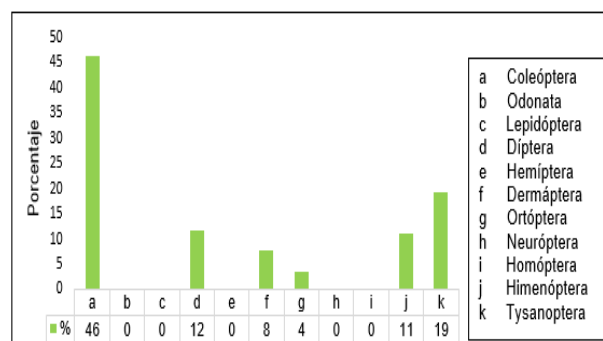


Figura 7

Fuente: Elaboración propia

La diversidad de órdenes en el punto F se expresa en mayor porcentaje en el orden Coleóptera (46%), y un menor porcentaje en los órdenes Tysanoptera (19%), Díptera (12%), Dermáptera (8%) y Orthoptera (4%). Se evidencia para Odonata, Lepidóptera, Hemíptera, Neuróptera y Homóptera un porcentaje del 0%. La posible presencia de los órdenes se debe a la vegetación que existe en el área, cultivo de banano en su totalidad (Figura 7).

El punto G de muestreo evidencia una variada diversidad de insectos, de los 11 órdenes encontrados siete se encuentran ubicados en el sitio. El orden Hymenoptera

(27%) representa el mayor porcentaje, Orthoptera (22%), y Coleóptera (15%), Odonata (14%), Lepidóptera (12%), Díptera (8%) y Hemíptera (3%). La diversidad encontrada puede atribuirse a la vegetación del área, especies como Pasto, Guayaba (*Psidium guajava* L.), Guanábana (*Annona muricata* L.), Teca (*Tectona grandis* L.), Caña guadúa (*Guadua angustifolia*), Samán (*Samanea saman*), Ornamentales, Palma africana (*Elaeis guineensis*) y Arvenses. El área se encuentra designada como Jardín Botánico de la Granja Santa Inés (Figura 8).

Fig. 8: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo G, periodo seco, 2016 y **Fig. 9:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo H, periodo seco., 2016.

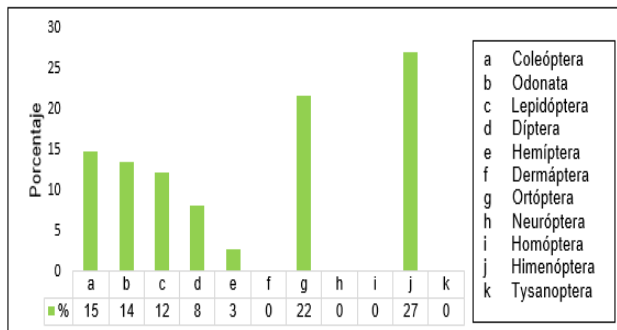


Figura 8

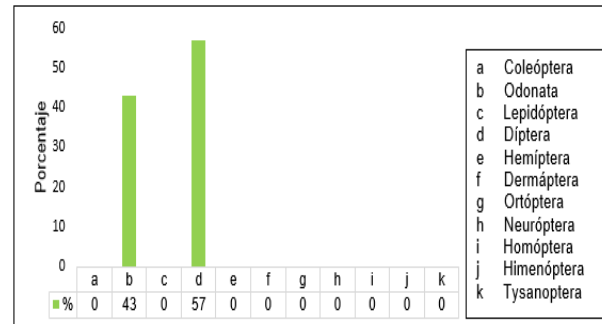


Figura 9

Fuente: Elaboración propia

En el punto de muestreo H, la presencia de los órdenes de insectos se presenta en Díptera (57%) y Odonata (43%), por lo que se observaron solamente dos de los 11 órdenes registrados en el área total. La vegetación en esta área se concentra en Pastizales y áreas verdes, en un punto cercano al bloque de aulas de la Granja Santa Inés (Figura 9).

El muestreo en el punto I, es un área que no se encuentra cultivada, prevalecen las arvenses y plantas de moringa (*Moringa oleifera*). Los órdenes aquí encontrados son: Hymenoptera con el mayor porcentaje del 63%, Odonata (25%) y Lepidóptera (13%) (Figura 10).

Fig. 10. Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo I, periodo seco, 2016 y **Fig. 11.** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo J, periodo seco, 2016.

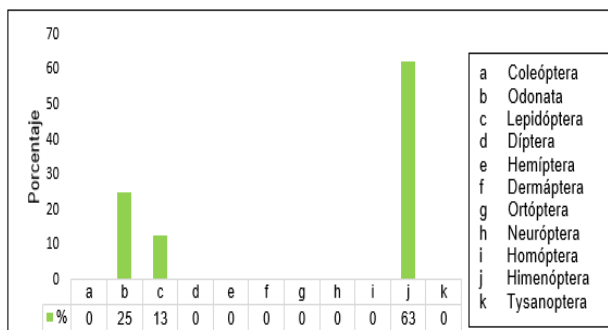


Figura 10

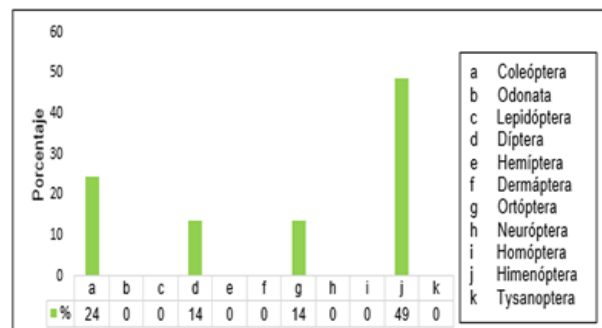


Figura 11

Fuente: Elaboración propia

En el punto de muestreo J, de los 11 órdenes registrados a nivel de área total, se encuentran Hymenoptera con el mayor porcentaje (49%), Coleóptera (24%), Díptera y Orthoptera con el mismo porcentaje (14%). La vegetación de esta área es el cultivo de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en su totalidad (Figura 11).

La vegetación encontrada en el punto de muestreo K, corresponde al cultivo de cacao y plantas de guayaba y café (*Coffea arabica* L.). Dentro de los órdenes registrados, Himenóptera con mayor porcentaje (36%), seguido de Homóptera (27%), Coleóptera (16%), Ortóptera (13%) y Díptera (9%) (Figura 12).

Fig. 12: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo K, periodo seco, 2016 y **Fig. 13:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo L, periodo seco, 2016.

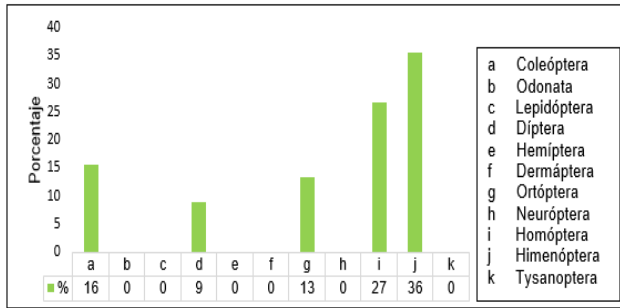


Figura 12.

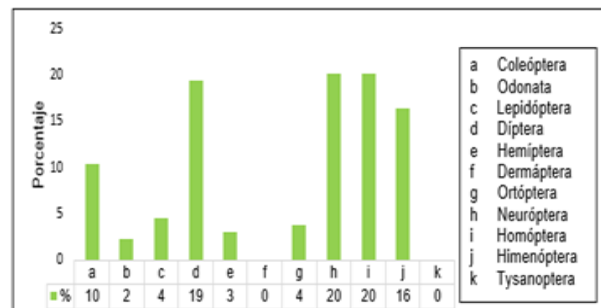


Figura 13.

Fuente: Elaboración propia

El punto L muestra una gran diversidad de insectos, se encontraron presentes nueve órdenes de los 11 registrados en el área total. Los insectos del orden Neuroptera y Homóptera, registraron el mayor porcentaje con 20%, seguido de Díptera (19%), Hymenoptera (16%), Coleóptera (10%), Lepidóptera y Orthoptera (4%), Hemíptera (3%) y Odonata (2%). En el área de estudio se encuentran presentes los cultivos de cítricos (*Citrus reticulata* Blanco) y mango (*Mangifera indica* L.), además de arvenses (Figura 13).

en el área con el 32%, mientras que Hymenoptera (20%), Neuroptera (14%), Hemíptera (13%), Odonata (9%), Díptera (7%), Lepidóptera y Orthoptera con el mismo porcentaje (3%). La vegetación en esta área está conformada por frutales: Carambola (*Averrhoa carambola* L.), Maracuyá (*Passiflora edulis* Sims), Uva (*Vitis vinifera* L.), Piña (*Ananas comosus* L.), Papaya (*Carica papaya* L.), Guayaba (*Psidium guajava* L.), Guanábana (*Annona muricata* L.), Arazá (*Eugenia stipitata* McVaugh), Coco (*Cocos nucifera* L.), Marañón (*Anacardium occidentale* L.), entre otros (Figura 14).

En el punto M, se apreció que existe una gran diversidad de insectos. Homóptera es el orden más representativo

Fig. 14: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo M, periodo seco, 2016 y **Fig. 15:** Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo N, periodo seco, 2016.

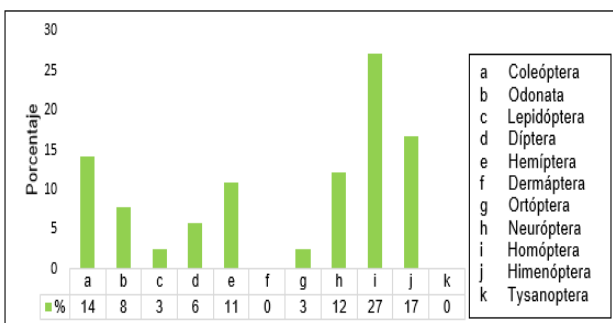


Figura 14

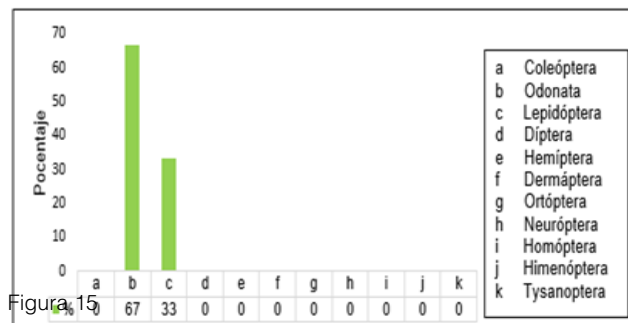


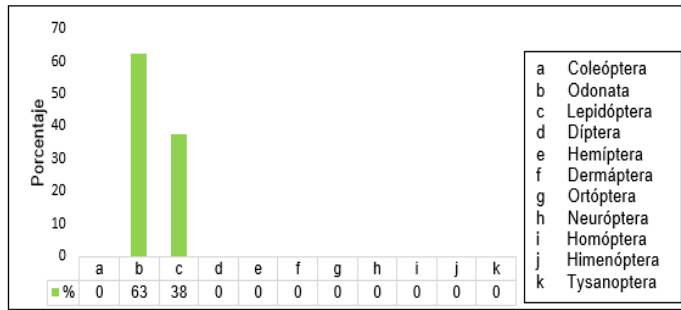
Figura 15

Fuente: Elaboración propia

En el punto de muestreo N la diversidad de órdenes resulto menor, de los 11 órdenes encontrados a nivel general en esta área se encontraron solamente dos: Odonta (67%) y Lepidóptera (33%) son los órdenes más representativos en el área, la vegetación del área es pasto (Figura 15).

En el punto de muestreo Ñ, entre los 11 órdenes registrados en el área total se encuentra Odonta (63%) y Lepidóptera (38%). El punto de muestreo se encuentra cultivado de pastos en su totalidad (Figura 16).

Fig. 16: Distribución de los órdenes de insectos capturados en el punto de muestreo Ñ, periodo seco, 2016.



Fuente: Elaboración propia

Estudios realizados por Huamán et al, (2020) y García, et al., (2022), confirman que el orden Coleóptera tiene mayor abundancia y presencia en los ambientes estudiados.

Clasificación de los insectos capturados

Al total de insectos capturados, se clasificaron en relación al Orden y Familia que pertenecen y en algunos casos en función del Género y especie, registrándose en función de las familias para el caso del orden Díptera (15), Coleóptera (12), Lepidóptera (9), Himenóptera (7), Homóptera (7), Hemiptera (6), Ortóptera (5), Odonata (3), Tysanoptera (2), Dermáptera (1) y Neuroptera (1) (Cuadro 2).

Cuadro 2: Descripción de los insectos capturados en relación a su clasificación por orden, familia, género y especie, 2016.

Orden	Familia	Género y especie
Coleóptera	Curculionidae	Cosmopolites sordidus
	Curculionidae	Metamasius hemipterus
	Curculionidae	Rhynchophorus palmarum
	Hydrophilidae	-
	Histeridae	Hololepta populnea
	Scarabaeidae	-
	Crysomelidae	Diabrotica undecimpunctata
	Crysomelidae	Cerotoma sp.
	Coccinellidae	-

	Lampyridae	-
	Lycidae	-
	Staphylinidae	Staphylinus sp.
	Chrysomelidae	-
	Coccinellidae	-
	Elateridae	-
	Chrysomelidae	Colaspis sp.
	Cerambycidae	Anthracocentrus sp.
	Curculionidae	Citofilos oryzae
	Curculionidae	-
	Nitidulidae	-
	Curculionidae	Polytus mellerborgii
Odonata	Coenagrionidae	-
	Libellulidae	-
	Gomphidae	-
Lepidóptera	Nocturidae	-
	Geometridae	-
	Ithomidae	-
	Pieridae	Appias sp.
	Satyridae	-
	Nymphalidae	Opsiphanes tamarindi
	Nocturidae	-
	Hesperiidae	Urbanus sp.
	Heliconidae	Heliconius sp.
	Hespiridae	-
	Nymphalidae	Anartia sp.
	Nymphalidae	-
	Satyrinae	-
	Pieridae	Appias sp.
	Nymphalidae	Dione vanillae
	Papilionidae	Siproeta sp.
Díptera	Stratiomyidae	Hermitia illucens
	Tephritidae	Anastrepha obliqua
	Dolichopodidae	Condylostylus sp.
	Stratiomyidae	Hedriodiscus sp.
	Syrphidae	Sphaerophoria scripta
	Sarcophagidae	Sarcophaga sp.
	Bombyiidae	Systoechus sp.
	Anthomyiidae	Scatophaga sp.
	Tachinidae	-
	Dolichopodidae	Condylostylus sp.
	Bibionidae	-

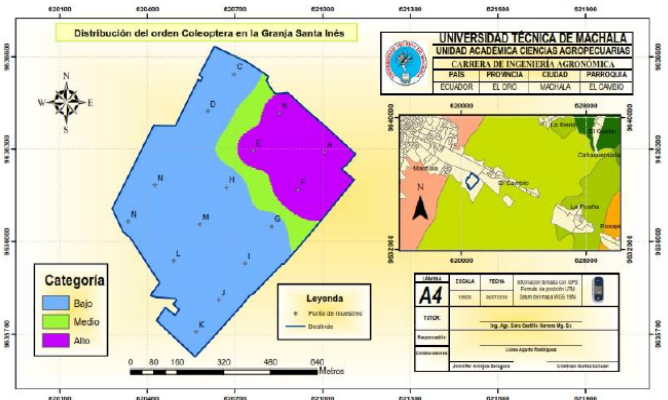
	Ephyridae	-
	Tabanidae	-
	Vibrionidae	-
	Neriidae	-
	Braconidae	-
	Syrphidae	-
	Drosophilidae	Drosophila melanogaster
Hemíptera	Pyrrhocoridae	-
	Coreidae	-
	Reduviidae	-
	Pentatomidae	-
	Miridae	-
	Lygaeidae	-
	Miridae	Monalonion dissimulatum
Dermáptera	Forficulidae	
Ortóptera	Blattellidae	Periplaneta americana
	Mantidae	-
	Gryllidae	-
	Acrididae	-
	Tettigoniidae	-
Neuróptera	Chrysopidae	Chrysopa carnia
Homóptera	Cercopidae	Aeneolamia sp.
	Flatidae	-
	Pseudococcidae	Dysmicoccus brevipes
	Cicadellidae	-
	Coccidae	Ceroplastes rusci
	Coccidae	Saissetia oleae
	Diaspididae	Unaspis citri
	Aphididae	Toxoptera aurantii
	Aphididae	-
Himenóptera	Formycidae	-
	Vespidae	Vespa sp.
	Vespidae	Polistes sp.
	Vespidae	Synoeca surinama
	Sphecidae	-
	Apidae	Apis mellifera
	Pompilidae	-
	Eurytomidae	Bephratelloides cubensis
	Formicidae	Atta sp.
	Formicidae	-
Tysanoptera	Thripidae	Gynaikothrips ficorum
	Thripidae	Frankliniella parvula

Fuente: Elaboración propia

Mapas temáticos de distribución estacional de los órdenes presentes en la Granja Santa Inés

En la figura 17, se muestra la distribución del orden Coleóptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, B, E y F asociado a los cultivos de banano y maíz.

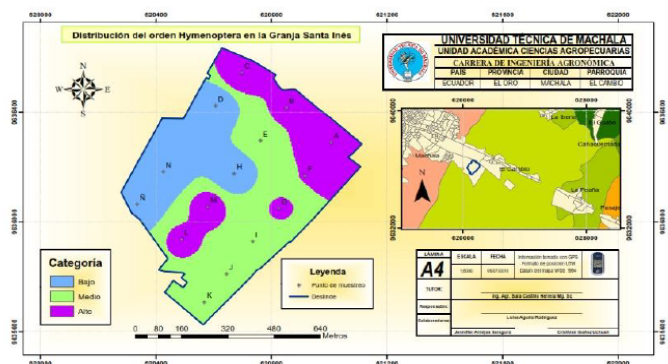
Fig. 17: Distribución del orden Coleóptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se muestra la distribución del orden Himenóptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, B, C, F, G, M y L asociado a los cultivos de banano, maíz, mango, mandarina y los sitios del bosque y jardín botánico de la Granja.

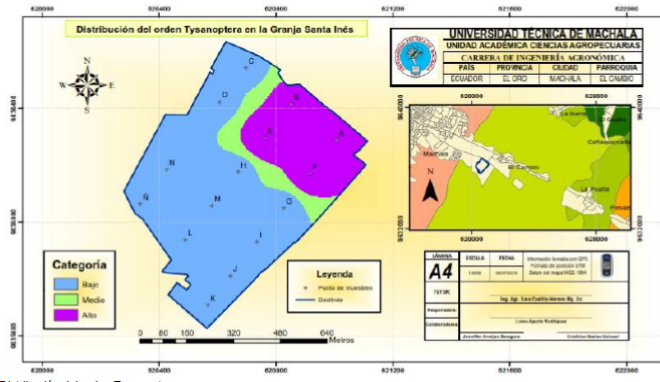
Fig. 18: Distribución del orden Himenóptera.



Fuente: Elaboración propia

La figura 19, se muestra la distribución del orden Tysanoptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, B, E y F asociado al cultivo de banano.

Fig. 19: Distribución del orden Tysanoptera.

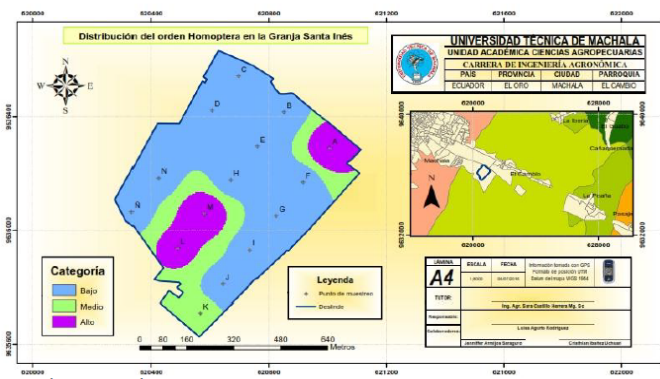


Fuente: Elaboración propia

La figura 20 muestra la distribución del orden Homóptera en cada punto muestreado evidenciándose

la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, M y L asociado a los cultivos de maíz, mango y mandarina.

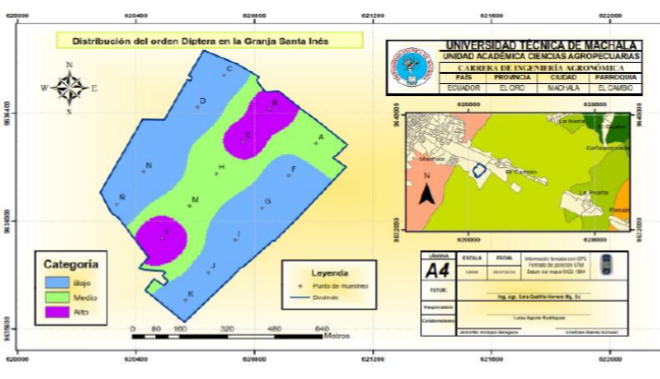
Fig. 20: Distribución del orden Homóptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se aprecia la distribución del orden Díptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos B, E y L asociado a los cultivos de banano y mandarina.

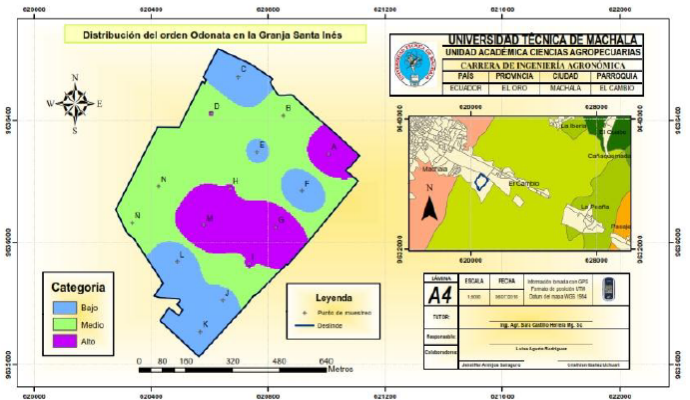
Fig. 21: Distribución del orden Díptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se muestra la distribución del orden Odonata en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, G, H, I y M asociado a los cultivos de maíz, mango, advenses y el huerto de frutales.

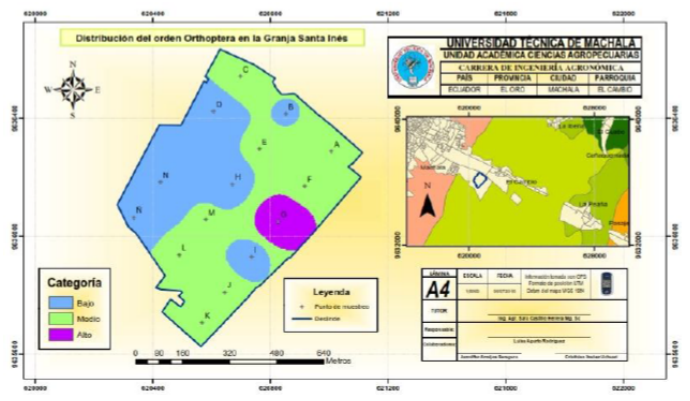
Fig. 22: Distribución del orden Odonata.



Fuente: Elaboración propia

La figura 23, muestra la distribución del orden Ortóptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en el punto G asociado a los cultivos de Pasto, Guayaba, Guanábana, Teca, Caña guadua, Samán, Ornamentales, Palma africana y advenses (Jardin Botánico).

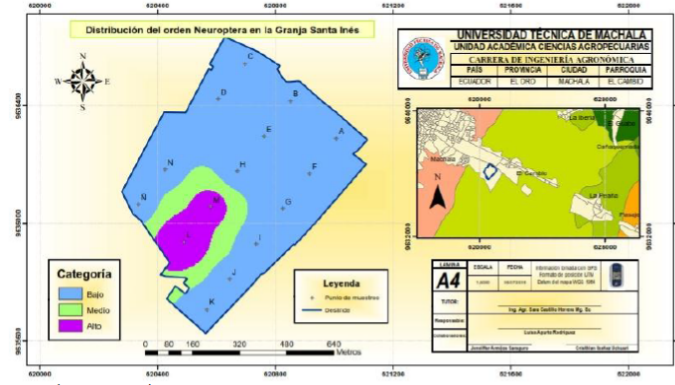
Fig. 23: Distribución del orden Ortóptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se observa la distribución del orden Neuróptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos M y L asociado a los cultivos de mango y mandarina.

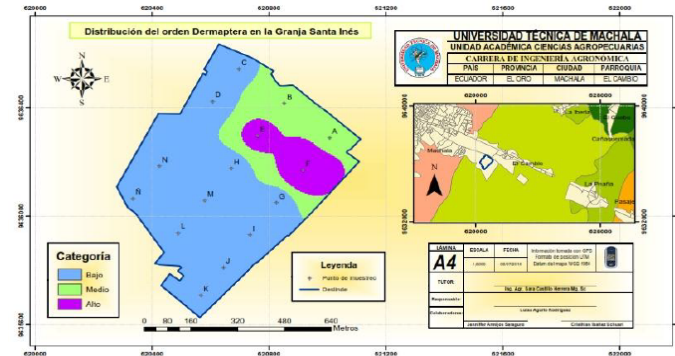
Fig. 24: Distribución del orden Neuroptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se muestra la distribución del orden Dermáptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos E y F asociado al cultivo de banano.

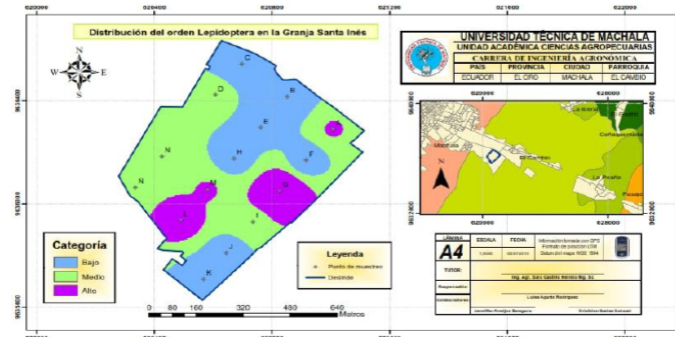
Fig. 25: Distribución del orden Dermáptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se muestra la distribución del orden Lepidóptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en los puntos A, G, M y L asociado a los cultivos de maíz, mango, mandarina y el sitio jardín botánico de la Granja.

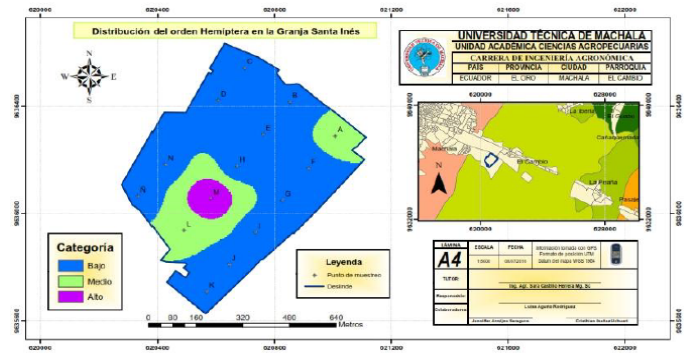
Fig. 26: Distribución del orden Lepidóptera.



Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se muestra la distribución del orden Hemiptera en cada punto muestreado evidenciándose la caracterización por categorías en la que presenta nivel alto en el punto M asociado al cultivo de mango.

Fig. 27: Distribución del orden Hemiptera.



Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El estudio realizado en la Granja Santa Inés, determinó la gran biodiversidad de órdenes de insectos existentes en las diferentes áreas estudiadas. Las áreas con mayor diversidad, fueron en las que se encontraba gran variedad de especies vegetales. Sin duda, las plantas contribuyen a una mayor biodiversidad de insectos, ya que estos buscan en algunas especies el alimento, además de ser parte de muchos beneficios en la agricultura, gracias a los insectos muchas plantas son polinizadas y se obtienen de ellos el alimento para la humanidad. Cuidar de la biodiversidad, es una tarea importante para el planeta, esto nos beneficia en un futuro a poder contar con alimentos.

Referencias Bibliográficas

Aldana, J. A., Calvache, H., & Daza, C. A. (2004). Alternativas para siembra de plantas nectaríferas. In *PALMAS* (Vol. 25, pp. 194–204). <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/1083>.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2018). Agroecología urbana: diseño de granjas urbanas ricas en biodiversidad, productivas y resilientes. *Agro Sur*, 46(2), 49–60. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2018.v46n2-07>.

Blas, M., & del Hoyo, J. (2013). Entomología cultural y conservación de la biodiversidad. Los insectos en las Artes Mayores. *Cuadernos de Biodiversidad*, 42, 1–22. <https://core.ac.uk/download/pdf/16698692.pdf>.

Cicchino, A., Porrini, D., Castro, A., Arcusa, J., Carpintero, D., & Farina, J. (2014). Biodiversidad de los insectos de suelo de áreas protegidas y agroecosistemas de la provincia de Buenos Aires y su utilización como herramientas de gestión y manejo. In *Tópicos selectos en biodiversidad y biotecnología*. (pp. 111–127). <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/155999>.

- Cruz, C., & Posada, F. (2003). Evaluación de la biodiversidad de la zona cafetera colombiana representada en la colección de artrópodos de Cenicafé. *Revista Colombiana de Entomología*, 29(1), 107–112. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-04882003000100016&script=sci_arttext.
- Dourojeanni, M. (2019). Conservación de insectos en la Amazonía. *Ecología Aplicada*, 18(2). http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162019000200009.
- García, M., Rodríguez, L., Fernández, Y., Rodríguez, M., & Gil, Z. (2022). Biodiversidad de insectos en sistemas de policultivos de maíz (*Zea mays* L.). *Ecosistemas*, 31(3). <https://doi.org/10.7818/ECOS.2400>.
- Hernández-Aranda, V., Jarquin-Gálvez, R., Lara-Ávila, P., & Aguilar-Benítez, G. (2022). Bioprospección de insectos beneficios en sistemas de producción agroecológicos y orgánicos en San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342022000300511&script=sci_arttext.
- Huaman Pilco, A. F., Leiva Espinoza, S. T., Oliva Cruz, S. M., & Hernández May, M. A. (2020). Insectos asociados al agroecosistema de café bajo sombra en el Distrito de Milpuc, Amazonas, Perú. *UNED Research Journal*, 12(2), e3144. <https://doi.org/10.22458/urj.v12i2.3144>.
- López, G., Mazzitelli, M., Fruitos, A., González, M., Marcucci, B., Giusti, R., Alemanno, V., del Barrio, L., Portela, J., & Debandi, G. (2019). Biodiversidad de insectos polinizadores y depredadores en agroecosistemas vitícolas de Mendoza, Argentina. Consideraciones para el manejo del hábitat. *Rev. FCA UNCUYO*, 51(1), 309–322. https://www.lareferencia.info/vufind/Record/AR_6ba-5039500fa6c6f6f89481bb7be7db5.
- Miñarro, M., García, D., & Martínez-Sastre, R. (2018). Impact of insect pollinators in agriculture: importance and management of their biodiversity. In *Ecosistemas* (Vol. 27, Issue 2, pp. 81–90). Asociación Española de Ecología Terrestre. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>.
- Nicholls, C., & Altieri, M. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65, 50–64. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5827>.
- Ortiz, C., Gutiérrez, M. del C., & Gutiérrez, E. (2014). Claves para la Taxonomía de Suelos. http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf.
- Paredes, J., López, M., Medina, M., Herrera, P., & Peralta, E. (2011, April 28). Medición de la Biodiversidad Alfa de Insectos en el Bosque “Cruz de Chiriyacu” de Chillanes, Bolívar-Ecuador. https://www.researchgate.net/profile/Jorge-R-Paredes/publication/335277357_Medicion-de-la-Biodiversidad-Alfa-de-Insectos-en-el-Bosque-Cruz-de-Chiriyacu-de-Chillanes-Bolivar-Ecuador/links/5d5c75cb92851c37636e4e32/Medicion-de-la-Biodiversidad-Alfa-de-Insectos-en-el-Bosque-Cruz-de-Chiriyacu-de-Chillanes-Bolivar-Ecuador.pdf.
- Ramos-Elorduy, J., Luis, J., & Montesinos, V. (2007). Los insectos como alimento humano: Breve ensayo sobre la entomofagia, con especial referencia a México. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. Sec. Biol*, 102(4), 61–84. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/44299302/Ramos_2007_Los_insectos_como_alimento_humano_breve_ensayo_de_entomofagia-libre.pdf?1459528468=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3D-Los_insectos_como_alimento_humano_Breve.pdf&Expires=1707103312&Signature=apzATa90hpvY9g1c~SeqDJpbzz1K9f8cl0XTv75DToNs876l-Zl9RSqabVxOjkYbBGiUpfIHbRV-MAzuKmkqnQcR-CeuHohtg7GQAmTyYTtjcdCnDbsVGV7tucq-gp-bUyD3t1lcfm5hkbzB-MWGcRM7-K4cOSLcJ1fSKL-WWbsiQTJIFauSguB7tVS5s9k~i7xz40xrM4j-TZX-vldUoDlIhgEeVRoU7xM45jZsQs6lvfsVU3Y0707Qn-RfmlnKETmbG20J3DHOsghgSrPlyUmB8Z9Qtmn-hJ2-bdd9eeS2yAYFPIBbRKe4ndDOTgANbrLEa-2HEkMn6MDLxNm5luxrtG5wxMw_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA.
- Ribera, I., Melic, A., & Torralba, A. (2015). Introducción y guía visual de los artrópodos. *Revista IDEA-SEA*, 2, 30. http://molevol.cmima.csic.es/ribera/pdfs/IDEA@_2.pdf.
- Sánchez-González, A., Martínez-Falcón, A., Octavio-Aguilar, P., Martínez-Hernández, S., Ramírez-Bautista, A., Bravo-Cadena, J., Galván-Hernández, D., & Ortiz-Pulido, R. (2021). Conservación biológica: el caso de algunos grupos de insectos, anfibios, reptiles, aves y plantas en México. 3(1), 12–17. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/herreriana/article/view/6909/8198>.
- Toledo, C. (2018). Los plaguicidas: aliados contra la biodiversidad de los insectos benéficos. *Revista Análisis de La Realidad Nacional.*, 142, 76–85. <https://www.researchgate.net/publication/329011756>.

- Yábar, E., Velarde, E., del Castillo, M., Espinoza, E., Pando, E., Ardiles, A., Serrano, J., Pacheco, M., Palomino, L., & Velarde, A. (2015). Biodiversidad y cambio Climático: Diversidad de Insectos en cuatro ecotipos de papa. *Climate Change in the Tropical Andes*, 3. <https://revistas.unsaac.edu.pe/index.php/rccat/article/view/350/203>
- Zamorano, P. (2014). Especies de insectos descritas en el año 2012: una evaluación sobre el aporte de cada país a la Biodiversidad *Entomológica Mundial*. 54, 459–466. https://www.researchgate.net/profile/Pablo-Zamorano/publication/268034234_Insect_species_described_in_2012_an_assessment_on_the_contribution_of_each_country_to_the_knowledge_of_the_world's_entomological_biodiversity/links/54bb56950cf29e0cb04bd93a/Insect-species-described-in-2012-an-assessment-on-the-contribution-of-each-country-to-the-knowledge-of-the-worlds-entomological-biodiversity.pdf .

02

Efecto de la alimentación con inclusión de *Azolla* (*Azolla* spp. Lam) en parámetros productivos de pollos de engorde

Effect of feeding with *Azolla* (*Azolla* spp. Lam) inclusion on productive parameters of broiler chicken

Oliverio Napoleón Vargas González¹

Email: ovargas@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0820-6340>

Justin Gerardo Sanjinés Yunga¹

Email: ysangines1@utmachala.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0009-0009-9492-8443>

Milton Luis Cun Jaramillo¹

Email: mcun@utmachala.edu.ec

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3663-709X>

Faviana Aimé Maza León¹

Email: fmaza2@utmachala.edu.ec

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

¹Universidad Técnica de Machala. El Oro, Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Vargas González, O. N., Sanjinés Yunga, J. G., Cun Jaramillo, M. L. y Maza León, F. A. (2024). Efecto de la alimentación con inclusión de *Azolla* (*Azolla* spp. Lam) en parámetros productivos de pollos de engorde. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 19-25. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El trabajo se realizó en la granja Santa Inés de la UTMACH. Tuvo como objetivo demostrar el efecto de *Azolla* en alimentación de broiler sobre parámetros zootécnicos. Se aplicó diseño experimental completamente al azar. Se emplearon 160 Broiler, en cuatro tratamientos, cuatro réplicas, diez aves por unidad experimental, distribuidos en jaulas independientes con manejo, bioseguridad y plan vacunal básico. Se alimentó en dos fases, tres semanas con el balanceado inicial y tres semanas con balanceado de engorde. La *Azolla*, se incorporó en el tercer día; el tratamiento (T1) recibió únicamente balanceado comercial, el (T2) incorporó 5% de *Azolla*, el (T3), incorporó 10% de *Azolla*, y el (T4) incorporó 15% de *Azolla*. El cálculo de consumo se tomó como referencia la tabla del Manual Cobb 500. Los resultados muestran que el consumo de alimento, en el (T4), fue superior a los demás con (72.539,25 g) seguido por (T2) con (70.441,5 g), luego el T3 con (70.132,25 g) y finalmente el (T1) con (68.755,75 g); el mayor peso está en el (T1) (3.864,98 g), seguido por (T2) (3.853,85 g), luego el (T3) (3.817,13 g) y finalmente el (T4) (3.682,26 g); en el índice de conversión en orden está el (T1) con 1,78, seguido por (T2) con 1,83, a continuación (T3) con 1,94, finalmente el (T4) con 2,08. Se concluye que la *Azolla* spp., puede reemplazar hasta un 5% del balanceado en alimentación de pollos sin afectar los parámetros productivos.

Palabras clave:

Peso vivo, Ganancia de peso, Consumo de alimento, Índice de conversión

ABSTRACT

The work was carried out at the Santa Inés farm of UTMACH. Its objective was to demonstrate the effect of *Azolla* in broiler feed on zootechnical parameters. It was applied a completely randomized experimental design. A total of 160 broilers were used in four treatments, four replicates, and ten birds per experimental unit, distributed in independent cages with management, biosecurity, and basic vaccination plan. They were fed in two phases, three weeks with the initial feed and three weeks with the fattening feed. *Azolla* was incorporated on the third day; treatment (T1) received only commercial feed, (T2) incorporated 5% *Azolla*, (T3) incorporated 10% *Azolla*, and (T4) incorporated 15% *Azolla*. The results show that the feed consumption in (T4) was higher than the others with (72,539.25 g) followed by (T2) with (70,441.5 g), then T3 with (70,132.25 g) and finally (T1) with (68,755.75 g); the highest weight is in (T1) (3,864.98 g), followed by (T2) (3,853.85 g), then (T3) (3,817.13 g) and finally (T4) (3,682.26 g); in the conversion index in order is (T1) with 1.78, followed by (T2) with 1.83, then (T3) with 1.94, finally (T4) with 2.08. It is concluded that *Azolla* spp. can replace up to 5% of the balanced feed in broiler feeding without affecting the productive parameters.

Keywords:

live weight, Weight gain, Feed intake, Feed conversion ratio.

Introducción

La demanda de proteína animal especialmente de origen avícola mantiene un crecimiento continuo que va a la par del incremento de la población y del poder adquisitivo, por esta razón el sector productivo tiene la necesidad de buscar nuevas alternativas alimenticias que permitan obtener los nutrientes necesarios para la alimentación animal; sin embargo, estas deben cumplir algunos requisitos como: ser de fácil adquisición, cantidad necesaria, bajo costo, impacto leve o nulo al medio ambiente y que sean inocuos tanto a la salud animal como de los consumidores (FAO, 2013; Rosales, 2017).

La *Azolla* ssp, es una planta acuática que presenta excelentes niveles de nitrógeno captado del ambiente, que producida y utilizada correctamente puede ser una muy buena alternativa en la alimentación animal, e incluso su uso puede ayudar a disminuir los costos de producción (Méndez-Martínez et al., 2019).

Con un adecuado manejo productivo de la *Azolla*, se puede aprovechar el alto poder de proliferación que poseen estas plantas para la alimentación animal (Rivera et al., 2017). El uso de esta planta es una magnífica oportunidad debido a su alto rendimiento de biomasa a bajo costo y en condiciones normales no altera la salud de los animales ni de las personas, en algunos países del mundo estas plantas son producidas y utilizadas para incluirlas en la producción de abonos y como fuente alimenticia para los animales (Islam & Nashibori, 2017).

El desconocimiento de los productores avícolas sobre las bondades nutritivas de la planta acuática *Azolla*, de igual forma se desconocen los niveles ideales de inclusión en la alimentación en los diferentes animales, razones suficientes para la no utilización de este producto (Portela, 2017).

El desconocimiento y la falta de publicidad de los resultados de las investigaciones en torno a los efectos y bondades que tiene la *Azolla* sobre los parámetros productivos en las aves alimentadas con esta planta acuática causa en los productores desconfianza al momento de utilizarla en la alimentación de sus animales: aves, peces, cerdos y rumiantes, de manera que prefieren usar productos convencionales (Suárez & González, 2015).

Trabajos realizados por Kumar et al. (2018), demuestran una diferencia significativa al alimentar pollos de engorde con el 5 y 7,5% de *Azolla pinnata* seca en el balanceado comercial, estos resultados indican también que el consumo más alto es con la inclusión del 7,5% seguido del 10 % de azolla en el balanceado y el consumo más bajo se evidenció con alimentación a base solo balanceado. (Kumar et al., 2018) (Samad et al., 2020). De igual forma, Kamel y Hamed (2021), consiguieron mayor peso semanal al trabajar con una inclusión del 12% de *Azolla* seca (Kamel & Hamed, 2021).

Samad et al. (2020) definieron en su investigación que la utilización de *Azolla* en la alimentación de pollos de engorde (Broiler) permite obtener buenos resultados en los

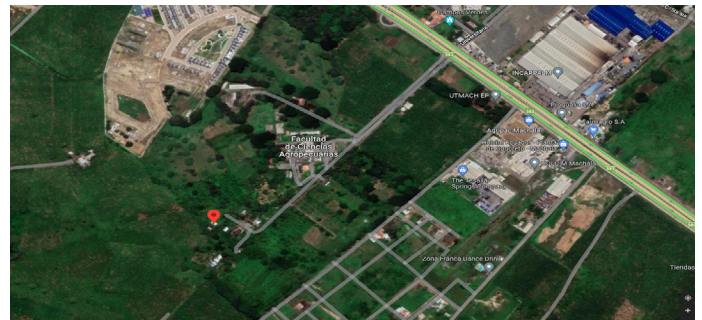
parámetros productivos sin afectar la salud de los animales. Estudios realizados en aves demuestran que se obtuvo un crecimiento rápido en pollos de engorde utilizando la inclusión de 5% de *Azolla pinnata* en el balanceado comercial (Singh & Subudhi, 1978),

El objetivo del trabajo fue demostrar el efecto de la inclusión de *Azolla* en la dieta basal sobre los parámetros zootécnicos (peso, consumo de alimento e índice de conversión) de pollos de engorde

Materiales y Métodos

Los materiales y procedimientos, se describen a continuación, El estudio se desarrolló en la Granja Santa Inés de la Universidad Técnica de Machala la que está ubicada en el Km 5.5 vía Machala-Pasaje en las coordenadas geográficas UTM: N. 9636530,500 E. 62219,415, a 5 msnm. La temperatura oscila entre 22-35°C (Figura 1).

Fig. 1: Ubicación del área de estudio.



Fuente: Google maps (2023)

Diseño experimental

Se utilizó un Diseño Completamente al azar (DCA). El factor de estudio es determinar si la administración de *azolla* ssp en la alimentación de pollos broiler es beneficiosa e incrementa los parámetros productivos, para lo cual se plantearon cuatro tratamientos incluidos el testigo y cada uno de estos con cuatro repeticiones con diez unidades de estudio (pollos) en cada unidad experimental (jaulas). El esquema de aleatorización de tratamientos utilizado fue completamente al azar en las unidades experimentales a nivel de todo el ensayo, debido a que el material y entorno experimental es homogéneo.

Unidades experimentales son jaulas de malla de forma redonda con un área de un metro cuadrado por sesenta centímetros de alto, en cada unidad muestral se insertó diez aves con su respectivo comedero y bebedero.

Manejo del ensayo

La investigación de campo realizada fue de tipo experimental, en la que se emplearon cuatro tratamientos con cuatro réplicas, cada una de estas con 10 pollos, empleando un total de 160 aves.

El primer tratamiento o control (T1) se utilizó alimentación balanceado comercial, en el segundo (T2), tercero (T3) y

cuarto tratamiento (T4) se utilizó: 5, 10 y 15 % de Azolla fresca (Figura 2) en reemplazo del alimento balanceado.

Fig. 2: Reservorio donde se obtuvo la Azolla para desarrollar la investigación experimental.



Fuente: Elaboración propia

Las variables medidas fueron consumo de alimento semanal y acumulado, peso inicial, peso semanal y acumulado, índice de conversión semanal y acumulada y mortalidad, xxxxxx. Los pesos de las aves se registraron a la llegada de estas al galpón utilizando el promedio de peso inicial para cada unidad experimental y luego se pesaron cada siete días cumplidos, de igual forma se registró el incremento de pesos semanales y acumulados, así mismo se registraron los consumos de alimento diarios y semanales que fueron calculados en base a los consumos estándares de la raza Cobb. Para el pesaje de las aves y del alimento se utilizó una balanza electrónica marca CAMRY (modelo EK9332-F302) de origen China, cuya capacidad máxima es de 5 kg y un margen de error de ± 1 gramo.

La recolección de pesos se realizó cada siete días pesando todas las aves de cada tratamiento, el consumo de alimento se registró diariamente en cada unidad experimental de cada tratamiento, al final de la semana se realizó la suma de los consumos, obteniendo el total semanal y acumulado. Estos datos sirvieron para calcular la conversión semanal y acumulada de cada unidad experimental, de la misma forma se registró la mortalidad de aves.

Procedimiento estadístico

La comparación entre los diferentes tratamientos (dieta basal con balanceado, dieta basal + 5% de Azolla, dieta basal + 10% de Azolla y dieta basal + 15% de Azolla) para conocer si se presentan o no diferencias estadísticas significativas entre ellos en función de las variables medidas en cada momento de evaluación (Peso vivo acumulado de pollos, ganancia de peso semanal de pollos, consumo de alimento semanal y acumulado, Índice de conversión semanal y acumulado) se realizó mediante el análisis de varianza de un factor Inter grupos. De forma previa se verificó el cumplimiento de los supuestos del ANOVA, normalidad de datos y homogeneidad de varianzas. La prueba de rangos y comparaciones múltiples de Duncan se aplicó para conocer entre que tratamientos se encuentran similitudes o diferencias. En las tablas letras

diferentes en los superíndices de las medias indican que se presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos objeto de estudio.

Resultados y Discusión

Los resultados obtenidos del análisis de los datos en las variables estudiadas se muestran a continuación:

Peso vivo acumulado de pollos

Al analizar la ganancia de peso en el estudio se observa que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos durante las semanas 2, 3, 5, 6 y 7; sin embargo, en la semana 1 y 4 se observa diferencias en el testigo y la inclusión del 15% de *Azolla* fresca, representando en esta última los valores de peso más bajos en comparación con los otros tratamientos, lo que se repite durante toda la investigación. En la última semana el valor aritmético del testigo fue superior con 3864,98 g, en segundo lugar, la inclusión del 5% con 3853,85 g, luego el 10% alcanzó el tercer lugar con 3817,13 g, y finalmente la inclusión del 15% obtuvo el cuarto lugar con un peso de 3682,26 g, estos resultados probablemente son producto de la inclusión superior de *Azolla*, la misma que contiene alrededor del 10% de fibra, lo que excede la cantidad de fibra necesaria en la alimentación de pollos para carne, estas aves soportan un 4% de fibra en su alimentación (Tabla 1).

Tabla 1: Efecto de la alimentación con inclusión de *Azolla* en el peso vivo acumulado de pollos (g) en las diferentes semanas de evaluación.

Se-mana	p-valor	Inclusión de Azolla (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
0	0,431	44,35 a	43,58 a	43,58 a	43,50 a
1	0,047	204,48 a	193,53 ab	188,20 ab	183,85 b
2	0,353	539,83 a	547,30 a	525,75 a	521,68 a
3	0,304	1028,40 a	1025,68 a	1076,10 a	1034,38 a
4	0,049	1632,60 a	1611,20 ab	1609,54 ab	1524,85 b
5	0,380	2560,18 a	2441,20 a	2477,18 a	2421,85 a
6	0,259	3251,68 a	3219,03 a	3209,43 a	3070,54 a
7	0,327	3864,98 a	3853,85 a	3817,13 a	3682,26 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p -valor $\leq 0,05$.

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados tienen similitud con datos obtenidos por Singh & Subudhi (1978), quienes recomiendan la utilización de *Azolla pinnata* hasta un 5% en la alimentación de aves. De la misma forma Kumar et al. (2018), quienes trabajaron con *Azolla pinnata* seca obtuvieron resultados significativos utilizando 5 y 7.5% en el alimento. Así mismo Kamel & Hamed. (2021). Consiguieron mayor peso en aves con una inclusión de 12% de *Azolla* seca en su alimentación. De igual forma (El-Ghany, 2020) en su revisión del uso de la *azolla* en la alimentación animal menciona los beneficios generados por esta planta acuática, debido al alto contenido de proteína, vitaminas y fibra digestible.

Peso vivo semanal de pollos

En el análisis de la ganancia de peso semanal se observa que en las semanas 2, 5, 6 y 7 no existe diferencia estadística significativa, pero en la semana 1, 3 y 4 se observa diferencia significativa entre los tratamientos. El peso del Tratamiento con inclusión del 5% de *Azolla* en la primera semana es superior a los otros tratamientos, de la misma forma con la inclusión del 10% en la tercera semana es superior a los demás tratamientos, de igual forma en la cuarta semana el grupo testigo tiene mayor peso, mientras que el tratamiento con inclusión del 15%, el peso es significativamente menor. Estos resultados, tienen una relación directa con las cantidades de *Azolla* utilizadas (Tabla 2).

Tabla 2: Ganancia de peso semanal (g) de pollos de engorde.

Se-mana	p-va-lor	Inclusión de <i>Azolla</i> (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
1	0,030	140,35 b	160,90 a	144,63 b	140,35 b
2	0,892	346,30 a	347,78 a	337,83 a	337,55 a
3	0,049	488,58 ab	478,38 b	550,35 a	512,70 ab
4	0,047	604,20 a	585,53 ab	537,49 ab	490,48 b
5	0,716	927,58 a	830,00 a	867,64 a	900,51 a
6	0,763	691,50 a	777,83 a	732,26 a	648,69 a
7	0,998	613,30 a	634,83 a	607,69 a	611,72 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p-valor ≤ 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el presente estudio difieren con Kumar et al (2018), quienes reportaron diferencia

significativa en la semana 1 y 6, con valores más altos a la inclusión del 5%, 7,5% y 10% de *Azolla* en harina. Asimismo, se obtuvieron incrementos de peso significativamente más alto con la inclusión del 15% de *Azolla* (Samad et al., (2020). Por su parte Kamel y Hamed, (2021), consiguieron los mejores valores con la inclusión del 12% de *Azolla* seca. En Indonesia (Mardhatul Putri Pratama, 2022) investigaron la utilizaron de esta planta acuática en gallinas ponedoras hasta un nivel de 25% con resultados muy adecuados, de la misma forma indican (Geradm Abraham, 2020) que es una alternativa muy importante en la alimentación de aves y en general de los animales.

Determinación de la adición de la *Azolla* spp. sobre el consumo de alimento.

Consumo de alimento semanal

Los resultados en el consumo de alimento demuestran que en las semanas 5 y 6 hay diferencias significativas respecto al consumo de alimento, en estas dos semanas el grupo testigo fue significativamente inferior a los otros tratamientos, de la misma manera en la semana 5 el uso del 5 y 15% de *Azolla*, el consumo fue superior frente a los otros tratamientos, mientras que en la semana 6 la adición del 15% de *Azolla*, tuvo un consumo de aliento superior al resto de tratamientos (Tabla 3).

Tabla 3: Consumo de alimento semanal (g).

Se-mana	p-va-lor	Inclusión de <i>Azolla</i> (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
1	0,992	324,928 a	331,107 a	337,000 a	341,500 a
2	0,898	728,286 a	712,893 a	734,286 a	782,250 a
3	1,000	1273,429 a	1270,500 a	1267,214 a	1277,857 a
4	0,884	1453,214 a	1470,536 a	1460,536 a	1470,571 a
5	0,022	1753,857 b	1871,929 a	1832,429ab	1876,107 a
6	0,049	1958,929 b	2017,964 ab	2013,857 ab	2063,714 a
7	0,437	2329,607 a	2388,143 a	2373,571 a	2387,607 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p-valor ≤ 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Nuestros resultados no difieren con datos obtenidos por Kumar et al. (2018), quienes obtuvieron niveles de consumo superiores con la inclusión de 7,5% seguido por el 10% de inclusión de *Azolla* en harina en la alimentación.

Consumo alimento acumulado

Los resultados del consumo de alimento acumulado se observan diferencias significativas a partir de la 5 semana entre los tratamientos, de manera que la inclusión del 15% de *Azolla* tiene mayor consumo durante todo el proceso en contraposición el grupo testigo quien tiene el menor consumo de alimento (Tabla 4).

Tabla 4: Consumo de alimento acumulado (g).

Se-ma-na	p-valor	Inclusión de <i>Azolla</i> (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
1	0,383	2274,50 a	2317,75 a	2390,50 a	2465,50 a
2	0,233	7372,50 a	7308,00 a	7499,00 a	8013,00 a
3	0,148	16286,50 a	16201,50 a	16369,50 a	17378,50 a
4	0,203	26459,00 a	26495,25 a	26593,25 a	28543,25 a
5	0,048	38736,00 b	39598,75 ab	39420,25 ab	41380,00 a
6	0,047	52448,50 b	53724,50 ab	53517,25 ab	55826,00 a
7	0,049	68755,75 b	70441,50 ab	70132 ab	72539,25 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p-valor \leq 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados difieren a los obtenidos por Samad, Idris, Abu, Meng, y Chwen, (2020), en su estudio para evaluar el efecto de la *Azolla* en el crecimiento y digestibilidad de pollos de engorde, donde indican que no hubo diferencia significativa en términos de consumo de alimento al incluir la *Azolla* en la alimentación con porcentajes del 5, 10 y 15 % respectivamente. En un estudio realizado por (Dev R. Paudel, 2015) obtuvieron un menor coste de producción utilizando la *Azolla* como alternativa alimenticia.

Índice de conversión semanal

Al analizar los resultados obtenidos en el índice de conversión semanal podemos apreciar que solo existió diferencias significativas en las semanas 2, 3 y 4. En la semana 2 la dieta basal la inclusión de *Azolla* al 5 y 10% en el alimento tienen los resultados más bajos en el IC, entendiéndose que mientras menor sea el índice de conversión mejor serán los resultados productivos y económicos, en la semana 3 la inclusión del 10% de *Azolla* tiene el resultado más bajo que los otros tratamientos, mientras que la inclusión al 15% en la semana 4 alcanza el mayor valor y el grupo testigo tiene al valor más bajo. En las semanas 5, 6 y 7 no existen diferencias estadísticas significativas, sin embargo, se observa diferencias numéricas que en un análisis económico tienen un alto impacto (Tabla 5).

Tabla 5: Índice de conversión semanal.

Se-ma-na	p-valor	Inclusión de <i>Azolla</i> (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
1	0,315	1,52 a	1,51 a	1,64 a	1,70 a
2	0,045	1,47 b	1,44 b	1,52 b	1,67 a
3	0,048	1,82 a	1,86 a	1,62 b	1,84 a
4	0,047	1,69 b	1,76 ab	2,19 ab	2,28 a
5	0,146	1,33 a	1,59 a	1,56 a	1,57 a
6	0,200	2,02 a	1,84 a	2,07 a	2,41 a
7	0,647	2,68 a	2,66 a	2,90 a	2,94 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p-valor \leq 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados concuerdan con los estudios de Kumar y otros (2018), quienes registran un índice de conversión más bajo con la inclusión del 5% de *Azolla* seca y los índices más elevados los registran con la incorporación del 7,5 y 10 % respectivamente.

Índice de Conversión Acumulada

El análisis de la tabla 6, que corresponde al índice de conversión acumulado indica que en la semana uno no existe diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos, sin embargo en las siguientes semanas si existe diferencias significativas como es el caso de la inclusión del 15% de *Azolla*, la misma que alcanza valores significativos más altos desde la semana 2 hasta la 7, mientras que en los tratamientos con inclusión del 0% y 5% obtuvieron los valores más bajos en las últimas tres semanas del ensayo (Tabla 6).

Tabla 6: Índice de conversión total (%) en pollos de engorde.

Se-ma-na	p-va-lor	Inclusión de <i>Azolla</i> (%) en la alimentación de pollos			
		Dieta basal	5%	10%	15%
1	0,224	1,18 a	1,17 a	1,32 a	1,30 a
2	0,002	1,37 b	1,34 b	1,43 b	1,54 a
3	0,040	1,58 b	1,58 ab	1,52 ab	1,68 a
4	0,047	1,62 b	1,64 b	1,75 ab	1,87 a
5	0,045	1,51 b	1,62 b	1,68 ab	1,81 a
6	0,039	1,61 b	1,67 b	1,76 ab	1,92 a
7	0,048	1,78 b	1,83 b	1,94 ab	2,08 a

Nota: Letras diferentes ubicadas en los superíndices indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en cada semana para un p-valor \leq 0,05.

Fuente: Elaboración propia

Estos valores que coinciden con Islam y Nashibori (2017), quienes obtuvieron el índice más alto (1,79) en el tratamiento con inclusión del 7% de *Azolla* en harina y el más bajo (1,48) en el tratamiento testigo a base de balanceado, a los 35 días de experimentación. De igual forma Kumar y otros (2018) y Kamel y Hamed (2021), manifiestan que el índice de conversión mejora con la inclusión de *Azolla* seca en la alimentación de pollos de engorde. Sin embargo, nuestros datos son diferentes a los obtenidos por Samad, Idris, Abu, Meng, y Chwen (2020), quienes sostienen que en su trabajo no existió diferencia significativa en el índice de conversión al incluir la *Azolla* en porcentajes del 5, 10 y 15 % respectivamente. (Bairwa, 2023) Este estudio indica que en condiciones de aves de traspatio se pueden utilizar sin problemas hasta un 20% de *Azolla* fresca en su alimentación, siendo una fuente alterna de alimentación económica y de fácil obtención.

Estos resultados son muy interesantes debido a la existencia del producto, el mismo que manejado correctamente puede tener una alta producción y a bajo costo que seguramente será muy beneficioso el uso en la alimentación animal tanto en forma fresca o en harina. La utilización de esta planta acuática permitirá liberar una cantidad notable de materias primas que se utilizan en alimentación humana ayudando a proteger la seguridad alimentaria. Finalmente, el uso de esta materia prima beneficiará a la producción limpia, mejorando las condiciones ambientales contribuyendo a disminuir el efecto invernadero por el uso de agroquímicos necesarios para la agricultura convencional.

Conclusiones

- Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren el uso del 5% de *Azolla* fresca en reemplazo del alimento balanceado en la alimentación de pollos de engorde, sin que afecten los parámetros productivos.
- El peso vivo final de los pollos no presenta diferencias estadísticas significativas, sin embargo, aritméticamente el grupo testigo obtuvo el mejor peso vivo, seguido por el tratamiento 2 con la inclusión del 5%, luego del tratamiento 3 y 4, con inclusiones del 10 y 15% respectivamente.
- Las inclusiones del 10 y 15% de *Azolla* presentan diferencias aritméticas con los otros tratamientos, puesto que no responden positivamente a los valores que se esperan en el peso vivo e índice de conversión, sin embargo, se establece que la *Azolla* fresca tiene una buena aceptación y palatabilidad para las aves.
- Se concluye que la *Azolla* fresca o en harina, posee características nutritivas adecuadas para suplir los requerimientos nutricionales de los animales, constituyendo una fuente de alimentación no convencional muy interesante para la alimentación en el sector avícola.
- El uso de la *Azolla* en la alimentación de las aves no afecta la salud y comportamiento animal, tampoco la

salud del ser humano y algo muy importante es amigable con el medio ambiente.

- Se concluye que el uso de esta planta acuática es una alternativa alimenticia económica que debe ser un factor a tomar en cuenta sobre el uso de materias primas que se usan tanto en la alimentación humana como animal.

Referencias Bibliográficas

- Bairwa, P. L. (2023). Growth performance of Pratapdhan chicks supplemented with fresh *Azolla* in backyard system under the arid condition of Rajasthan. *Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 54(1). doi:<https://doi.org/10.51966/jvas.2023.54.1.30-34>.
- Dev R. Paudel, P. D. (2015). *Azolla* as an economic substitute to soybean based feed for poultry. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology (IJASBT)*, 3(4). doi:[10.3126/ijasbt.v3i4.13636](https://doi.org/10.3126/ijasbt.v3i4.13636).
- El-Ghany, W. A. (2020). A Review on the Use of *Azolla* Species in Poultry Production. *Poultry Research*, 10(2). doi:<https://dx.doi.org/10.36380/jwpr.2020.44>.
- FAO. (2013). *Revisión del desarrollo avícola*. doi:ISBN 978-92-5-308067-0 (PDF)
- Gerard Abraham, P. J. (2020). Perspectives on the utilization of *Azolla-Anabaena* system as feed supplement. *Indian Journal of Animal Sciences*, 90(9). doi:<https://doi.org/10.56093/ijans.v90i9.109441>.
- Islam, M., y Nashibori, M. (2017). Use of multivitamin, acidifier and *Azolla* in the diet of broiler chickens. *Asian-Australas J Anim Sci.*, 30(5), 683-689. doi:[10.5713/ajas.16.0395](https://doi.org/10.5713/ajas.16.0395).
- Kamel, E., y Hamed, E. (2021). Effect of Dried *Azolla* on Growth Performance, Hematological, Biochemical, Antioxidant Parameters, and Economic Efficiency of Broiler Chickens. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*, 9(11), 1886-1894. https://www.researchgate.net/publication/355136545_Effect_of_Dried_Azolla_on_Growth_Performance_Hematological_Biochemical_Antioxidant_Parameters_and_Economic_Efficiency_of_Broiler_Chickens.
- Kumar, M., Dhuria, R., Jain, D., Sharma, T., Nehra, R., & Prajapat, U. (2018). Effect of feeding *Azolla pinnata* on the growth and performance of broiler chicks. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 3284-3290. <https://www.chemjournal.com/archives/2018/vol6issue3/PartAV/6-3-487-338.pdf>
- Mardhatul Putri Pratama, N. M. (2022). Production Performance of Laying Hens given *Azolla microphylla* Fermented with *Lentinus*. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 24(3). doi:[10.25077/jpi.24.3.258-269.2022](https://doi.org/10.25077/jpi.24.3.258-269.2022).

- Méndez-Martínez, Y., Pérez, Y., Verdecia, D., Cortés-Jacinto, E., Cevallos-Falquez, O., y Romero, O. (2019). Efecto de la inclusión de harina de Azolla filiculoides en el crecimiento y supervivencia de alevines de tilapia roja (*Oreochromis mossambicus* x *O. niloticus*). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 53(2), 289-198. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2079-34802019000300289&script=sci_arttext&tlng=es.
- Portela, R. (2017). Especies invasoras (x): Azolla, el asombroso helecho de agua: <https://cienciaybiologia.com/azolla-helecho-agua/#:~:text=Un%20uso%20que%20se%20ha,%2C%20cobre%2C%20zinc%20o%20plo-mo>.
- Rivera, L., Vargas González, O. N., Cun Jaramillo, M., y Delgado Rodríguez, I. (2017). Comportamiento de la azolla (*Azolla* spp.) bajo diferentes condiciones ambientales y de manejo. *Revista Cumbres*, 3(2), 95-105. <https://investigacion.utmachala.edu.ec/revistas/index.php/Cumbres/article/view/192/179>
- Rosales, S. (10 de octubre de 2017). *Estudio de MErcado Avícola enfocado a la Comercialización del Pollo en Pie, año 2012-2014*. <https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/ESTUDIO-AVCOLA-VER-SION-PUBLICA.pdf>.
- Samad, F., Idris, L., Abu, H., Meng, Y., y Chwen, T. (2020). Effects of *Azolla* spp. as feed ingredient on the growth performance and nutrient digestibility of broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. doi:<https://doi.org/10.1111/jpn.13345>.
- Samad, F., Idris, L., Abu, H., Meng, Y., y Chwen, T. (2020). Effects of *Azolla* spp. as feed ingredient on the growth performance and nutrient digestibility of broiler chicken. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. doi:<https://doi.org/10.1111/jpn.13345>.
- Singh, P. K., y Subudhi, B. (1978). Nutritive value of the water fern *Azolla pinnata* for chicks. *Poultry Science*, 378-380. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119550428>.
- Suárez, J., y González, E. (2015). Las plantas acuáticas en un contexto de aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. I. *Azolla* spp. *Pastos y Forrajes*, 21(1), 1-13. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01190067/document>.

03

Comportamiento de la generación diaria de desechos sólidos en la Ciudadela el Maestro, Cantón Pasaje

Performance of the daily generation of solid waste in Ciudadela el Maestro, Cantón Pasaje

Juriko Nathaly Nagua Díaz¹

E-mail: jinnagua_est@utmachala.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9741-4110>

Rigoberto Miguel García Batista¹

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

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

Irán Rodríguez Delgado¹

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

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

Alex German Gia Gadñay²

E-mail: alex.gia@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9277-7196>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

²Universidad da A Coruña, Galicia, España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Nagua Díaz, J. N., García Batista, R. M., Rodríguez Delgado, I. y Gia Gadñay, A. G. (2024). Comportamiento de la generación diaria de desechos sólidos en la Ciudadela el Maestro, Cantón Pasaje.. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 26-32. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

La generación de desechos sólidos urbanos en la actualidad constituye una competencia exclusiva implementación para municipios y entidades encargadas, debido al crecimiento poblacional que acelera el incremento de desperdicios que llegan a los botaderos o rellenos sanitarios. El objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento de la generación diaria de desechos sólidos domiciliarios en casa y negocios en la ciudadela El Maestro, cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador, para ello, se aplicaron entrevista no estructurada a directivos y especialistas y encuesta a habitantes de la ciudadela El Maestro, donde se escogieron aleatoriamente 10 casas de familia y 10 locales comerciales donde se efectuó pesaje, durante una semana, previa clasificación de los desechos sólidos generados. Se alcanzó una mayor generación de desechos sólidos en los locales comerciales (promedio de 6,10 kg) que en las casas de familia (promedio de 2,08 kg). Los residuos sólidos totales domiciliarios alcanzaron los mayores valores los días martes y miércoles; en locales comerciales fue diferente, ya que los días donde se alcanzó la mayor cantidad fue viernes, jueves y sábado. La generación de residuos sólidos en los hogares y locales comerciales puede estar relacionado con los patrones de consumo de alimentos frescos y posterior eliminación.

Palabras clave:

Desecho domiciliario y comercial. Tipo de residuo sólido. Percepción de entrevistados y encuestados.

ABSTRACT

The generation of urban solid waste is currently an exclusive competence of municipalities and entities in charge of implementation, due to population growth that accelerates the increase of waste arriving at dumps or landfills. The study aimed to evaluate the performance of the daily generation of household solid waste in homes and businesses in the El Maestro community, Pasaje canton, province of El Oro, Ecuador. For this purpose, unstructured interviews were conducted with managers and specialists and a survey was conducted with inhabitants of the El Maestro community, where 10 family homes and 10 commercial premises were randomly selected and weighed during a week, after classifying the solid waste generated. More solid waste was generated in the commercial premises (average of 6.10 kg) than in the households (average of 2.08 kg). The total household solid waste reached the highest values on Tuesday and Wednesday; in commercial premises, it was different, as the days where the highest amounts were reached were Friday, Thursday and Saturday. The generation of solid waste in households and commercial premises may be related to patterns of consumption of fresh food and subsequent disposal.

Keywords:

Household and commercial waste, Type of solid waste, Perception of interviewees and respondents.

Introducción

El rápido crecimiento de la población, el desarrollo económico, la industrialización y la modernización han llevado a la necesidad de consumo y eliminación de desechos. La gestión de residuos se ha transformado en una industria importante e indispensable en países desarrollados y en vías de desarrollo, lo cual permite minimizar los impactos negativos en la salud humana y el medio ambiente (Calle-Loyola & Solís-Muñoz, 2021).

El enfoque de consumo moderado es abordar la cuestión del exceso de consumo de las sociedades desarrolladas y los grupos de sociedades, que sigue prosperando la capacidad de Tierra de forma infinita (Costa, 2015).

Es importante destacar que, durante este siglo, existen 20 países más prósperos del mundo han utilizado más recursos naturales y energías no renovables en toda la historia de la humanidad (Vilches & Gil, 2003). Se están produciendo cambios importantes en el medio ambiente ya que se generan demasiados residuos sólidos sin tratamiento ni eliminación adecuada. En Ecuador, la tasa nacional de recolección de residuos sólidos es del 84,2% en las zonas urbanas y del 54,1% en las rurales (Calderón-Cedeño & González-Arteaga, 2020).

La situación de la contaminación ambiental en muchos países ha empeorado actualmente por la gestión insostenible de los desechos sólidos (Trinh et al., 2021). Naghel et al. (2022), esta problemática se caracteriza por una urbanización descontrolada, debido al pobre funcionamiento de los servicios públicos, establecimiento de espacios de consumo (organizado o informal) y falta de materiales y medios humanos, lo que conduce a dificultades de desperdicio gestión (transporte, recolección, eliminación).

El mundo siempre ha generado residuos sólidos, el problema tiende a agravarse debido al crecimiento excesivo de la producción y el consumo de bienes y servicios (Bustos, 2009).

Los impactos ambientales negativos, el problema de la mala gestión de los residuos sólidos en Latinoamérica y Caribe están relacionados con los recursos hídricos superficiales y subterráneos, así como con la contaminación costera, suelo y aire y sus efectos en el paisaje (Galvis, 2016).

Thakur & Kumar, (2022) dentro de la región en la cantidad de residuos domiciliarios por habitante alcanzó valores de 0,63 kg en residuos al día (kg/ha/día); y en los urbanos obtuvieron un valor de 0,96 kg por día, en algunos países siguen utilizando vertederos sin respetar las normas ambientales.

Ecuador, la sociedad lleva décadas afrontando una crisis ambiental. Sin embargo, Villalba et al. (2020) señalan que el sistema de manejo en los residuos es sistemático desde la recolección, manejo y transporte, procesamiento hasta la disposición final. Esto asegura que los residuos estén caracterizados y que determinan el espacio

utilizado para la distribución final, teniendo en cuenta los principios de la gestión integrada (Solís, 2021).

Carvajal et al. (2022), mencionan que, el 72,9% de las autoridades municipales generales en Ecuador, manejaron directamente la gestión de los residuos sólidos a través de las unidades y departamentos. Un 6,3 % de las personas optaron por contratar servicios a las personas municipales y el 20,8% gestionó sus desechos sólidos mediante una asociación; descentralizados (GAD) optaron por depositar los desechos en rellenos con el 46%, mientras que el 36% lo hicieron en vertederos y el 21% utilizaron celdas emergentes. La cantidad promedio diaria recolectada fue de 12897,98 t, con el 90,3 % recogido de manera no diferenciada y de manera diferenciada con 9,7%.

Según el Registro de Información y Ambiental; en el Ecuador existen 72 rellenos sanitarios reconocidos, de los cuales 44 reportan con permisos ambientales y 11 rellenos no cuenta con dicho permiso y 16 se encuentran en proceso de adquisición de la autorización (Negash et al., 2021).

La gestión de los residuos domiciliarios busca el bienestar y la mejora de la calidad de vida de la población y el medio ambiente, a través de una serie de actividades. Se estima disminuir los desechos, aprovechar y darles el valor agregado a sus diferentes recursos; reducir residuos y utilizar residuos. La gestión de residuos domiciliarios se muestra como una herramienta de participación social para la solución de la problemática, donde se combinan herramientas de tipo económicas, tecnológicas, jurídicas y administrativas, y posibilita el mejoramiento de la calidad de vida de la población y de los recursos naturales, por ello, constituye una necesidad actual y un análisis más detallado de la gestión de residuos en el Ecuador en identificar los factores subyacentes y realizar una adecuada medición y reutilización de desechos sólidos de naturaleza orgánica e inorgánica que contribuya en mejorar su situación en el desarrollo sostenible (Candia et al., 2020).

Cobos & Huanga (2022), indican que actualmente el cantón Pasaje, la cantidad de residuos sólidos diariamente, con un promedio de 64,41 T/día. En 2020 a nivel cantonal, la producción per cápita (PPC), se situó aprox. 0,75 kg/h/día. en comparación con los 0,58 kg/h/días registrados por el INEC en 2016

La acumulación excesiva de basura provoca la presencia de vectores que provocan un inadecuado aspecto visual al sitio y provoca riesgos a la salud de los que laboran dentro del botadero como recicladores y guardias, se produce la generación de lixiviados donde un porcentaje es dirigido al sistema de alcantarillado.

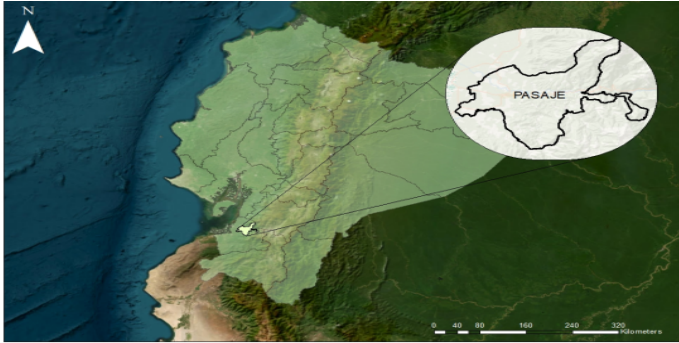
El objetivo del presente trabajo es evaluar el comportamiento de la generación diaria de desechos sólidos domiciliarios en casa y negocios en la ciudadela El Maestro, cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador.

Materiales y métodos

Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Ciudadela El Maestro, perteneciente al cantón Pasaje, provincia de El Oro, Ecuador, situado en las coordenadas 3°19'24" de Latitud Sur y 79°48'57" de longitud Oeste, a una altitud de 30 msnm (Figura 1).

Fig.1. Localización del Cantón Pasaje en el mapa de la provincia de El Oro.



Fuente: Google Maps (2023)

De acuerdo a los resultados del último censo oficial realizado por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador (INEC), el cantón Pasaje, Provincia de El Oro, contaba con una población de 72.806 habitantes, y en la Ciudadela El Maestro presentó alrededor de 200 familias según las proyecciones poblacionales presentado por el Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) en el Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) (INEC, 2010).

Cobos & Huanga (2022), el servicio de manejo de residuos sólidos en el cantón que realiza el GAD Municipal Pasaje, se proporciona a través de la Empresa Pública AGUAPAS E.P., estableciéndose varias maneras de recolección, tratamiento y eliminación de los mismos. Entre los componentes del servicio de aseo público que realiza y ejecuta la Empresa Pública de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo del cantón Pasaje, (AGUAPAS E.P.) se encuentran el barrido manual y mecánico; recolección de desechos sólidos no peligrosos y peligrosos; transporte de desechos sólidos no peligrosos y peligrosos; y tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos y peligrosos.

Diseño del estudio

Estudio observacional o no experimental, transversal, prospectivo y analítico donde la población objeto de estudio estuvo conformada por 200 inmuebles distribuidos entre casas de familias y locales comerciales, de los cuales fueron muestreados 20 (10 domicilios y 10 comercios) durante los siete días de una semana. El cálculo del mínimo tamaño muestral se efectuó mediante el uso de algoritmo matemático y la selección de las unidades de estudio se realizó mediante muestreo aleatorio simple, donde cada casa de familia o local comercial presentó la misma probabilidad de ser elegido.

Recolección de datos

Para obtener la información necesaria se realizó primeramente una visita técnica a la empresa AGUAPAS EP perteneciente al cantón Pasaje, en la cual se ejecutó una entrevista no estructurada a algunos directivos y trabajadores (director de la empresa, especialista en desechos y al jefe de disposición final el ingeniero encargado del pesaje de residuos generados en las diferentes áreas que conforman el cantón) con la finalidad de conocer todo lo relacionado con la recogida, depósito y manejo de los residuos sólidos provenientes de los locales, ya sean casas de familia o locales comerciales donde se generan dichos desechos. Posteriormente se aplicó una encuesta a los habitantes de la ciudadela El Maestro, previamente elaborada y validada por grupo de expertos, conformada por siete preguntas que posibilitaron identificar la percepción de los ciudadanos en relación con el horario en que se realiza la recolección, cantidad de recolectores, horarios de recogida, así como, las toneladas generadas diariamente en el cantón. La encuesta fue aplicada a 60 habitantes de la ciudadela El Maestro, valor obtenido por medio de la utilización de algoritmo matemático y la selección se efectuó mediante muestreo aleatorio simple, donde cada habitante presentó la misma probabilidad de participar en el estudio.

Finalmente, mediante la utilización de balanza digital certificada se efectuó pesaje (kg) del total de residuos sólidos generados diariamente y recolectados en casas de familia y locales comerciales durante los siete días de una semana (lunes a domingo), previamente clasificados en residuos de cartón, vidrio, papel, plástico y desechos orgánicos provenientes de la preparación y cocción de alimentos.

Procedimiento estadístico

Los datos obtenidos en el estudio fueron previamente tabulados y posteriormente procesados con el programa estadístico SPSS en versión 25 de prueba para Windows que tiene una confiabilidad del 95% (alfa=0,005).

La percepción de los encuestados fue resumida mediante el cálculo de las frecuencias absolutas y relativas en función de las categorías de cada ítem. Los datos del pesaje de los residuos sólidos obtenidos en los días de la semana en los domicilios y comercios seleccionados fueron resumidos mediante el cálculo de medidas de tendencia central (media aritmética y desviación típica o estándar).

Para conocer si se presenta o no diferencias estadísticas entre los domicilios y los comercios en relación a la cantidad de residuos sólidos generados de forma general y por cada día de la semana se realizó la prueba t de Student para grupos independientes, previo cumplimiento de los supuestos de normalidad de los datos y homogeneidad de las varianzas.

Resultados y discusión

El propósito de este trabajo consiste en proporcionar una exposición detallada de los resultados obtenidos a través de las entrevistas realizadas con los principales actores de la Empresa Pública de Aguapapas EP. Se llevaron a cabo entrevistas exhaustivas con el director de la entidad, el jefe del área de disposición final del relleno y el jefe responsable del área de los recolectores del relleno sanitario.

El Gerente de la empresa pública municipal, señaló que los residuos orgánicos son clasificados como basura en la Ciudadela El Maestro. Se enfatizó que la problemática de la basura considerándose de baja gravedad dentro de la ciudad, ya que todos los recolectores cumplen rigurosamente con los recorridos y frecuencias establecidas diariamente.

El jefe del área de la disposición final del relleno revela que los residuos orgánicos son depósitos a diario sin separación para reciclaje. Estos residuos se descargan en un área designada, indicando así la existencia de un problema significativo de gestión de basura en la Ciudadela El Maestro. Además, se subraya la importancia de conocer y aplicar las reglas de seguridad e inocuidad en el manejo de estos desechos; así como, la utilización de equipos de protección adecuados. Asimismo, se destaca la existencia de áreas de peaje, donde los vehículos son pesados para obtener registros de las toneladas diarias de residuos que se producen y recogen en la ciudadela El Maestro.

Según el jefe de área de ruta de recolectores del relleno sanitario, los residuos orgánicos son clasificados como basura, y actualmente, se utilizan cuatro unidades operativas debido a defectos en el resto del equipo. Además, señaló que los días feriados y festivos se registra un aumento significativo en la cantidad de desechos; evidenciando así la gravedad del problema de basura en la Ciudadela.

En relación con los encuestados y su percepción sobre los residuos orgánicos son considerados como basura, se observaron que el 92% de las personas encuestadas afirmaron que se consideran estos residuos como basura; mientras, que el 8% restante indicó que no los consideran como basura, diferente a lo obtenido por Bacusoy et al. (2022) en un estudio realizado en la ciudad de Jipijapa, zona urbana, donde señalaron que el 41,7% de las personas encuestadas tenían conocimientos sobre el reciclaje de los residuos orgánicos.

Con base en la percepción de los encuestados, se llevó a cabo con el propósito de evaluar la magnitud del problema de la basura dentro de la Ciudadela El Maestro, en relación con el horario de recolección. Los resultados revelaron que el 73% de los encuestados considera que el problema es de poca gravedad y el 17% indicó que la situación es grave. Se sugiere tener en cuenta el horario de recolección de basura como medida, para evitar la dispersión de residuos en diferentes lugares.

Los resultados de la encuesta, se buscó en determinar si los residuos sólidos deben ser separados o clasificados

dentro de los hogares; el 93% de los encuestados afirmó que si deberían clasificarse los residuos sólidos y el 7% indicó que no deberían separarse; evidencian la necesidad percibida de realizar las respectivas clasificaciones para los residuos sólido. Se observaron que los resultados fueron diferentes a lo obtenido por Morán & Naranjo (2022) en un estudio realizado en la ciudad Jipijapa, con el objetivo de determinar las afectaciones en el sector socioambiental, se afirmó que el 83% de las personas encuestadas no cumplen con la separación de los residuos orgánicos.

En relación con los resultados de la encuesta, se llevó a cabo sobre cuánto tiempo recogen la basura en su barriada, obtuvieron el 70% de las personas encuestadas expresó estar de acuerdo que el carro de la basura realiza la recolección cada 2 o 3 días. Por otro lado, el 20% de los encuestados indicó que la recolección se lleva a cabo pasando 1 día y el 10% realizan la recolección de basura pocas veces, diferente a lo obtenido por Bacusoy et al. (2022), quienes, en un estudio enfocado en conocer el mal manejo de los desechos sólidos, indicaron que el recolector de basura pasa por el barrio dos veces por semana, según el 29,4% de los encuestados.

Los resultados de la encuesta indicaron que, en cuanto el servicio de recolección de basura en la ciudadela, el 93% de las personas encuestadas expresaron estar satisfechas con el servicio; mientras, que el 7% restante manifestó no estar satisfechos con la recolección de basura en la ciudadela.

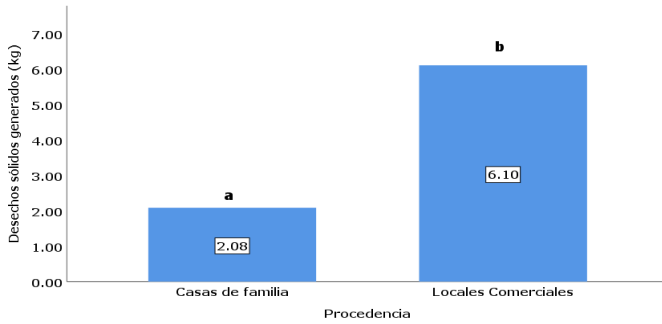
En los resultados de la encuesta, se refleja la opinión de los participantes acerca de la necesidad de implementar medidas de mejoramiento en el trabajo realizado por la empresa AGUAPAS EP. El 93% de las personas encuestadas expresaron que se deben de mejorar los servicios de proporcionados de la empresa; mientras, el 7% indicó que no considera necesario implementar medidas de mejoramiento.

En relación con los resultados de la encuesta sobre cuál sería la causa que los vecinos saquen la basura antes de la hora, indicando que el 70% de los encuestados indicó que la principal razón es la indisciplina; mientras que el 30% restante manifestó que se debe al desconocimiento de la hora establecida. Estos hallazgos subrayan que el incumplimiento de la hora designada para sacar la basura puede llevar a situaciones como la dispersión de residuos en la calle y la posibilidad de que los animales lo destruyan, lo que podría contribuir a la contaminación del entorno.

Residuos sólidos totales

En relación de los desechos sólidos generados obtuvieron mayor valor en locales comerciales (6,10 kg); evidenciando que, en las actividades comerciales, lo que puede contribuir al aumento de residuos sólidos es un aspecto destacado, es estadísticamente diferente en las casas de familia que obtuvieron un valor de 2,08 kg (Figura 1).

Fig. 1. Efecto de la procedencia en la cantidad de desechos sólidos generados en la ciudadela El Maestro.



*Letras diferentes entre la procedencia de la generación de desechos sólidos indican diferencias estadísticas significativas para un p -valor $\leq 0,05$ (según prueba t de Student para grupos independientes).

Fuente: Elaboración propia

Los residuos sólidos totales en domiciliarios alcanzaron el mayor valor el día martes ($\bar{X}=2,469$ kg \pm 2,203 kg), seguido del día miércoles ($\bar{X}=2,398$ kg \pm 1,551 kg) y menor valor es el día el domingo ($\bar{X}=1,463$ kg \pm 0,961 kg); en locales comerciales el mayor valor se obtuvo el día viernes ($\bar{X}=6,783$ kg \pm 2,405 kg); seguido por el día jueves ($\bar{X}=6,398$ kg \pm 2,493 kg) y sábado ($\bar{X}=6,363$ kg \pm 2,288 kg) y menor valor el día domingo ($\bar{X}=5,263$ kg \pm 5,898kg); la cantidad de residuos orgánicos en los hogares durante la semana pueden estar relacionadas con los patrones de consumo de alimentos frescos y su posterior eliminación (Tabla 1).

Tabla 1. Residuos orgánicos totales (kg) generados en domicilios y comercios en cada día de la semana.

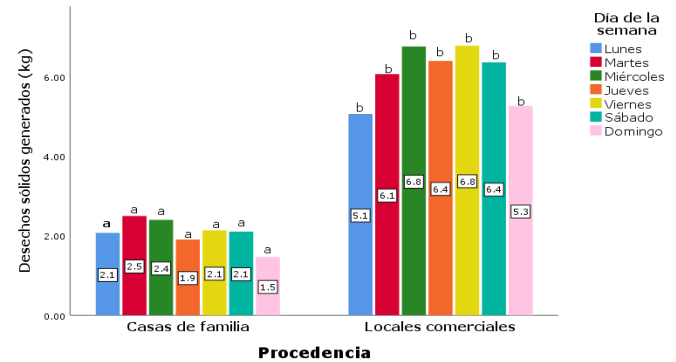
Día de la semana	Procedencia	n	Promedio	Desviación estándar	Error estándar de la media
Lunes	Domiciliarios	10	2,070	1,178	0,372
	Comercio	10	5,064	2,554	0,807
	Total	20	3,567	2,471	0,552
Martes	Domiciliarios	10	2,496	2,203	0,696
	Comercio	10	6,067	2,093	0,662
	Total	20	4,281	2,780	0,621
Miércoles	Domiciliarios	10	2,398	1,551	0,490
	Comercio	10	6,762	2,627	0,830
	Total	20	4,580	3,069	0,686
Jueves	Domiciliarios	10	1,904	1,259	0,398
	Comercio	10	6,398	2,493	0,788
	Total	20	4,151	3,001	0,671
Viernes	Domiciliarios	10	2,133	0,965	0,305
	Comercio	10	6,783	2,40597	0,760
	Total	20	4,458	2,978	0,666

Sábado	Domiciliarios	10	2,103	0,841	0,266
	Comercio	10	6,363	2,288	0,723
	Total	20	4,233	2,755	0,616
Domingo	Domiciliarios	10	1,463	0,961	0,304
	Comercio	10	5,263	5,898	1,865
	Total	20	3,363	4,551	1,017

Fuente: Elaboración propia

Los desechos sólidos generados en la procedencia de las casas de familia alcanzaron el mayor valor el día martes (2,5 kg), no presentan diferencias estadísticamente, ya que en el día miércoles obtuvo un valor de 1,9 kg y el menor valor es el día domingo (1,5kg). Sin embargo, en los locales comerciales no presentan diferencias estadísticamente significativas, ya que en el día miércoles y viernes presentaron un mayor valor de 6,8 kg, seguido por el día jueves y sábado que alcanzaron valores de 6,4 kg y el menor valor del día de la semana es el lunes (5,1 kg), respectivamente (Figura 2).

Fig. 2. Efecto de la procedencia y el día de la semana en la cantidad de desechos sólidos generados en la ciudadela El Maestro.



*Letras diferentes, entre los días de la semana, en función de la procedencia de la generación de desechos sólidos indican diferencias estadísticas significativas para un p -valor $\leq 0,05$ (según prueba t de Student para grupos independientes).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en los domicilios muestran que el mayor valor corresponde a los desechos orgánicos (0,379 kg); se evidencia que las personas tienden a desear estos residuos diariamente, sin realizar ningún uso como abono orgánico. En cartón obtuvieron un valor de 0,189 kg y los vidrios presentaron el menor valor de 0,015 kg. En los lugares comerciales, se observó que el mayor valor corresponde a los desechos orgánicos (0,702 kg), señalándose que todos los residuos orgánicos son descartados en la basura, sin considerar su potencial para el reciclaje o compostaje. El cartón presentó un valor de 0,408 kg y menor valor es el vidrio (0,170 kg); indicando que el reciclaje de residuos orgánicos puede ser una forma práctica y eficaz de contribuir a la protección del medio ambiente y fomentar el desarrollo sostenible (Tabla 2).

Tabla 2. Residuos domiciliarios y comerciales generados por tipo de desecho sólido.

Procedencia de desechos	Tipo de desecho sólido	n	Pro-medio (kg)	Des-viación estándar	Error estándar de la media
Domiciliarios	Vidrio	70	0,015	0,056	0,006
	Papel	70	0,188	0,236	0,028
	Cartón	70	0,189	0,201	0,024
	Plástico	70	0,150	0,188	0,022
	Desechos orgánicos	70	0,379	0,343	0,041
	Total	350	0,184	0,252	0,013
Comercio	Vidrio	70	0,170	0,385	0,046
	Papel	70	0,330	0,458	0,054
	Cartón	70	0,408	0,255	0,030
	Plástico	70	0,399	0,892	0,106
	Desechos orgánicos	70	0,702	1,297	0,155
	Total	350	0,402	0,777	0,041

Fuente: Elaboración propia

Los resultados del peso de residuos orgánicos en lugares domiciliarios muestran que los mayores valores se obtuvieron en desechos orgánicos (0,379 kg) y cartón (0,189 kg), fueron inferiores a lo obtenido por Boggiano (2021) en un estudio realizado en Perú; donde alcanzaron los valores en desechos orgánicos (0,131 kg) y cartón (0,042 kg), diferente a lo obtenido por Herrera-Murillo et al. (2016) en San José, Costa Rica, quienes reportaron un valor de 0,015 kg en cartón y 0,018 kg en cartoncillo.

Los lugares comerciales, se presentaron que los mayores valores en desechos orgánicos (0,702 kg), seguido por el cartón (0,408 kg) inferiores a lo obtenido por Boggiano (2021), en un estudio realizado en la Ciudad de Trujillo-Perú, con el objetivo de caracterizar y diagnosticar los residuos sólidos; obtuvieron valores en los desechos orgánicos (0,481 kg) y cartón (0,080 kg) en lugares comerciales; además, difieren a lo reportado por Fierro et al. (2010) realizaron un estudio en México; quienes generando un mayor valor en el cartón (0,450 kg) y desechos orgánico (0,080 kg), respectivamente.

Los resultados del peso de residuos los orgánicos en domiciliarios, obtuvieron un mayor valor en el día martes (2,496 kg), fueron superiores a los obtenido por Toscano (2023) en un estudio realizado en el cantón Quevedo, donde se evaluaron los residuos sólidos domiciliarios en el desarrollo sostenible; alcanzaron valores máximo el día lunes (0,240 kg) y el día sábado (0,220 kg), respectivamente.

Los resultados de los residuos orgánicos en los comercio, alcanzaron el mayor valor el días miércoles (6,762 kg) y viernes (6,783 kg) diferente a lo obtenido por Ariza-Díaz et al. (2020) en un estudio realizado en Cartagena, donde se evaluó el manejo de residuos sólidos en la comunidad

Fredonia, obtuvieron un valor promedio de 48,67 kg en residuos orgánicos.

Conclusiones

Se demostró que los desechos sólidos generados obtuvieron el mayor valor en locales comerciales (6,10 kg) diferente estadísticamente al promedio obtenido en residuos domiciliarios (2,08 kg). Los residuos sólidos totales en domiciliarios alcanzaron el mayor valor el martes **y miércoles; en los locales comerciales el mayor valor se obtuvo** el día viernes, jueves y sábado. La generación de residuos sólidos en los hogares durante la semana puede estar relacionadas con los patrones de consumo de alimentos frescos y su posterior eliminación.

Desarrollar programas de educación y concientización ambiental para la comunidad, donde se destaque la importancia de una adecuada segregación de residuos e involucrar activamente a las comunidades locales en la toma de decisiones sobre la gestión de los residuos, y permita promover la participación y la responsabilidad ambiental en el cuidado y preservación del ambiente.

Referencias bibliográficas

- Ariza-Díaz, A., Sánchez-De La Torre, V., Bahamón-Restrepo, A., Díaz-Mendoza, C., & Pasqualino, J. (2020). Diagnóstico comunitario para manejo integral de residuos sólidos. Estudio de caso: Barrio Fredonia, Cartagena. *Produccion y Limpia*, 15(2), 153–174. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n2a10>
- Bacusoy, D., Sisalima, J., Vera, S., & Lucio, L. (2022). Contaminación por desechos en la zona urbana de la ciudad de Jipijapa. *UNESUM-Ciencias. Revista Científica Multidisciplinaria. ISSN 2602-8166*, 6(3), 138–149. <https://doi.org/10.47230/unesum-ciencias.v6.n3.2022.434>
- Boggiano, M. (2021). Diagnóstico y caracterización de los residuos sólidos domiciliarios de la ciudad de Trujillo-Perú, 2019-2020. *Revista Ciencia y Tecnología*, 17(3), 61–72. <https://doi.org/10.17268/rev.cyt.2021.03.05>
- Bustos, C. (2009). La problemática de los desechos sólidos. *Economía*, 27, 121–144. http://iies.faces.ula.ve/Revista/Articulos/Revista_27/Pdf/Rev27Bustos.pdf
- Calderón-Cedeño, V., & González-Arteaga, C. (2020). Estudio del manejo de los desechos sólidos y su impacto en la población de la parroquia San Lorenzo-Cantón Manta periodo 2016. *Aebitrada Multidisciplinaria de Posgrado y Cooperación Internscional.*, 3(6), 12–20. <https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/claro/article/view/134/259>
- Calle-Loyola, J., & Solís-Muñoz, J. (2021). Estudio del manejo de desechos sólidos e impacto en la población de La Troncal, Ecuador. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología.*, VII(3), 1082–1110. <https://doi.org/10.35381/cm.v7i3.652>

- Candia, D., Cid, D., Rojas, J., & Sepúlveda, G. (2020). Política de Gestión y Reciclaje de Residuos Domiciliarios en la comuna de Villarrica. *RTR. Revista Territorios y Regionalismos*, 4(4), 1–10. <https://doi.org/10.29393/rtr4-14pgdc40014>
- Carvajal, H., Teijeiro-Álvarez, M., García-Álvarez, M., & Vite, H. (2022). Modelo de gestión del manejo de residuos sólidos urbanos en la provincia de El Oro, Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(6), 314–321. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n6/2218-3620-rus-14-06-314.pdf>
- Cobos, K., & Huanga, R. (2022). Caracterización de los residuos sólidos urbanos y propuestas para su aprovechamiento en la ciudad de Pasaje, El Oro. *Universidad Politécnica Selesiana*, 126. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22965/1/UPS-CT009999.pdf>
- Costa, P. (2015). Consumo responsable: Educadores por la sostenibilidad. *Rev. Eureka. Enseñ. Divul. Cien*, 4(1), 189–192. <https://www.redalyc.org/pdf/920/92040112.pdf>
- Fierro, A., Armijo, C., Buenrostro, O., & Valdez, B. (2010). Análisis De La Generación De Residuos Sólidos En Supermercados De La Ciudad De Mexicali, México. *Rev. Int. Contam. Ambient*, 26(4), 291–297. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v26n4/v26n4a4.pdf>
- Galvis, J. (2016). Residuos sólidos: problema, conceptos básicos y algunas estrategias de solución. *Revista Gestión y Región*, 101–118. <https://revistas.ucp.edu.co/index.php/gestionregion/article/view/149/146>
- Herrera-Murillo, J., Rojas-Marin, J., & Anchia-Leiton, D. (2016). Tasas de generación y caracterización de residuos sólidos ordinarios en cuatro municipios del área metropolitana Costa Rica. *Revista Geografica De America Central*, 57, 235–260. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/8902/10203>
- Morán, J., & Naranjo, C. (2022). Afectación de las condiciones socio ambientales en la ciudad de Jipijapa a consecuencia del mal manejo de los residuos sólidos. *MQR Investigar*, 6(4), 46–67. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.4.2022.46-67>
- Naghel, M., Farhi, A., & Redjem, A. (2022). Household Waste Management Challenges. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 12(3), 8675–8682. https://www.academia.edu/103423847/Household_Waste_Management_Challenges
- Negash, Y., Sarmiento, L., Tseng, M., Lim, M., & Ali, M. (2021). Engagement factors for household waste sorting in Ecuador : Improving perceived convenience and environmental attitudes enhances waste sorting capacity. *Resources, Conservation and Recycling*, 175. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105893>
- Solis, N. (2021). Percepción ciudadana sobre el sistema de recolección de desechos sólidos mediante ecotachos en el barrio san alfonso, cantón riobamba. *KIRÓS, Revista de Ciencias Económicas, Jurídicas y Administrativas.*, 4(6), 70–81. <https://doi.org/https://doi.org/10.37135/kai.03.06.05>
- Solis, N. (2021). Percepción ciudadana sobre el sistema de recolección de desechos sólidos mediante ecotachos en el barrio San Alfonso, cantón Riobamba. *Revista De Ciencias Económicas, Jurídicas Y Administrativas*, 4(6), 70–81. <https://doi.org/10.37135/kai.03.06.05>
- Thakur, P., & Kumar, S. (2022). Evaluation of e-waste status, management strategies, and legislations. *International Journal of Environment Science and Technology*, 19, 6958–6966. <https://es.scribd.com/document/629472514/Evaluation-of-e-Waste-Status-Management-Strategies-And-Legislations>
- Toscano, D. (2023). Gestión ecoeficiente de residuos sólidos domiciliarios para el desarrollo sostenible del cantón Quevedo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria Pentaciencias*, 5(6), 586–602. <https://editorialalema.org/index.php/pentaciencias/article/view/878/1209>
- Trinh, L., Hu, A., & Pham, S. (2021). Situation, challenges, and solutions of policy implementation on municipal waste management in Vietnam toward sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su13063517>
- Vilches, A., & Gil, D. (2003). Construyamos un futuro sostenible Diálogos de supervivencia. *ResearchGate*, 1–11. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=152653>
- Villalba, M. E; Geske, A; Quadros, L; Scholten, P. (2020). Towards a typology of inter-municipal cooperation in emerging metropolitan regions . A case study in the solid waste management sector in Ecuador Towards a typology of inter-municipal cooperation in emerging metropolitan regions. A case study in the soli. *Cogent Social Sciences*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/23311886.2020.1757185>

04

Comportamiento del análisis físico, químico y microbiológico del agua en el Cantón Camilo Ponce Enríquez

Behavior of the physical, chemical and microbiological analysis of water in the Camilo Ponce Enríquez Canton

Mauricio Pavel Guanuche Granda¹

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1816-6014>

E-mail: mguanuche2@utmachala.edu.ec

Rigoberto Miguel García Batista¹

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

E-mail: rmgarcia@utmachala.edu.ec

Irán Rodríguez Delgado¹

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

E-mail: irodriguez@utmachala.edu.ec

Alex German Gia Gadña²

E-mail: alex.gia@udc.es

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9277-7196>

¹Universidad Técnica de Machala, El Oro, Ecuador.

²Universidad da A Coruña, Galicia, España.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Guanuche Granda, M. P., García Batista, R. B., Rodríguez Delgado, I. y Gia Gadña, A. G. (2024). Comportamiento del análisis físico, químico y microbiológico del agua en el Cantón Camilo Ponce Enríquez. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 33-41. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El trabajo se realizó en el Cantón Camilo Ponce Enríquez, provincia del Azuay en Ecuador. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas mediante técnicas de análisis de laboratorio del agua destinada para consumo humano. Para el trabajo, se empleó los informes técnicos de laboratorio del año 2023, de donde realizó la comparación de cada uno de los diferentes parámetros físico-químicos y microbiológicos: como color, conductividad, turbiedad, temperatura, pH, salinidad, resistibilidad, sólidos totales disueltos, arsénico, cloro, cobre, cromo, fluoruros, nitratos, nitritos, hierro, sulfatos; microbiológicos como coliformes fecales para de esta forma determinar si el agua está apta para su consumo. Los resultados que se tomaron en consideración son comparados con los valores de referencia. Una vez realizada la comparación, podemos decir que la mayoría de los parámetros físico-químicos cumplen con los valores de referencia para límites máximos permisibles en agua para consumo humano y el parámetro de color no cumple con los valores de referencia en cada una de las muestras analizadas (captación, planta de tratamiento y red domiciliaria). Uno de los factores por lo cual este parámetro se encuentra fuera de los rangos son las lluvias de manera permanentes en el cantón, las que pueden arrastrar sedimentos y esto hace que se vuelvan demasiado turbias y alteren su calidad. Además de eso, pueden ser que los componentes disueltos y suspendidos durante su recorrido afecten de manera directa.

Palabras clave:

Contaminación, Calidad de agua, Valores de referencia.

ABSTRACT

The study was carried out in the Camilo Ponce Enríquez canton, Azuay province, Ecuador. The study aimed to assess the behavior of physical, chemical and microbiological properties through laboratory analysis techniques of water intended for human consumption. For the work, the technical laboratory reports of the year 2023 were used to compare each of the different physical-chemical and microbiological parameters such as color, conductivity, turbidity, temperature, pH, salinity, resistibility, total dissolved solids, arsenic, chlorine, copper, chromium, fluorides, nitrates, nitrites, iron, sulfates; microbiological parameters such as fecal coliforms to determine if the water is suitable for consumption. The results taken into consideration are compared with the reference values. After the comparison, we can say that most of the physical-chemical parameters comply with the reference values for maximum permissible limits in water for human consumption and the color parameter does not comply with the reference values in each of the samples analyzed (catchment, treatment plant, and domestic network). One of the factors for which this parameter is out of range is the permanent rains in the canton, which can drag sediments and this makes the water become too turbid and alter its quality. In addition, dissolved and suspended components can directly impact the quality of the water.

Keywords:

Pollution, Water Quality, Reference Values.

Introducción

El desarrollo de las actividades mineras ha llevado a la contaminación de aguas superficiales y subterráneas, afectando drásticamente otras actividades como la agricultura o los sistemas de abastecimiento de agua potable (Jiménez-Oyola et al., 2021)heavy metal(loid).

Cortes et al. (2020) establecen que el agua es esencial para la vida humana, vegetal y animal; es fundamental para el desarrollo agrícola y la industria del país, ya que, su abundancia o escasez determina el potencial de producción de la zona, pero el hombre afecta los recursos y calidad del agua, pues a medida que la población se incrementa, la necesidad de abastecimiento del recurso vital es mayor.

Actualmente uno de los problemas más preocupantes a nivel mundial, esto se debe a la contaminación y la reducción de la disponibilidad de agua; ya que, al consumo de agua contaminada puede enfermar a las personas, entre las que se encuentran problemas estomacales, fiebre, malaria, etc. (Valdiviezo et al., 2021).

Se debe realizar monitorear continuamente las diversas fuentes a agua que utilizan las personas; con la finalidad de reconocer el factor de riesgo y la caracterización físico-químico y microbianas presentes en la fuente de sistema de agua potable, que pueden afectar a la salud humana de forma directa o indirecta (Gonzales et al., 2023).

Actualmente, el agua residente que recorren a través del sistema de conducción, son transportadas a través de tuberías dañadas y con grietas que filtran materias extrañas, que provoca gran cantidad de coliformes en este importante líquido.

Las características físicas, químicas y biológicas del agua determinan su calidad, y pueden ser modificadas por procesos naturales o antrópicos (Sánchez y Guangasig, 2023). Las fuentes de aguas superficiales constituyen eje fundamental del desarrollo de los seres humanos ya que permite el abastecimiento en las diferentes actividades socioeconómicas que se realizan en los asentamientos poblaciones, siendo sometidas a contaminación de sistemática (Custodio et al., 2020).

La calidad del agua es un indicador confiable para determinar la salud de la población, siendo que, en la mayoría de países en desarrollo, el riesgo sanitario en el agua es bastante marcado, asociado principalmente a un inadecuado saneamiento (Pineda et al., 2019)físico química y de metales (Ca, K, Fe, Mn, Mg. Por ello, es necesario evaluar la calidad del agua, especialmente cuando se destina al consumo humano.

La evaluación se realiza considerando la relación entre la calidad del agua y su impacto en la seguridad y potabilidad de los recursos hídricos en relación de las características física-química y biológica, con relación de las normas videntes ecuatorianas(Álava-Rosales et al., 2021). La

gestión en calidad del agua potable debe garantizar su seguridad y la prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa procedencia o de mala calidad (Marlita y Taboada, 2021).

El acceso al agua potable es esencial para las necesidades humanas y fundamental para el desarrollo social. Sin embargo, la accesibilidad sigue siendo un desafío importante en los países desarrollados (Flores et al., 2019) la presencia de microorganismos patógenos es consecuencias de la contaminación del agua y favorecen la difusión de virus al ser humano, ya que la calidad líquido son afectados para el uso excesivo de químicos agrícolas y las aguas residuales domésticas (Bolaños, 2023).

La minería es una actividad importante para el desarrollo de la sociedad ecuatoriana, si no se implementa adecuadamente, esta actividad humana puede convertirse en una de las mayores fuentes de contaminación. La minería en el sector MAPE, es una e las mayores fuentes de ingreso ya que incrementan el 94% de la producción de oro del país; la mala gestión de residuos provoca la contaminación ambiental (Paz-Barzola et al., 2021).

El cantón Camilo Ponce Enríquez perteneciente a la provincia del Azuay, Ecuador, es un sector minero, con yacimientos metálicos que representa su actividad de mayor explotación, en el cual a medida que se incrementa la extracción de minerales se puede visualizar el deterioro y contaminación de los recursos naturales (aire, suelo y agua) en la zona.

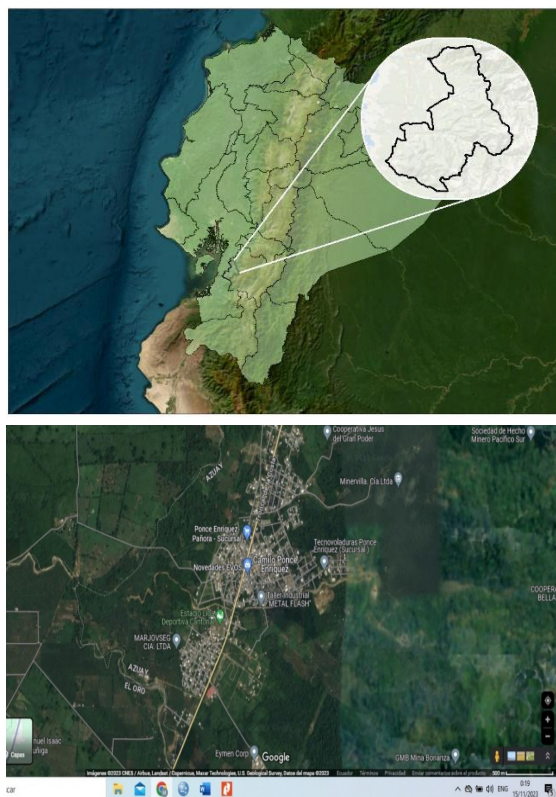
El cantón Camilo Ponce Enríquez es una de las regiones mineras de oro de gran importancia en Ecuador; el registro minero existe un total de 352 concesiones mineras (111 en pequeñas mineras, 233 en la minería artesanal y 8 en libre aprovechamiento); la contaminación en la zona se debe del mal manejo de los desechos mineros. La construcción del 60% de las plantas mineras no cumplen con los estándares de seguridad para garantizar la persistencia en física y químicas, generando diversas escenas de contaminación relacionados con daños a las plantas mineras y las descargas de relaves a los ríos(-Paz-Barzola et al., 2022).

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de las propiedades físico-químicas y microbiológicas mediante análisis en laboratorio del agua utilizada para consumo humano en el Cantón Camilo Ponce Enríquez.

Materiales y métodos

La investigación de tipo observacional, descriptiva y retrospectiva se realizó en el cantón Camilo Ponce Enríquez, ubicado en la región suroeste del Ecuador, provincia de Azuay, el cual cuenta con una superficie de 856 km² y tres cuencas principales: Gala (533 km²), Tenguel (176 km²), Siete (147 km²), además de otros afluentes menores que ocupan el 55,76% de la superficie (Parra, 2022) (Figura 1).

Fig. 1. Vista satelital del Cantón Camilo Ponce Enríquez, Provincia Azuay, Ecuador.



Fuente: Google Maps (2023).

Caracterización de la zona de estudio

El cantón Camilo Ponce Enríquez se encuentra ubicado a una altitud topográfica variable entre 43 y 3680 msnm. El clima es semihúmedo, con temperaturas que oscilan entre los 12 y 30°C (promedio 21,0°C) y precipitación anual entre 1219–1240 mm (promedio anual de 1229 mm), distribuidas en su mayoría entre los meses de enero y julio. La evapotranspiración se encuentra entre 695 y 1485 mm/año, con un promedio de 1090 mm/año (Campoverde-Muñoz et al., 2023). Las principales actividades que se desarrollan en la zona son la minería metálica y la agricultura. El área cuenta con varias plantas de procesamiento minero, incluidas las instalaciones de molienda, separación por gravedad y lixiviación con cianuro.

Recolección de datos

Los datos utilizados en el presente estudio fueron solicitados mediante oficio al Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD) del municipio Camilo Ponce Enríquez dirigido a la Alcandía, donde se dispone de técnicos especializados que realizan la toma de muestras mensualmente, analizadas en el Laboratorio de calidad de agua del municipio. El procedimiento para la toma de muestras se realizó de acuerdo a las normas NTE 2169, 2176 y 2226 del Instituto Ecuatoriano de Normalización del Ecuador (INEN), etiquetadas y trasladadas al laboratorio municipal, del cual

se recibió la información en un archivo en formato Excel, correspondientes a los resultados del año 2023 en relación con las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua con las metodologías utilizadas para cada parámetro (Tabla 1) proveniente de tres puntos (Captación de agua cruda, Planta de tratamiento de aguas con gas cloro, Red domiciliaria) en los cuales se utiliza el recurso natural para consumo humano.

Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y biológicos determinados en el agua y metodologías utilizadas para su determinación.

Parámetros	Unidad de medida	Metodología
Físicos		
Color	Pt-Co	Colorímetro DR300 HACH
Conductividad	µs/cm	Conductímetro
Turbiedad	NTU	Turbidímetro 2100N HACH
Temperatura	°C	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Químicos		
pH	pH	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Salinidad	PSU	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Resistividad	KΩ.cm	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	Multiparámetro portátil HQ30D HACH
Arsénico	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cloro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cobre	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Cromo	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Fluoruro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Nitratos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Nitritos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Hierro	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Sulfatos	mg/l	Espectrofotómetro DR3900 HACH
Biológicos		
Coliformes fecales		Placas de recuento Escherichia coli (COMPACT DRY).

Fuente: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (2023).

Procesamiento de los datos

Con la finalidad de determinar la calidad de aguas utilizadas para consumo humano en diferentes puntos de muestreo (captación de agua cruda, planta de tratamiento de aguas y red domiciliaria) se realizó la descripción estadística de las propiedades físicas (color, conductividad eléctrica, turbiedad y temperatura), químicas (pH, salinidad, resistividad, STD, arsénico, cloro, cobre, cromo, fluoruro, nitratos, nitritos, hierro, y sulfatos) y biológicas (presencia y contenido de coliformes) mediante el cálculo de medidas de resumen de datos (media para las variables numéricas y frecuencias para las variables categóricas). La representación gráfica del comportamiento

de las variables objeto de estudio en cada punto de muestreo se realizó a través de gráficos de caja y sesgos agrupados.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las medias aritméticas obtenidas de los parámetros determinados en el Laboratorio de aguas del municipio del Cantón Camilo Ponce Enríquez determinadas en los puntos de muestros identificados (captación de agua cruda, planta de tratamiento de aguas y red domiciliaria), así como, los LMP establecidos por la norma TULSMA.

Tabla 2. Resumen estadístico de datos (promedio) en los parámetros de calidad de aguas analizados en los diferentes puntos de muestreo.

Parámetros de calidad de aguas	Captación de agua cruda	Planta de tratamiento de aguas	Red domiciliaria	LMP
	Promedio			
Propiedades físicas				
Color	19,25	12,75	207,50	15
Conductividad eléctrica (µs/cm)	55,00	56,34	233,66	400
Turbiedad (NTU)	3,00	2,40	0,36	100
Temperatura (°C)	18,18	18,90	25,80	Condición natural de +0 hasta -3
Propiedades químicas				
pH (unidades de pH)	8,14	7,89	7,90	6,5-8,0
Salinidad (PSU)	0,02	0,02	0,17	NN
Resistividad (KΩ.cm)	20,40	18,68	10,38	NN
STD (mg/l)	27,67	26,12	112,97	1000
Arsénico (mg/l)	0,01	0,01	0,03	0,05
Cloro (mg/l)	0	1,16	0,67	0,3-1,5
Cobre (mg/l)	0,02	0,03	0,03	1,0
Cromo (mg/l)	0,01	0,01	0,02	0,05
Fluoruro (mg/l)	0,05	0,08	0,11	1,5
Nitratos (mg/l)	0,36	0,40	0,73	10,0
Nitritos (mg/l)	0,00	0,00	0,00	1,0
Hierro (mg/l)	0,09	0,16	0,36	1,0
Sulfatos (mg/l)	0,00	0,00	23,66	400
Propiedades microbiológicas				
Presencia de coliformes	No	No	No	
Contenido de coliformes	N/A	Ausencia	Ausencia	

Fuente: Norma TULSMA (2020).

Nota. Límite máximo permisible (LMP). NN (se desconoce el LMP). N/A (no aplica).

Se determinó que la fuente de agua potable estudiada y utilizada para el consumo humano de la población Camilo Ponce Enríquez, desempeñan con los parámetros físico-químicos dentro de la norma TULSMA 2020, a

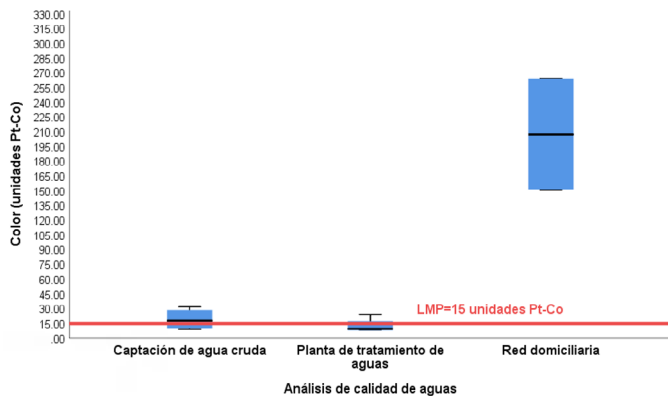
excepción de muestras referentes color, arsénico y cromo presentando aguas muestreadas que superan el límite máximo permisible.

Parámetros físico-químicos

Color

Los análisis de la variable color, manifestó el mayor valor en la red domiciliaria (207,50 Pt-Co) y captación de agua cruda (19,5 Pt-Co), superiores al límite máximo permisible (15 UTC) por la norma TULSMA (Figura 1); presentando una alta concentración del parámetro analizado, que puede estar asociados por el arrastre de sedimentos por la ocurrencia de precipitaciones, lo que puede provocar daños a los seres humanos a través de intoxicación, dolores estomacales y diarrea al momento de consumirlas.

Fig. 1. Comportamiento del color del agua en los diferentes puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos en el presente trabajo en relación con el color del agua alcanzaron valores por encima de 15 Pt-Co (límite máximo permisible por la norma TULSMA), en la red domiciliaria (207,50 Pt-Co), superiores a lo obtenido por Benitez et al. (2016) en un estudio realizado en Maracaibo-Venezuela, alcanzándose valores de 12,33 Pt-Co, sin embargo, fueron similares a lo obtenido en la planta de tratamiento de aguas (12,75 Pt-Co) e inferiores al alcanzado en la captación de agua (19,25 Pt-Co).

Conductividad eléctrica ($\mu\text{s}/\text{cm}$)

Los valores promedios de la conductividad eléctrica obtenidos fueron inferiores al límite máximo permisible (400 $\mu\text{s}/\text{cm}$) establecido por la norma TULSMA, alcanzándose en la red domiciliaria (233,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y planta de tratamiento de aguas (56,34 $\mu\text{s}/\text{cm}$) y punto de captación de agua cruda (55,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$), condición que puede constituir un problema a futuro por las aguas contaminadas, al generarse pérdida de la flora y fauna; además al consumir estas aguas por los seres humanos se puede producir un sabor desagradable; asociados a la ocurrencia de precipitaciones.

La conductividad eléctrica, en el presente estudio, presentó valores por debajo del límite máximo permisible (400 $\mu\text{s}/\text{cm}$), en la red domiciliaria (233,50 $\mu\text{s}/\text{cm}$) fueron superiores a lo obtenido por Poma et al. (2023), en un estudio

realizado en Huancavelica-Perú, con el objetivo de evaluar los parámetros físicos-químicos y biológicos del agua, obtuvieron valores en 30 $\mu\text{s}/\text{cm}$, inferiores a la captación de agua cruda (55,00 $\mu\text{s}/\text{cm}$); y menor a lo reportado por Pérez-López (2016) en la zona de San Ramón (159 $\mu\text{s}/\text{cm}$); evidenciándose que no presenta riesgo para la salud humana.

Turbiedad (NTU)

La variable de turbiedad presentó valores por debajo del límite máximo permisible (100 NTU), en la captación de agua (3,00 NTU), planta de tratamiento de aguas (2,40 NTU) y menor valor en red domiciliaria (0,36 NTU); al presentarse una alta concentración de turbiedad provocaría daños estomacales al ser humano, ya que la cloración no tendría efecto alguno; puede estar asociado por el arrastre de sedimentos dependiendo de las condiciones climáticas.

Los resultados de turbiedad presentaron valores inferiores al LMP (100 NTU), en la captación de agua cruda obtuvieron valores de 3,00 NTU inferiores a lo obtenido por Rosales et al. (2016), en un estudio en Maracaibo-Venezuela, alcanzaron valores de 1,4 NTU, y menor a lo reportado por Poma et al. (2023), quienes realizaron un estudio en Huancavelica-Perú, alcanzaron valores de 5,07 NTU.

Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)

Las variables de la temperatura presentaron valores que se encuentran dentro de los LMP aceptables, obtuvieron valores en la captación (18,18 $^{\circ}\text{C}$), planta de tratamiento de (18,25 $^{\circ}\text{C}$); red domiciliaria de (25,8 $^{\circ}\text{C}$); la temperatura del agua afecta a la cantidad de oxígeno que se encuentra en la misma; cuanto la temperatura es mínima hay mayor cantidad de oxígeno presente y por ende hay mayor presencia de vida acuática.

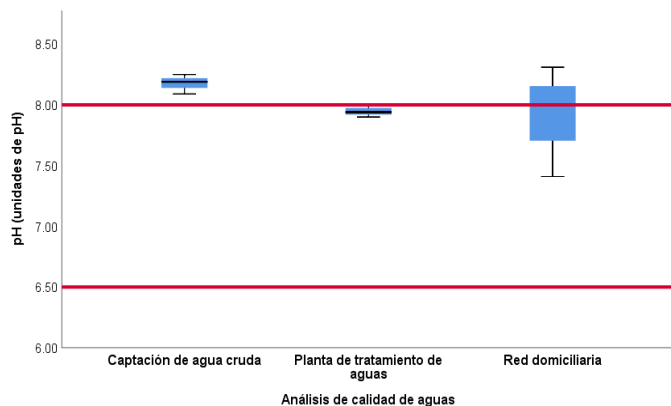
Los valores de las variables estudiadas de la captación, planta de tratamiento y red domiciliaria

son superiores a los de Méndez et al. (2010) donde anuncia que se debe preservar la muestra por debajo de los 10 $^{\circ}\text{C}$ para análisis microbiológicos y ser analizadas antes de las 6 horas para aguas no potables y 30 horas para aguas de consumo y procura retrasar los cambios derivados por agentes químicos, físicos o biológicos, que inevitablemente suceden una vez que se ha empañado en la muestra.

pH (unidades de pH)

Se observó que los valores del pH en la captación de agua (8,14) se encuentra por encima de los LMP (6,5-8,0), con menor valor en la planta de tratamiento (7,89), red domiciliaria (7,90); con la medición del pH nos ayuda a determinar si el agua es muy ácida o alcalina; si sus niveles de alcalinidad fueran demasiado altos el agua tendría un sabor desagradable (Figura 2).

Fig. 2. Comportamiento del pH del agua en los diferentes puntos de muestreo.



Fuente: Elaboración propia

Los valores de pH en la captación (8,14), fueron superiores a los de Mollocondo et al. (2018) en un estudio en Puno-Perú; donde el pH de las aguas desarrolladas se encuentra dentro del límite permisible de 6,8 y 8,1 con una probabilidad del 95% de confianza.

Salinidad

Se observaron que el mayor valor de salinidad es la red domiciliaria (0,17 PSU), al consumir estas aguas provocaría deshidratación y aumento del ritmo cardiaco al ser humano; el menor valor en la captación de agua y planta de tratamiento de aguas con un valor de 0,02 SPU; puede estar asociadas por las actividades antropogénicas

Los resultados de la variable estudiada presentaron mayor valor en red domiciliaria (0,17 PSU) superiores a Díaz (2019) quién presentó un estudio en San Bernardino; obtuvieron valores de 0,05 PDU; evidenciándose que posee una salinidad en agua dulce, indicando que es aceptable para el consumo humano.

Resistividad

La variable resistividad obtuvieron un mayor valor en captación de agua (20,40 KΩ.cm) y menor valor en la red domiciliaria (10,38 KΩ.cm).

muestra los resultados obtenidos en los 29 VES paramétricos y el análisis de las muestras de agua subterránea. muestra una función lineal directamente proporcional entre la resistividad de la capa saturada (R_o) y la resistividad del agua subterránea (R_w); A medida que aumenta la resistividad del agua de los poros, también aumenta la resistividad de la formación. El valor del coeficiente de correlación lineal (R) es superior a 0,9,

STD

Las variables de los sólidos totales disueltos presentaron valores por debajo de los límites máximos permisible (1000 mg/l), indicando que la red domicilia obtuvo un valor de (112,97 mg/l), seguido por la captación de agua

cruda (27,67 mg/l) y menor valor en la planta de tratamiento de agua (26,12 mg/l); cuando presenten altos valores tendría un sabor al momento de beber estas aguas.

Los resultados de los STD se encuentran por debajo de los LMP (1000 mg/l), en red domiciliaria (112,97 mg/l) fueron superiores a los obtenidos por Poma et. al (2023) quienes obtuvieron valores promedio de 111,18 mg/l.

Arsénico

Se observaron que los valores del arsénico, son inferiores al LMP (0,05 mg/l) de la norma TULSMAN, obtuvieron valores en red domicilia (0,03 mg/l) captación y planta de tratamiento de agua (0,01 mg/l); es uno de los metales pesado que se presentan en trabajos de tipo industrial que realiza el hombre, afectaría a todo el entorno que estamos rodeados como la vida humana, animal y vegetal si sobrepasan los valores de los LMP.

Los resultados del arsénico, presento valores por debajo de los límites máximos permisibles (0,05mg/l), en red domiciliaria (0,03 mg/l) fueron inferiores a lo obtenido por Sanz et. al (2001), en un estudio que se realizado en Madrid, que obtuvieron un valor de 12,7 mg/l; en altas concentraciones causaría problemas a la salud humana, ocasionando hipertensión y efectos respiratorios al ingerir estas aguas contaminadas.

Cloro

Se observaron que los valores de las variables del cloro se encuentran dentro de los LMP (0,3-1,5 mg/l), obtuvieron valores en la planta de tratamiento de (1,16 mg/l), seguido por la red domiciliaria de (0,67 mg/l), la cloración es un método que se utiliza para prevenir las enfermedades como le colera, disentería y tifoidea.

Los resultados del cloro presentaron valores dentro de los LMP (0,3-1,5 mg/l), obtuvieron valores en la planta de tratamiento de (1,16 mg/l), fueron superiores a lo obtenido por Bendezu-Quispe et al. (2018), en un estudio realizado en Lima Metropolitana.

Cobre

Los valores de cobre se encuentran por debajo del límite permisible (1,0 mg/l), indicando que en la red domiciliaria y planta de tratamiento de agua obtuvieron un valor de 0,03 mg/l y menor valor en captación de agua cruda (0,0 mg/l), no presenta riesgos para la salud humana.

Los resultados de cobre alcanzaron valores en por debajo del LMP, en planta de tratamiento de aguas (0,03 mg/l) inferiores a Brousett-Minaya et al. (2021) en un estudio realizado en Perú, alcanzaron valores en 0,09 mg/l, respectivamente.

Cromo

Los valores de cromo son inferiores al límite máximo permisible, el mayor valor es la red domiciliaria (0,02 mg/l), seguido por la captación de agua y planta de

tratamiento de aguas (0,01 mg/l); ya que en exceso puede ocasionar irritación de los ojos y garganta al consumir aguas contaminadas.

Los resultados alcanzados del cromo obtuvieron un mayor valor en red domiciliaria (0,02 mg/l), inferiores a lo obtenido por Silva et al. (2022) en estudio realizado en Tungurahua, alcanzaron valores de 0,5 mg/l superiores a la captación de agua cruda (0,01 mg/l).

Fluoruro

La variable de fluoruro es inferior al límite permisible de la TULSMA (1,5 mg/l), el mayor valor en la red domiciliaria (0,11 mg/l) y menor valor en la captación de agua (0,05 mg/l); al tener una concentración elevada de fluoruro puede causar fluorosis, que afecta los dientes y los huesos al ser humano.

Los resultados de fluoruro presentaron mayores valores en la red domiciliaria (0,11 mg/l) superiores a González (2017), en un estudio realizado Chile que obtuvieron valores de 0,6 mg/l inferiores a la captación de agua cruda (0,05 mg/l).

Nitratos

Los valores de nitratos en la red domiciliaria obtuvieron un valor de 0,73 mg/l y la captación de agua cruda alcanzaron un menor valor de 0,36 mg/l, inferiores al límite máximo permisible (10,0 mg/l); ya que en altas concentraciones causaría problemas a la salud humana como dolor estomacales y diabetes, estos residuos son arrastrados en el agua y afectando a la población.

La variable de nitratos presenta un mayor valor en la red domiciliaria (0,73 mg/l) inferiores a lo obtenido por Palma et al. (2014), quienes realizaron un estudio en México, que obtuvieron valores de 10 mg/l se encuentran al límite del rango permisible; ya que al encontrarse por encima del LMP, provocaría una afectación a la sangre en los niños provocándole que no llegue suficiente oxígeno para los tejidos.

Nitritos

Los valores de nitritos son inferiores al límite máximo permisible (1,0 mg/l) de la norma TULSMA, obteniendo los valores de 0,0 mg/l en la captación de agua, planta de tratamiento de aguas y la red domiciliaria; en concentraciones elevadas indican contaminación industrial, por explotaciones ganaderas y principalmente empleo de fertilizantes nitrogenados por riego en sábana, cultivo intensivo y cultivo de invernaderos.

Los resultados del nitrito presentaron valores de 0,0 en captación de agua cruda inferior a Segura-Araya et al. (2017) quienes realizaron un estudio para la Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua en Costa Rica, alcanzaron de 2,85 mg/l; en exceso de nitritos causarían enfermedades como metahemoglobinemia a las personas de ingerir estas aguas, ya que se considera tóxico para el ser humano.

Hierro

La variable del hierro los valores se encuentran por debajo del LMP (1,0 mg/l) de la norma TULSMA; indicando que la red domiciliaria alcanzó un valor de 0,36 mg/l, seguido en la planta de tratamiento de agua (0,16 mg/l) y el menor valor en la captación de agua (0,09 mg/l); en exceso de hierro el organismo puede provocar enfermedades hepáticas además problemas del corazón y provocar la muerte.

Los resultados del hierro el mayor valor se obtuvo en la red domiciliaria (0,36 mg/l) inferior a Baque-Mite et al. (2016) provincia de Los Ríos, Ecuador. Se evaluaron parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en nueve estaciones de bombeo del EPMAAQ, en épocas lluviosa y seca. Se compararon los resultados obtenidos con los valores de referencia establecidos en las normativas (Acuerdo ministerial N° 097 Norma INEN 1108, TULSMA, EPA y OMS) quienes realizaron un estudio en la calidad del agua destinada para consumo humano en el cantón Quevedo; alcanzaron los valores en época lluviosa (0,413 mg/l) y época seca (0,835 mg/l) valores que se encuentra por debajo del límite máximo permisible (1,0 mg/l).

Sulfatos (mg/l)

Podemos observar que el sulfato el valor es la red domiciliaria (23,66 mg/l) inferiores al límite máximo permisible (400 mg/l) de la norma TULSMA; un exceso de la cantidad de sulfatos en el agua no es nocivo para la salud solo provocando unas pequeñas molestias intestinales; el menor valor del sulfato es la captación de agua cruda y la planta de tratamiento de aguas (0,0 mg/l).

Los resultados del sulfato el mayor valor es la red domiciliaria (23,66 mg/l) superior a Bolaños-Alfaro et al. (2017) quienes realizaron los muestreos y análisis de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos para determinar si hay contaminación en el agua potable de los cantones de Alajuela (Costa Rica); alcanzaron valores de 3,8 mg/l inferiores al límite máximo permisible (400 mg/l).

Conclusiones

Se determinó que la fuente de agua potable utilizada para el consumo humano de la población del cantón Camilo Ponce Enríquez, cumple con los parámetros físico-químicos establecidos por la norma TULSMA 2020, a excepción del color y pH, cuyos valores superan el límite máximo permisible, evidenciándose la necesidad de establecer acciones y mecanismos que posibiliten disminuir las posibles afectaciones a la salud de los consumidores. Los parámetros microbiológicos en el agua no cumplen con la normativa, encontrándose valores muy altos en contaminación por *Escherichia coli* total, por ello, se recomienda desinfectar el depósito de agua a tiempo para evitar la contaminación en el camino, garantizar la seguridad del producto final, prevenir factores de riesgo para la salud y promover y proteger la salud humana.

Referencias bibliográficas

- Álava-Rosales, L. M., Marin-Álvarez, L. S., & Gallo-Ibañez, N. C. (2021). Evaluation of the quality of water for human consumption in the lower basin of the Lelia river (Santo Domingo de los Tsachilas -Ecuador). *Dominio De Las Ciencias*, 7(4), 625–648. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8383784>
- Aragonés Sanz, N., Palacios Diez, M., Avello de Miguel, A., Gómez Rodríguez, P., Martínez Cortés, M., & Rodríguez Bernabeu, M. J. (2001). Nivel de arsénico en abastecimientos de agua de consumo de origen subterráneo en la comunidad de Madrid. *Revista Espanola de Salud Publica*, 75(5), 421–432. <https://scielo.isciii.es/pdf/resp/v75n5/a03v75n5.pdf>
- Baque-Mite, R., Simba-Ochoa, L., González-Ozorio, B., Suatunce, P., Díaz-Ocampo, E., & Cadme-Arevalo, L. (2016). Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador. *Revista Ciencia Unemi*, 9(20), 109–117. <https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663826015.pdf>
- Bolaños-Alfaro, J. D., Cordero-Castro, G., & Segura-Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Bolaños-Alfaro, J. D. (2023). Calidad del agua superficial y sus implicaciones con el agua potable en Las Brisas de Zarcerro. *InterSedes*, 24(49), 196–215. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/is/v24n49/2215-2458-is-24-49-196.pdf>
- Campoverde-Muñoz, P., Aguilar-Salas, L., Romero-Crespo, P., Valverde-Armas, P. E., Villamar-Marazita, K., Jiménez-Oyola, S., & Garcés-León, D. (2023). Risk Assessment of Groundwater Contamination in the Gala, Tenguel, and Siete River Basins, Ponce Enriquez Mining Area—Ecuador. *Sustainability (Switzerland)*, 15, 1–14. <https://doi.org/10.3390/su15010403>
- Cortés, M., Peña, M., & Calderón, M. (2020). Comportamiento Del Índice De Riesgo De La Calidad Del Agua Para Consumo Humano Comprendido Entre El Período. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 7, 36–49. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/fnsp/article/view/328946/20791653>
- Custodio, M., Álvarez, D., Cuadrado, W., Montalvo, R., & Ochoa, S. (2020). Potentially toxic metals and metalloids in surface water intended for human consumption and other uses in the Mantaro River watershed, Peru. *Soil and Water Research*, 15(4), 237–245. <https://doi.org/10.17221/152/2019-SWR>
- Flores, H; León, F; García, V; Gilabert, G., & 1. (2019). Evaluación físico, químico y microbiológico de las aguas del río Nanay a orillas de la comunidad de Nina Rumi. *Revista Ciencia y Tecnología*. 15(1), 113–122. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2341/2227>
- Gelvez, D., Rivera, M., & Solano, F. (2020). Analisis Estadístico De Parámetros Hidrometeorológicos, Físicoquímicos Y Microbiológicos Incidentes En La Calidad De La Quebrada Monteadentro. *Revista Ambiental Agua, Aire y Suelo*, 2, 1–8. <https://doi.org/10.24054/19009178.v2.n2.2020.872>
- Gonzales, W., Acharte, L., Poma, J., Sánchez, V., Quispe, F., & Meseguer, R. (2023). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua de consumo humano en seis comunidades rurales altoandinas de Huancavelica-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 25(1), 23–31. <https://doi.org/10.18271/ria.2023.486>
- Jiménez-Oyola, S., Chavez, E., García-Martínez, M.-J., Ortega, M. F., Bolonio, D., Guzmán-Martínez, F., García-Garizabal, I., & Romero, P. (2021). Probabilistic multi-pathway human health risk assessment due to heavy metal(loid)s in a traditional gold mining area in Ecuador. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 224, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112629>
- Marlita, L., & Taboada, M. (2021). Análisis microbiológico del agua para consumo humano de la población del centro poblado pachapiriana, distrito de chontalí, provincia de Jaén– 2019. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 13750–13766. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1355
- Parra, H. (2022). Impactos de la Actividad Minera en el Cantón Ponce Enríquez, Provincia del Azuay, 2010-2020. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.*, 2(3), 906–919. <https://doi.org/10.18502/esepoch.v2i3.11589>
- Paz-Barzola, D., & Escobar-Segovia, K; Garcés-León, D; Altamirano, D. (2021). *Geochemical and Environmental Assessment of Heavy Metals in the Gulf of Guayaquil 2019-2021 Evaluación Geoquímica y Ambiental de metales pesados en el Golfo de Guayaquil 2019-2021*. 1–8. https://laccei.org/LACCEI2023-BuenosAires/papers/Contribution_503_a.pdf
- Paz-Barzola, D., & Escobar-Segovia, K; Jiménez-Oyola, S. (2022). Evaluación de la calidad del suelo en núcleos poblados cercanos a la zona minera aurífera de Ponce Enríquez. *Evaluación de La Calidad Del Suelo En Núcleos Poblados Cercanos a La Zona Minera Aurífera de Ponce Enríquez*, 13(4), 29–38. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.811>

- Pineda, J., Coaquira, D., Coaquira, L., De la Cruz, D., & Jara, M. (2019). Determinación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas de las principales fuentes de consumo en la región Puno. In *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica* (Vol. 1, Issue 4, pp. 71–80). <https://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/62>
- Sánchez, S. A; Guangasig, V. H. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano : La realidad en el Ecuador Microbiological Quality of Water for Human Consumption : The reality Resumen. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 1389. <https://orcid.org/0000-0001-6469-8661>
- Valdiviezo, L., García, F., Cabello, R., Castañeda, C., & Alfaro, E. (2021). Scientometric study of drinking water treatments technologies: Present and future challenges. *Cogent Engineering*, 8(1), 1–38. <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1929046>

05

Pronósticos estadísticos para el estudio de mermas en la comercialización de la UEB Frutas Selectas

Statistical forecasts in the study of losses in the marketing of the UEB Frutas Selectas

Andy-Gleen Cueto Herrera¹

E. Mail: glenn80@nauta.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8793-8154>

Manuel E. Cortés Cortés²

E. Mail: mcortes@ucf.edu.cu

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

¹ UEB Frutas Selectas, Cienfuegos, Cuba.

² Universidad Carlos Rafael Rodríguez, Cienfuegos, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cueto Herrera, A. G. y Cortés Cortés, M. E. (2024). Pronósticos estadísticos para el estudio de mermas en la comercialización de la UEB Frutas Selectas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 42-51. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index/aes>

RESUMEN

La Unidad Empresarial de Base (UEB) Frutas Selectas Cienfuegos experimentó, en los últimos 18 meses, un incremento en la comercialización a lo largo de todo el país, interactuando con diferentes actores económicos que han emergido como parte del ordenamiento económico realizado en Cuba y la apertura de nuevos negocios que ha permitido generar más ingresos al país por este concepto.

Con el incremento de los planes de producción se ha concebido un mayor movimiento de productos agropecuarios, que generan un porcentaje de mermas, que, aunque estén dentro del índice permisible se deben estudiar y controlar para lograr una eficaz gestión de estas y una eficiencia acorde a los indicadores económicos de la entidad, permitiendo una mayor efectividad en el proceso de comercialización, reflejándose en las utilidades del proceso productivo en el trimestre correspondiente.

El objetivo del presente trabajo de investigación es pronosticar de manera sistemática el comportamiento de las mermas en el proceso de comercialización que se desarrolla en la entidad, aplicando modelos estadísticos basados en métodos predictivos cuantitativos, para lograr la toma de decisión rápida y certera en cuanto a reducir al mínimo las pérdidas por calidad de productos agropecuarios.

Palabras clave:

Agricultura, Modelos predictivos, Turismo, Estadística.

ABSTRACT

The Frutas Selectas Cienfuegos Base Business Unit (UEB) has experienced, in the last 18 months, an increase in marketing throughout the country, interacting with different economic actors that have emerged as part of the economic ordering carried out in Cuba and the opening of new businesses that has allowed the country to generate more income from this concept.

With the increase in production plans, a greater movement of agricultural products has been conceived, which generates a percentage of losses, which although they are within the permissible index, must be studied and controlled to achieve effective management of these and efficiency in accordance with the economic indicators of the entity, allowing greater effectiveness in the marketing process, reflected in the profits of the production process in the corresponding quarter.

The objective of this research work is to systematically forecast the behavior of losses in the marketing process that is developed in the entity by applying statistical models based on quantitative predictive methods, to achieve rapid and accurate decision making in terms of reducing to minimize losses due to the quality of agricultural products.

Keywords:

Agriculture, Predictive models, Tourism, Statistics.

Introducción

El ser humano desde sus inicios en el planeta tierra ha presentado necesidades básicas, comida, sustento, abrigo y morada, esto sin duda movió al hombre a la búsqueda de mejoras en sus condiciones de vida, estas estaban ligadas para ese entonces a la funcionalidad que pudiesen brindar. Con el pasar de los siglos el hombre y sus descubrimientos permitieron conocer y desarrollar más y mejores técnicas que desencadenaron un auge en la manera de cómo elaborar productos, que bajo la creciente explosión demográfica que sufría el planeta para esas épocas resultaba necesario mejorar los métodos artesanales de producción, conocido como la época de la industrialización. (Carriel et al., 2022).

Es intrínseco al hombre el deseo de superación, lo cual ha sido el elemento clave para el avance tecnológico y cultural de la humanidad. En este proceso destaca también el propósito de hacer las cosas bien, como algo natural al ser humano. Por su parte los fenicios diseñaron algunos métodos un poco más sofisticados cuya finalidad era eliminar de una vez por todas las posibilidades de que alguien repitiera errores. Para ello, se cortaba la mano del individuo que lo cometía.

A medida que en la edad media surgieron los gremios, las normas de calidad se hicieron más explícitas. Esto pretendía, por un lado, garantizar la conformidad de los bienes que se entregaban al cliente, y por el otro, mantener en algunos grupos de artesanos la exclusividad de elaborar ciertos productos. (Rojas, 2003)

Surge por este entonces las primeras ideas básicas de la calidad, un concepto ampliamente manejado desde los tiempos antiguos, cuando los hombres comenzaron a confeccionar sus propias ropas e indumentaria para cubrir sus cuerpos, a elaborar sus propios utensilios para la caza y la pesca, entre otras labores que implicaban la satisfacción de ciertas necesidades, aunque básicas pero que debían mantener un estándar de funcionalidad y utilidad que pudiese resolver los problemas de comida y vestido para ese entonces, ya allí se comienza a denotar una satisfacción o cumplimiento de estándares, que para ese caso específico puede mencionarse que cumplía estándares de funcionalidad, el concepto de calidad ha ido evolucionando desde la prehistoria hasta la actualidad, pero alcanza su mayor relevancia en la actividad empresarial y en la última mitad del siglo anterior. (Becerra et al., 2019)

La calidad empresarial comprende que se tengan en cuenta las expectativas de los clientes de tal manera que se concreten y superen, lo que a su vez permitirá una mejora continua en la organización, propendiendo por el cumplimiento de los objetivos definidos.

Actualmente, el concepto de calidad empresarial incluye aspectos que van más allá de verificar la calidad de los productos y procesos, tomado como referente también la calidad del servicio, y las necesidades de los clientes.

Asimismo, se encuentran conceptos relacionados como calidad total y excelencia empresarial. Todo este sistema

de calidad igualmente cuenta con un certificado que acredita a la empresa que cumple con los requisitos definidos en las normas o especificaciones técnicas.

A lo largo de los años, se han creado muchas definiciones para el término "calidad empresarial". Todas estas afirmaciones tienen relevancia, pero algunas empresas consideran que ciertos aspectos son más importantes que otros, entre ellos se encuentran:

- Cumplimiento de todos los requisitos o control de calidad.
- Usabilidad, el producto debe ser adaptado a las necesidades y requerimientos del cliente.
- Satisfacer las expectativas del cliente, debido a su importancia debe prestarse especial atención a la opinión del cliente.
- Daño o perjuicio que el uso de un producto o servicio le causa a la sociedad.

Adicionalmente, existe un concepto más preciso de calidad, explícito en las normas ISO 9000:2000, que regulan dichos procedimientos, donde se encuentran dos grupos de requisitos, por un lado, las necesidades establecidas y por otro, las obligatorias.

Igualmente, se requiere de la acreditación de un organismo autorizado que reconozca que la organización está calificada para realizar la evaluación de la conformidad. (Cerem, 2022)

Un tema importante de la calidad corresponde a las mermas.

¿Qué es y en qué ocasiones se produce?

La merma se refiere a la pérdida de materias primas, productos o componentes durante el proceso de producción, almacenamiento, transporte y distribución. Puede ser causada por distintos factores, como problemas de calidad, mala gestión, problemas de inventario o falta de demanda, entre otros. (Supply, 2023)

Existen 5 tipos de mermas:

- Merma comercial
- Merma de calidad
- Merma de proceso
- Merma física
- Merma por robo

Las mermas se consideran inherentes al proceso productivo que hay que analizar, controlar, buscar métodos para pronosticar y lograr disminuir, por cuanto representan gastos financieros y pérdidas físicas de los productos que inciden en los costos de producción y las ganancias.

En las comercializadoras, las mermas se manifiestan como la diferencia entre el registro de inventario y el stock físico de las mercancías. Por lo tanto, un nivel elevado de faltantes puede ser una verdadera pesadilla para las utilidades. La merma cero no existe en ninguna empresa,

ya que es imposible evitar las pérdidas. Pero sí es factible reducir su impacto y mantenerla en niveles óptimos que no afecten la rentabilidad de la entidad. (Bind, 2019)

A nivel internacional y nacional el tema ha sido investigado por diferentes autores como las realizadas por Gómez (2016), Hernández et al., (2016), Santana (2017), Romero et al., (2018), Hidalgo (2019), Ricardo (2019) y Rodríguez (2020) todos marcaron un precedente en cuanto al uso de la estadística en el control de la calidad, sin embargo existen muy pocos estudios referentes a modelos predictivos aplicados al manejo de las mermas con el objetivo de descubrir un patrón en los datos observados y extrapolarlos hacia el futuro.

En general en Cuba se ha investigado poco sobre el uso de estos modelos en el control de las mermas de productos agropecuarios en el sector empresarial del ministerio de la agricultura.

Una entidad comercializadora de este sector en Cienfuegos debe analizar el comportamiento histórico de las mermas de cada uno de sus productos o de todos de manera general y en los casos de los de nueva introducción, evaluar puntualmente las causas de las mismas, hasta tener una muestra estadísticamente aceptable que permita tomar a tiempo decisiones puntuales al respecto pues esto es sinónimo de buenas prácticas del sistema de gestión de calidad implementado y que trae intrínsecamente la eficiencia de la entidad.

La Unidad Empresarial de Base Frutas Selectas radicada en carretera a Palmira Km 3 ½ municipio Cienfuegos, provincia Cienfuegos es la encargada a través de su estructura provincial de la atención al turismo, importante sector económico, comercializando frutas frescas y productos agropecuarios, por tanto, está estrechamente vinculada al compromiso de una atención de calidad aplicando todos estos conceptos.

El proceso de transformación del Modelo Económico Cubano contempla al sector del turismo como una de sus prioridades. Apostando por que la actividad turística tenga un crecimiento acelerado que dinamice la economía, logrando encadenamientos productivos y el incremento de las utilidades. Franco et al.,(2020).

El Sistema de Gestión de la Calidad implementado en esta unidad empresarial garantiza los preceptos del nuevo modelo económico cubano sin embargo, no escapa al antecedente antes referido pues este sistema en cuestión permite la recopilación de datos cuantitativos para evaluar el comportamiento de las mermas generadas semanal y mensualmente, no obstante no se puede observar de manera preventiva la tendencia de estos comportamientos, pues no existe el cómo hacerlo y que nos permita tener además un pronóstico adelantado para la toma de decisión oportuna y certera en la disminución real de las mermas que se generan en el proceso de comercialización, creando una situación colateral de afectación al salario de los trabajadores por estos conceptos.

Para dar solución al problema descrito se propone el uso de métodos estadísticos predictivos con lo cual, utilizando

los datos cuantitativos recopilados periódicamente de las mermas, poder observar su tendencia acompañado de un pronóstico, ya que el éxito de una empresa radica en cuan bien la administración predice el futuro y elabora estrategias apropiadas.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la UEB Frutas Selectas Cienfuegos perteneciente al sector agrícola de la provincia Cienfuegos, se recopiló información de las mermas mensuales generadas en los años 2019, 2020, 2021 con el objetivo de mostrar los gráficos característicos que poseen las mismas, así como sus componentes principales, para la aplicación de los métodos predictivos se utilizó el periodo actual 2022-2023 con el interés de estimar el mes 13.

Para su ejecución se tuvo en consideración referentes teóricos internacionales y nacionales relacionados con la temática tratada, los documentos normativos y manuales del Sistema de Gestión de la Calidad implementados en la entidad así como otros instrumentos regulatorios vigentes.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizaron diferentes métodos y técnicas que permitieron dar respuesta al objetivo propuesto.

Métodos estadísticos – matemáticos.

Para el caso de las ecuaciones de ajuste no lineal:

Se utiliza el método de los mínimos cuadrados para calcular los coeficientes de un polinomio que llega hasta grado 6, con la siguiente forma: según ecuación 1

$$y = f(x) = c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 \dots + c_6x^6 \quad (1)$$

De todos los modelos predictivos que recoge la estadística inferencial se aplicaron los de “Suavización”, pues a decir de Villareal (2019)

- Tienen como objetivo “suavizar” las fluctuaciones aleatorias causadas por el componente irregular de las series de tiempo.
- Este tipo de métodos es apropiado para una serie de tiempo estable, es decir, una que no exhibe efectos significativos de tendencia, cíclicos o estacionales.
- Los métodos de suavización son fáciles de usar y por lo general proporcionan un alto nivel de precisión para pronósticos de corto alcance como un pronóstico para el siguiente periodo.
- Uno de los métodos, la suavización exponencial, tiene requisitos de datos mínimos y por tanto es un buen método para usar cuando se requieren pronósticos para grandes cantidades.

Modelos estadísticos predictivos aplicados.

Promedios móviles simples de orden K: Para merma aleatoria o nivelada pretendiendo eliminar el impacto de elementos irregulares de los k períodos anteriores. según ecuación 2

$$F_{t+1} = \frac{Y_t + Y_{t-1} + \dots + Y_{t-k+1}}{K} \quad (2)$$

El método de los promedios móviles utiliza el promedio de los k valores de datos más recientes en la serie de tiempo como el pronóstico para el siguiente periodo. según ecuación 3

$$F_{t+1} = \alpha Y_t + (1 - \alpha) F_t \quad (3)$$

Y_t : Observación en el período t.

F_t : Pronóstico para el período t.

K: Número de períodos considerados en la serie de tiempo anteriores al pronóstico

Suavización exponencial simple: Para suavizar la serie de tiempo y eliminar fluctuaciones.

Donde se utiliza un promedio ponderado de valores de series de tiempo pasados como pronóstico.

Y_t : Observación en el período t.

F_t : Pronóstico para el período t.

α = Constante de suavizado. Factor de ponderación que permite darle más peso a datos recientes (Alfa más elevado) o a datos anteriores (Alfa más bajo).

Este modelo de pronóstico precisa solo tres tipos de datos: el pronóstico del último período, la merma del último período y el coeficiente de suavización que el investigador la fija.

Suavización exponencial doble: Para modelar tendencias y estacionalidad.

Consiste en realizar dos suavizaciones exponenciales a partir de las cuales se obtiene un pronóstico. El cálculo consiste en aplicar una expresión a los valores observados en la serie de tiempo y luego se realiza una segunda expresión a la serie atenuada obtenida mediante la primera suavización. (Macías, 2021) según ecuación 4

$$\begin{aligned} A_t &= \alpha Y_t + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1}) \\ T_t &= \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\ Y_{t+p} &= A_t + pT_t \end{aligned} \quad (4)$$

A_t = Valor atenuado.

T_t = Tendencia del periodo t.

Y_t = Dato del periodo t (Merma del mes).

Y_t = Pronóstico.

p = Número de períodos a pronosticar al futuro.

α = Constante de suavizado del promedio de los datos. ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = Constante de suavizado de estimación de tendencia. ($0 \leq \beta \leq 1$). β alto responde con más rapidez a los cambios en la tendencia, mientras que un β inferior tiende a suavizar la tendencia actual, dando menos peso a los datos recientes.

Los pasos a seguir en este método son:

- 1.- Hallar el suavizamiento exponencial del período 2
- 2.- Calcular el estimado de la tendencia
- 3.- Hallar el pronóstico del período 2
- 4.- Calcular los mismos parámetros para el período siguiente.

Suavización exponencial triple o modelo de Holt-Winters. Para modelar tendencias, estacionalidad y fluctuaciones aleatorias.

Utiliza tres tipos de suavizado exponencial para ajustar un modelo a los datos históricos y predecir valores futuros. según ecuación 5

$$\begin{aligned} A_t &= \alpha \frac{Y_t}{S_{t-L}} + (1 - \alpha)(A_{t-1} + T_{t-1} + M) \\ T_t &= \beta(A_t - A_{t-1}) + (1 - \beta)T_{t-1} \\ S_t &= \gamma \frac{Y_t}{A_t} + (1 - \gamma)S_{t-L} \\ Y_{t+p} &= (A_t + pT_t)S_{t-L+p} \end{aligned} \quad (5)$$

α = Constante de suavizamiento del promedio de los datos. ($0 \leq \alpha \leq 1$)

β = Constante de suavizamiento de la estimación de tendencia. ($0 \leq \beta \leq 1$)

γ = Constante de suavizamiento de la estacionalidad. ($0 \leq \gamma \leq 1$)

A_t = Valor atenuado en el periodo t.

T_t = Estimación de la tendencia del periodo t.

S_t = Estimación de la estacionalidad en el periodo t.

L = Longitud de la estacionalidad.

p = Número de periodos a pronosticar en el futuro.

Se Utiliza este método cuando se presenta una demanda lineal con un tipo de comportamiento exponencial o periódico en los datos de la serie de tiempo.

Error de pronósticos:

Su cálculo permitirá conocer qué modelo estadístico de pronóstico utilizado en esta investigación es mejor, tomando el que menor error presenta, dándonos con esto un mejor pronóstico.

Error de pronóstico = Merma real del periodo menos valor pronosticado para ese mismo periodo.

Error porcentual medio absoluto (MAPE): Es el promedio del error absoluto o diferencia entre la merma real y el pronóstico y es expresado en porcentos.

$$MAPE = \frac{\sum_{i=1}^n 100|Real_i - Pronóstico_i|}{Real_i} \quad (6)$$

Donde:

La merma real no es más que los datos observados en el periodo estudiado.

El pronóstico es el valor de los datos resultante de la aplicación de un método predictivo.

n= Cantidad de datos que se utilizarán en el pronóstico.

Resultados y discusión

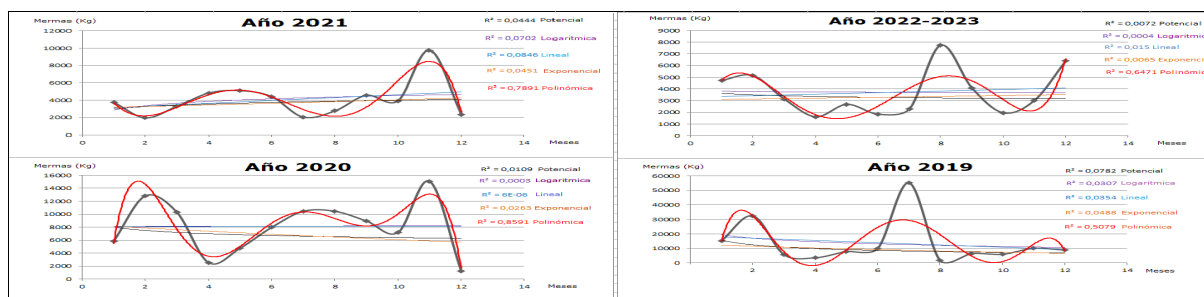
En la amplia revisión bibliográfica realizada se puso de manifiesto el extenso y rico campo del estudio de los métodos predictivos en diferentes áreas de la ciencia y la técnica tanto a nivel internacional como nacional, sin embargo, con relación a la aplicación de estos a procesos de mermas generadas en una empresa comercializadora del sector agrícola no se pudo constatar información que tratara sobre este referente, es por esto que a través de la investigación realizada se expondrán los resultados obtenido del método de estimación que más ajusta a los datos observados perteneciente al periodo 2022-2023 teniendo en cuenta el error porcentual medio absoluto (MAPE) como estimador principal, todo esto realizado en Microsoft Excel 2010®, hoja de cálculo que se encuentra en todo paquete de Office instalado en todos los medios de cómputos de la entidad, donde se encuentran disponibles varios complementos que son muy útiles para realizar cálculos y análisis de datos, todo esto con el objetivo de facilitar su uso en el departamento de calidad donde se realizan las observaciones de las mermas generadas en el proceso de comercialización.

Cuando se distribuyen a las entidades del sector turístico productos agropecuarios perecederos como lo realiza la

2022-2023, en ellas se pueden constatar las características generales que describen sus correspondientes gráficos de acuerdo a los datos observados.

Es importante destacar que las tendencias descritas en las series temporales graficadas no son lineales, pues como se puede notar a simple vista están muy lejos de seguir una línea recta, además se utilizó el coeficiente de determinación que es la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión, y que refleja la bondad del ajuste de un modelo a la variable que pretende explicar.

Fig. 1. Comportamiento de diferentes series de tiempos observadas en los últimos 4 años.



UEB Frutas Selectas Cienfuegos se generan mermas que pueden estar o no dentro del índice permisible indicado, por ende, aprender a gestionarlas con efectividad resultará ideal para evitar pérdidas económicas y optimizar el control de inventario.

Para el logro de esto, lo primero a realizar es el estudio preliminar de las series temporales graficadas, pues es la forma más efectiva de identificar efectos de sucesos que inciden en los datos, de ser posible, estos eventos deben ser ajustados o incluidos en el modelo, de esta manera se muestra a priori las características más importantes que la componen, siendo estas: tendencia, estacionalidad, fluctuaciones cíclicas entre otras.

Con el objetivo de conocer el comportamiento de tendencias de las mermas en la UEB Frutas Selectas Cienfuegos y tener como antecedentes patrones de comportamiento de estas, se tomaron diferentes períodos de tiempos, los cuales fueron 2019, 2020, 2021 y 2022-2023.

Las principales particularidades que mostraron las series observadas revelaron un comportamiento peculiar, denotan una tendencia no lineal bien acentuada en todos los casos, presentan una débil estacionalidad y fluctuaciones cíclicas escasamente marcadas, esto debido, a que sobre los datos observados influyen importantes factores, como son los de índoles naturales, económicos y más específicamente los inherentes al propio sistema de comercialización de la entidad como son los problemas de calidad en la compra de los productos agropecuarios, mala gestión de venta o beneficio de las mismas, así como problemas de inventario o falta de demanda de un determinado producto, estos influyen impactantemente sin importar la época o estación del año pudiendo provocar en cualquier instante con mucha o poca frecuencia un aumento o disminución de las pérdidas por concepto de mermas en la UEB.

La figura 1 muestra el comportamiento de series de tiempo que corresponden a los periodos 2019, 2020, 2021 y

Fuente: Elaboración Propia

Es significativo conocer que el resultado del coeficiente de determinación fluctúa entre 0 y 1, cuanto más cerca de 1 se ubique su valor, mayor será el ajuste del modelo a la variable que estamos intentando explicar. Por otra parte, cuanto más cerca de cero se encuentre, menos ajustado estará el modelo y, por tanto, menos fiable será.

Para el estudio realizado en la determinación del tipo de tendencia mejor ajustada a los datos del gráfico se utilizaron las técnicas automatizadas existentes en el software Microsoft Excel 2010®, siendo estas las de tendencias exponencial, lineal, logarítmica, polinómica y potencial, se puede ver en la figura 1 el valor que alcanzó cada uno de ellos y en la tabla 1 podemos observarlos de forma resumida explicando la relación no lineal entre las dos variables que se plantean (Mermas con relación al tiempo).

Tabla 1. Resumen de los valores de ajuste de las tendencias.

Tendencia	Año 2019	Año2020	Año2021	Año 2022-2023
Potencial	R ² =0.0782	R ² =0.0109	R ² =0.0444	R ² =0.0072
Logarítmica	R ² =0.0307	R ² =0.0003	R ² =0.0702	R ² =0.0004
Lineal	R ² =0.0354	R ² =6E-06	R ² =0.0846	R ² =0.015
Exponencial	R ² =0.0488	R ² =0.0263	R ² =0.0451	R ² =0.0065
Polinómica	R ² =0.5079	R ² =0.8591	R ² =0.7891	R ² =0.6471

Fuente: Elaboración propia

El mejor ajuste de los datos observados se logró con la tendencia polinómica, mostrando una línea curva debido a las fluctuaciones bien marcadas de estas series cronológicas. Es importante decir que, el número de oscilaciones de los datos logra concertar el grado del polinomio. Una línea de tendencia polinómica de segundo orden tiene una colina o valle, una línea de tendencia polinómica de tercer orden tiene hasta dos colinas o valles, y un polinomio de cuarto orden tiene hasta tres colinas o valles.

Las tablas 2 y 3 muestran las ecuaciones obtenidas en la regresión polinómica realizada de los años 2019, 2020, 2021 y 2022-2023 hasta lograr el máximo de ajuste que permite el software Microsoft Excel 2010®, se puede ver que el polinomio con menos ajuste de bondad R² pertenece al de orden 2 y el mejor al de orden 6 (marcado de color rojo en los gráficos de la figura 1) siendo este el máximo permitido por dicho programa computacional, obteniéndose para la serie temporal del 2019 un R²=0.5079, 2020 un R²=0.8591, 2021 un R²=0.7891 y para el periodo 2022-2023 un R²=0.6471.

No se tomó en cuenta en este estudio el coeficiente de determinación R² *ajustado*, ya que el uso de este coeficiente solo se justifica según Sanjuán (2018) en la regresión múltiple para ver el grado de intensidad o efectividad que tienen las variables independientes en explicar la variable dependiente. En palabras más simples, este coeficiente (R² *ajustado*) nos dice qué porcentaje de variación de la variable dependiente es explicado colectivamente

por todas las variables independientes, en esta investigación solo existen 2 variables, el tiempo como variable independiente y las mermas como variable dependiente o sea el tiempo, en función de las mermas generadas en la actividad comercial de la entidad agrícola.

De igual manera se realizaron los cálculos de pronósticos con el método de regresión polinomial con los datos observados en la tabla 4 pertenecientes al periodo 2022-2023 con el objetivo de estimar las mermas que podrían ser generadas en el mes 13 pues fue, como se explicó anteriormente el que mostró mejor ajuste de los datos observados.

La regresión polinómica implicó ajustar una ecuación polinomial utilizando Excel dirigido a un conjunto de puntos de datos, teniendo la siguiente forma general:según ecuación 1

Donde Y es la variable dependiente, X la variable independiente y los coeficientes C son los coeficientes de regresión que se estiman a partir de los datos.

Utilizándose para esto el método de los mínimos cuadrados en el cálculo de los coeficientes del polinomio de orden 2 hasta el de orden 6.

Para aproximar a un conjunto de datos dado, (x₁,y₁), (x₂,y₂), ... (x_m,y_m), donde m≥6. El polinomio de mejor ajuste f(x) presenta el siguiente error mínimo cuadra-

$$\min(\Pi) = \min \sum_{i=1}^n [y_i - f(x_i)]^2 = \min \sum_{i=1}^n [y_i - (c_0 + c_1x + c_2x^2 + c_3x^3 \dots + c_6x^6)]^2$$

do:según ecuación (7)

Matriz de las primeras derivadas de la función f(x) igualada a cero (Condición necesaria) para encontrar los coeficientes del polinomio que den valores mínimos de la función Π.segun ecuación 8

$$J(x)_{ij} = \frac{\partial f_i}{\partial x_j} = 0 \tag{8}$$

(Condición Necesaria) se calcula el

punto extremo x₀) donde donde J∈R^{m^n} es la matriz Jacobiana.

Teniendo en cuenta además que la condición suficiente para la obtención del mínimo local del error es: H f (x₀) Matriz del Hesiano definida positiva.

Tabla 2. Ecuaciones obtenidas en la regresión polinómica años 2019 y 2020.

Año	2019	R ²	2020	R ²
Ecuación de orden 2 obtenida	y = -81,493x ² + 259,91x + 16340	0,0388	y = -44,159x ² + 571,21x + 6808,5	0,0143
Ecuación de orden 3 obtenida	y = -54,699x ³ + 985,14x ² - 5510,9x + 23807	0,0522	y = -49,206x ³ + 915,36x ² - 4620x + 13525	0,1677
Ecuación de orden 4 obtenida	y = 38,933x ⁴ - 1067x ³ + 9689,4x ² - 33131x + 48101	0,1075	y = -19,925x ⁴ + 468,84x ³ - 3539,3x ² + 9515,4x + 1091,9	0,3723
Ecuación de orden 5 obtenida	y = 16,77x ⁵ - 506,1x ⁴ + 5380,3x ³ - 23921x ² + 40288x - 1316	0,1845	y = 2,5529x ⁵ - 102,89x ⁴ + 1450,3x ³ - 8655,7x ² + 20691x - 6430,5	0,3975
Ecuación de orden 6 obtenida	y = -13,184x ⁶ + 530,94x ⁵ - 8260,6x ⁴ + 62173x ³ - 231242x ² + 384033x - 192026	0,5079	y = -4,1885x ⁶ + 165,9x ⁵ - 2566,5x ⁴ + 19493x ³ - 74521x ² + 129899x - 67019	0,8591

Fuente: Elaboración propia

Procediendo a desarrollar el polinomio de orden 6 perteneciente al periodo 2022-2023 (Tabla 3 final a la derecha) tenemos que:

$$Y = 0.1868x^6 - 2.5376x^5 - 39.156x^4 + 873.72x^3 - 5139.7x^2 + 10311x - 1269.7$$

Sustituyendo x por el mes que se quiere pronosticar, en nuestro caso mes 13:

$$Y = 0.1868(13)^6 - 2.5376(13)^5 - 39.156(13)^4 + 873.72(13)^3 - 5139.7(13)^2 + 10311(13) - 1269.7$$

Resolviendo el polinomio:

Se obtiene un pronóstico de:

Tabla 3. Ecuaciones obtenidas en la regresión polinómica años 2021 y 2022-2023.

Año	2021	R ²	2022-2023	R ²
Ecuación de orden 2 obtenida	$y = 4.813x^2 + 106.24x + 3126.7$	0,0852	$y = 69.452x^2 - 836.96x + 5401.8$	0,1699
Ecuación de orden 3 obtenida	$y = -1.9921x^3 + 43.659x^2 - 103.92x + 3398.7$	0,0862	$y = -9.6984x^3 + 258.57x^2 - 1860.1x + 6725.6$	0,1962
Ecuación de orden 4 obtenida	$y = -7.2531x^4 + 186.59x^3 - 1577.9x^2 + 5041.6x - 1127.3$	0,189	$y = 5.2782x^4 - 146.99x^3 + 1438.6x^2 - 5604.6x + 10019$	0,2593
Ecuación de orden 5 obtenida	$y = -6.2403x^5 + 195.56x^4 - 2212.5x^3 + 10929x^2 - 22278x + 17261$	0,7607	$y = 4.7482x^5 - 149.04x^4 + 1678.5x^3 - 807.5x^2 + 15182x - 3972$	0,6431
Ecuación de orden 6 obtenida	$y = -0.5338x^6 + 14.576x^5 - 118.39x^4 + 86.84x^3 + 2535.1x^2 - 8360.8x + 9539.7$	0,7891	$y = 0.1868x^6 - 2.5376x^5 - 39.156x^4 + 873.72x^3 - 5139.7x^2 + 10311x - 1269.7$	0,6471

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Datos numéricos de las mermas del periodo sep-22 a ago-23.

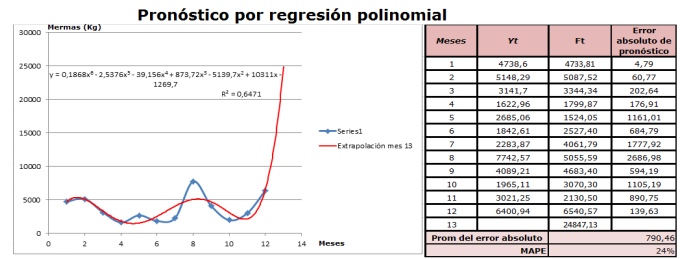
Periodo	Merma/kg	Periodo	Merma/kg
sep-22	4738,6	mar-23	2283,87
oct-22	5148,29	abr-23	7742,57
nov-22	3141,7	may-23	4089,21
dic-22	1622,96	jun-23	1965,11
ene-23	2685,06	jul-23	3021,25
feb-23	1842,61	ago-23	6400,94

Fuente: Elaboración propia

Se realizó este mismo análisis utilizando las herramientas gráficas brindadas por Excel con el objetivo de corroborar el resultado alcanzado en la resolución del polinomio de orden 6 (Figura 2), obteniendo como resultado de la extrapolación, un valor de existiendo coincidencia entre ambos métodos utilizado, sin embargo este valor numérico sobrepasa ampliamente la media de todos los datos del periodo observado, por lo tanto muestra una extrapolación exagerada de la serie de datos evaluada y que se aleja de la realidad en la práctica.

Resultados iguales suelen suceder, de acuerdo a (FasterCapital, 2023), el autor plantea que el método de regresión polinomial puede ser poderoso en su uso, pero tiene también grandes ventajas y desventajas.

Fig. 2. Pronóstico por regresión polinomial de orden 6 del periodo 2022-2023.



Fuente: Elaboración propia

Ventajas

1. La regresión no lineal es un método estadístico que ayuda a crear un modelo que puede predecir tendencias y patrones que no se pueden capturar a través de la regresión lineal.
2. Es una herramienta poderosa para el pronóstico, especialmente cuando los datos son complejos, y las relaciones de causa y efecto no son lineales.
3. Los modelos de regresión no lineal pueden identificar valores atípicos y proporcionar un pronóstico más preciso.

Desventajas

Una curva suave polinómica de grados altos tiene a menudo poco valor para la extrapolación ya que tal curva tiende a ser explosiva en los valores grandes de las unidades de tiempo como lo muestra la figura 2, donde a pesar de tener un bajo promedio de error absoluto y un MAPE del 24% el valor pronosticado para el mes 13 se proyecta precipitadamente a un valor de 24847.13.

Estos modelos presentan sus limitaciones significativas, pueden ser más difíciles de interpretar, ya que la relación entre las variables puede no ser tan sencilla. Además, los modelos de regresión no lineal son más intensivos computacionalmente, lo que puede ser una limitación para grandes conjuntos de datos. Finalmente, estos pueden ser más propensos al sobreajuste, pudiendo conducir a malas predicciones en los nuevos datos.

Estas desventajas afectan el propósito final de esta investigación, el cual es brindar un método de pronóstico asequible computacionalmente y de aplicación lo más fiable y certero posible, que se pueda utilizar, teniendo en cuenta que el personal del área de calidad de la UEB Frutas Selectas Cienfuegos no posee las herramientas informáticas especializadas, ni conocimientos en estadística - matemática que le permita llevar a cabo con éxito el desarrollo de este tipo de regresión con polinomios mayores de orden 6 y que podrían llegar hasta los de orden 20.

En otras palabras para pronosticar puede ser mucho más deseable hacerlo a partir de las técnicas de "Suavización" donde se utiliza también el alisado de esta tendencia curvilínea de los datos del periodo estudiado (2022-2023), por esta razón basaremos nuestros métodos de pronósticos en: Promedio Móvil de orden 2, 3 y 4 además de los métodos de suavización exponencial simple, doble y triple con el propósito de conocer cual modelo matemático

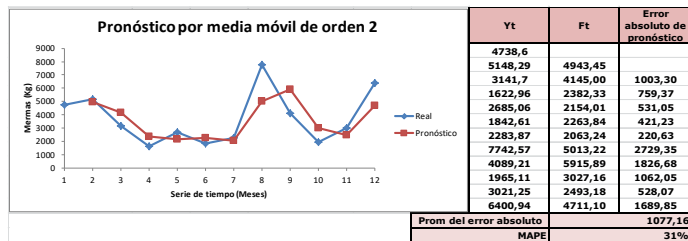
ajusta mejor a las características de los datos, realizando una extrapolación adecuada con un bajo MAPE y promedio de error absoluto.

Una vez conocido las características que componen las series de tiempo descrita en la figura 1 procedemos a aplicar los diferentes métodos de "Suavización" con la idea de lograr obtener la predicción más verídica posible con el menor error de pronóstico, utilizando todas las herramientas brindadas por Microsoft Excel 2010®, para esto tomaremos los datos del periodo de tiempo septiembre 2022 a agosto 2023 que figuran en la tabla 4, con el objetivo de lograr pronosticar lo más acertado posible el mes 13.

El primer método propuesto para el procesamiento de los datos contenido en dicha tabla es el Promedio móvil simple de orden 2, 3 y 4 respectivamente, el cual no es más que un modo de cálculo donde el comportamiento pasado de una serie se puede continuar en el futuro, es decir, que utiliza información histórica de los datos de la variable que se desea pronosticar para poder extrapolarlo al futuro, está basado en la siguiente ecuación matemática:según ecuación 2

Una característica esencial de este modelo es que mientras mayor sea el valor de k el pronóstico suele presentar menor variabilidad y aproximar una tendencia de la serie de tiempo. Esto último no quiere decir que necesariamente es mejor y por tanto se pueden utilizar distintos valores de K para efectos de evaluación y luego comparar el desempeño.

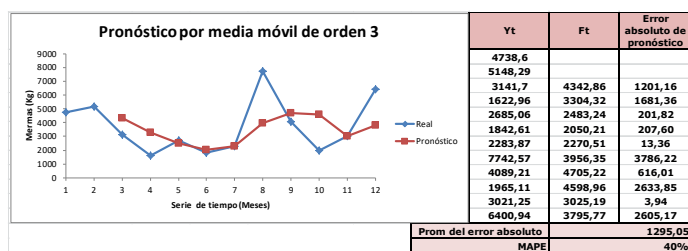
Fig. 3. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico Media móvil de orden 2.



Fuente: Elaboración propia

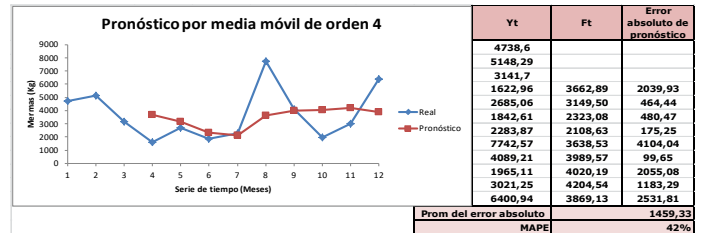
Las figuras 3, 4 y 5 muestran los resultados obtenidos al aplicar el modelo predictivo Promedio Móvil Simple para K=2, K=3, K=4 respectivamente.

Fig. 4. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico Media móvil de orden 3.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 5. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico Media móvil de orden 4



Fuente: Elaboración propia

La tabla 5 muestra el resumen de los resultados obtenidos, donde se puede observar cómo va aumentando el promedio de error absoluto y el MAPE a la vez que se incrementa el valor de K.

Tabla 5. Resumen de los resultados obtenidos utilizando el método Promedio Móvil de orden 2, 3 y 4.

Pronóstico por media móvil de orden:	Promedio de error absoluto	MAPE	Valor pronosticado para el próximo mes
2	1077,16	31%	4711,1
3	1295,05	40%	3795,77
4	1459,33	42%	3869,13

Fuente: Elaboración propia

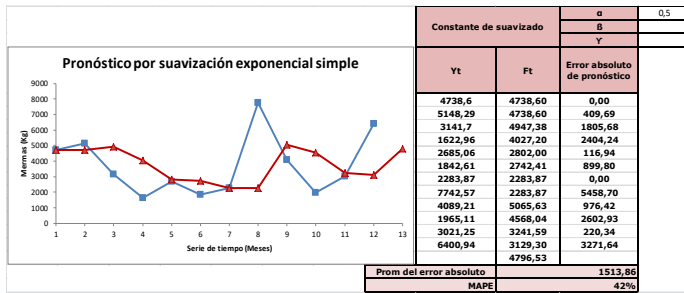
Se observa que el pronóstico realizado con el método de promedios móviles de orden 2 genera un MAPE de 31% con un promedio de error absoluto de 1077.1

Con el objetivo de investigar un mejor modelo que ajuste a la serie de datos observada y de esta manera alcanzar valores inferiores a los obtenidos con el modelo matemático desarrollado anteriormente se procedió a utilizar los métodos de Suavización Exponencial, esta técnica está diseñada para paliar una desventaja del método de promedios móviles, donde los datos a calcular que se les valora el promedio tienen la misma ponderación, en el caso de la Suavización exponencial simple, estima, que la merma estudiada será igual a, por ejemplo, la media de los históricos para un periodo dado, dando una mayor ponderación a los valores más cercanos en el tiempo. Asimismo, tiene en cuenta el error de pronóstico actual en las siguientes extrapolaciones, su modelación matemática está basada en la siguiente ecuación:según ecuación 3.

Tiene como característica esencial que no necesita de muchos datos históricos, a diferencia de otros métodos y posee una mejor exactitud que otros al utilizar técnicas de modelado exponencial.

La figura 6 muestra el resultado obtenido al utilizar dicho método de extrapolación, lográndose un MAPE de 42% y un promedio de error absoluto de 1513.86.

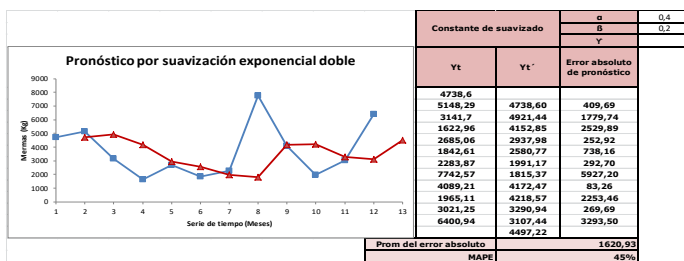
Fig. 6. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico suavización exponencial simple.



Fuente: Elaboración propia

Así también en la figura 7 podemos ver el resultado alcanzado aplicando el método suavización exponencial doble, donde el cálculo consiste en aplicar una expresión a los valores observados en la serie de tiempo y luego realizar una segunda expresión a la serie atenuada obtenida mediante la primera suavización, su modelación matemática está basada en: según ecuación 4

Fig. 7. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico suavización exponencial doble.

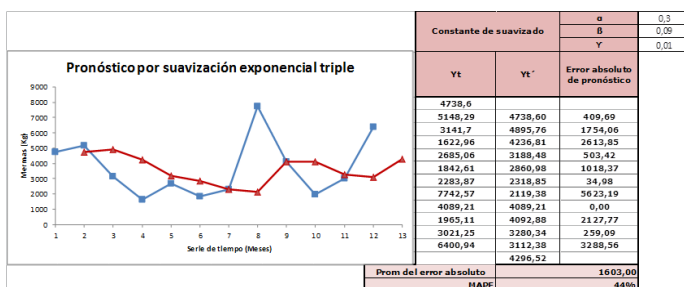


Fuente: Elaboración propia

Podemos también notar que, al utilizar este método en la serie cronológica estudiada obtenemos los valores numéricos correspondiente a la extrapolación que se realizó, siendo estos, un promedio de error absoluto de 1620.93 y un MAPE de 45%.

En la figura 8 podemos ver el comportamiento de la extrapolación realizada por el método suavización exponencial triple, este se basa en tres tipos de suavizado: el exponencial simple, el doble y el suavizado exponencial triple, utiliza estos tres tipos de suavizado para ajustar un modelo a los datos históricos y extrapolar valores futuros. Se basa en tres ecuaciones que se actualizan iterativamente con cada nueva observación de la serie de tiempo, según ecuación 5.

Fig. 8. Resultado obtenido al aplicar el modelo de pronóstico suavización exponencial triple.



Fuente: Elaboración propia

Es importante destacar que los coeficientes de suavización α (alfa), β (beta) y γ (gamma) se ajustan a prueba y error hasta lograr en cada caso el promedio de error absoluto y MAPE lo más bajo posible, sin embargo existe una herramienta muy poderosa que puede lograr hacer lo mismo de forma automática optimizando el tiempo empleado en esta actividad, esta herramienta es Solver y sirve para optimizar ecuaciones mediante el uso de métodos numéricos, se puede buscar el valor óptimo para una celda, denominada celda objetivo. Todos los casos desarrollados en esta investigación fueron utilizando este método en cuestión.

La tabla 6 muestra el resumen de los resultados obtenidos mediante la Suavización Exponencial simple, doble y triple, donde al realizar un contraste con los datos de la tabla 5 resumen del método Promedio Móvil de orden 2, 3, y 4 podemos llegar a la conclusión que: el modelo de pronóstico de mejor ajuste fue *Promedio Móvil de orden 2*, también es importante observar que la curva de pronóstico describe un gráfico lo más cercano posible al de los datos de las mermas generadas en la UEB Frutas Selectas Cienfuegos (Figura 3).

Tabla 6. Resumen de los resultados obtenidos utilizando el método Suavización exponencial simple, doble y triple.

Pronóstico por suavización exponencial	Promedio de error absoluto	MAPE	Valor pronosticado para el próximo mes
Simple	1513,86	42%	4796,53
Doble	1620,93	45%	4497,22
Triple	1603	44%	4296,52

Fuente: Elaboración propia

Por tal motivo este fue el método óptimo validado en las mermas generadas por la UEB comercializadora de productos agropecuarios de Cienfuegos, ya que tiene menos error absoluto promedio y MAPE, haciéndolo más confiable y eficaz para la extrapolación.

El modelo se comenzó a utilizar de manera sistemática a partir del mes de septiembre de 2023 hasta enero de 2024 como herramienta complementaria del sistema de gestión de la calidad implementado en la UEB, en este periodo de tiempo se logró un impacto positivo en la reducción de más del 60% de las mermas históricas para estos meses de altos volúmenes de productos agropecuarios comercializado a causa de la temporada alta de turismo en el país, generando un ahorro desde el punto de vista económico de más de \$300 000 CUP en tan solo 5 meses, reflejándose esto positivamente en los indicadores de pago productividad-salario de la UEB Frutas Selectas Cienfuegos.

Conclusiones

- Con la realización de esta investigación se evidencia la efectividad del modelo de pronóstico validado

Promedio Móvil Simple de orden 2 para ayudar a los tomadores de decisiones en juicios más precisos acerca de las mermas generadas y su comportamiento en eventos futuros.

- El resultado de esta investigación está dirigida a minimizar el incremento de las mermas generadas por diferentes factores de la comercialización, afectando el indicador productividad-salario determinante para el pago de las utilidades a los trabajadores.
- El empleo del excel constituye una ayuda importante para la aplicación del modelo de pronóstico validado, permite un acceso de todos los trabajadores del sistema de gestión de la calidad por estar la hoja de cálculo distribuida en todas las Pc del área.
- Se demuestra que los métodos de pronósticos como elementos en la toma de decisiones en una empresa de la agricultura en el territorio, tienen mayores áreas de oportunidad al interior de estas, reflejándose en todo el ecosistema en que interacciona dicha entidad.
- Minimiza el nivel de incertidumbre en las decisiones que involucran a cada una de las áreas.

Referencias bibliográficas

- Becerra, F., Andrade, A., & Diaz, L. (2019). Sistema de gestión de la calidad para el proceso de investigación: Universidad de Otavalo, Ecuador. *Revista Electrónica "Actualidades Investigativas en Educación"*.
- Bind, E.(2019). Siete causas de mermas en comercializadoras. Blog control de inventarios.
<https://bind.com.mx/blog/control-de-inventarios/merma-comercializadoras>
- Carriel Sevillano, R. P., & Nieto Pacheco, A. J. (2022). La evolución de la calidad hacia la calidad total. *AlfaPublicaciones*. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.1.166>
- Cerem, C. (2022) Calidad empresarial y la implementación de sus sistemas. Blog Global Business School.
<https://m.cerem.es/blog/calidad-empresarial-y-la-implementacion-de-sus-sistemas>.
- Echemendia Gómez, J. (2016). Contribución al análisis multivariado de la Calidad en el control estadístico de los procesos de construcción civil. Aplicación a la brigada cuentapropista "Construcciones El Progreso" (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial).
- Faster, C. (2020) Mejora de la precision de pronostico con metodos de regresion no lineal. *Ciencia Digital*.
<https://fastercapital.com/es/contenido/Mejora-de-la-precision-de-pronostico-con-metodos-de-regresion-no-lineal.html>.
- Franco Rodríguez, M. del C., & Velasteguí López, E. (2020). El suavizado exponencial en el pronóstico de series no estacionarias. *Ciencia Digital*. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v4i1.1073>.
- Hernández Pedrera, C., & Da Silva Portofilipell, F. (2016). Aplicación del control estadístico de procesos (CEP) en el control de su calidad. *SciELO Analytics, RTQ vol.36 no.1*.
- Hidalgo Díaz, M. (2019). Procedimiento para el control estadístico de la calidad en la empresa de cigarros "Lazaro Peña." (Tesis presentada en opción al grado científico de master en ciencias.)
- Macias Granillo, R. (2021). Suavizamiento exponencial doble. UAEH.
<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/19896/suavizamiento-exponencial-doble.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Ricardo Torres, I. (2019). Metodología para la planificación y ejecución del control estadístico de la calidad del proceso. aplicación en el Taller de Maquinado de la Unidad Empresarial de Base Fábrica de Equipos e Implementos Agrícolas "26 de Julio." (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial).
- Rodríguez Vignon, Y. (2020). Metodología para el control estadístico de la calidad en el proceso de cunas infantiles de la UEB Muebles Imperio. (Tesis presentada en opción al grado científico de master en ciencias.)
- Rojas Ramos, D. (2003) Teorías de la calidad. Orígenes y tendencias de la calidad total. *Gestiópolis*.
<https://www.gestiopolis.com/teorias-de-la-calidad-origenes-y-tendencias-de-la-calidad-total/>.
- Romero Vega, L. E., Valdés Luna, L. C., Pastor de Moya, J. G., & Herrera Acosta, R. J. (2018). Control estadístico para el monitoreo del proceso de corte de pastillas de jabón. *SciELO Ingeniería y Desarrollo, vol.36 (no.2)*.
- Sanjuán Marco, F. J. (2018) R cuadrado ajustado (Coeficiente de determinación ajustado). Economipedia.
- Santana Tamayo, I. (2017). Metodología para el control y mejora de la calidad en el sector no estatal de la transformación del plástico. (Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Industrial)
- Supply, Ch. (2023) Merma, ¿qué es y cuándo se da? EAE Business School Barcelona. <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/merma-que-es-y-cuando-se-da/>
- Villareal, F.(2019) Introducción a los modelos de pronósticos. UMA.
[https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion a los Modelos de Pronosticos.pdf](https://www.matematica.uns.edu.ar/uma2016/material/Introduccion%20a%20los%20Modelos%20de%20Pronosticos.pdf).

06

Rendimiento óptimo de larvas de moscas en varias cosechas con tres proporciones de salvado de trigo, cerdaza y gallinaza

Optimal performance of larvae of fly in several harvests with three proportion of wheat brand, pig manure and hens feces

Enrique Casanovas Cosío¹

Email: ecasanovas@ucf.edu.cu

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

Reina Reyna Reyes¹

Email: rdreyes@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8294-6806>

Nelson Valladares Enriquez²

Email: njvenriquez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6954-7747>

Alexis Suárez del Villar Labastida³

Email: alexissuarezdelvillar@uti.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9330-8597>

Joan Manuel Leyva Benavides¹

Email: joanmlb01@gmail.com

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

¹Universidad de Cienfuegos. Cuba.

²Universidad Autónoma de ciudad Juárez. México.

³Universidad Tecnológica Indoamérica. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Casanovas Cosío, E., Reyna Reyes, R., Valladares Enriquez, N., Suárez del Villar Labastida, A. y Leyva Benavides, J. M. (2024). Rendimiento óptimo de larvas de moscas en varias cosechas con tres proporciones de salvado de trigo, cerdaza y gallinaza. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 52-62. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/index>

RESUMEN

Con el objetivo de comparar los rendimientos de larvas de moscas en varias cosechas se ensambló un diseño de bloques al azar en los sustratos: A- salvado de trigo, B- salvado de trigo 50% y cerdaza 50 %, C- cerdaza, D- salvado de trigo 50% y gallinaza y E- gallinaza. La temperatura en los sustratos se comportó entre los 22,54 y 36,42 oC, siempre por encima de la temperatura ambiental en el moscario, y humedad relativa entre 44 y 68 %. La cantidad de agua empleada para metro cuadrado fue de 32,91; 32,35; 35,46; 30,29 y 32,19 L para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente. El mayor rendimiento de larvas de moscas se obtuvo en la primera cosecha a seis días para el tratamiento B con 2869,11 g m⁻² y 140,85 g kg⁻². Para todos los tratamientos la mayor cantidad de larvas se obtuvo en la primera cosecha. La transformación de la proteína bruta de los sustratos por las larvas de moscas estuvo entre 28,0 y 41,0%, con el mayor valor para el tratamiento B. No se observó presencia de agentes patógenos: *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, y *Coccidia* en los tratamientos.

Palabras clave:

Agua, Insectos, Proteína alternativa, Residuos orgánicos, Sustratos.

SUMMARY

With the aim of comparing the yields of house fly larvae in several crops, a randomized block experimental design was assembled in the substrates: A – wheat bran, B – wheat brand 50% and swine feces 50%, C – swine feces, D - wheat bran 50% and hens feces and E – hens feces. The temperature in the substrates was between the 22.54 and 36.42 oC, always above the environmental temperature in the fly house, and the relative humidity was between 44 and 68%. The amount of water used for square meter was 32.91, 32.35, 35.46, 30.29 and 32.19 L for treatments A, B, C, D and E, respectively. The highest yield of larvae of flies was obtained in the first six days for treatment B with 2869.11 g m⁻² and 140.85 g kg⁻². For all the treatments, the highest quantity of larvae was obtained in the first crop. The transformation of the crude protein of the substrates for the larvae of flies was between 28.0 and 41.0%, with the highest value for treatment B. No presence of pathogenic agents was observed: *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, and *Coccidia* in the treatments.

Keywords:

Water, Insects, Alternative protein, Organic residues, Substrates.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la demanda de alimentos está sufriendo cambios nunca vistos con anterioridad, que conlleva un enorme aumento de la demanda de materias primas necesarias para fabricación de concentrados (Rubio, 2015), que para la producción ganadera los requerimientos de granos necesitan aproximadamente un 35 % de la producción global de los cultivos (Foley et al., 2011).

A su vez, aumentan los desechos de la agricultura, que una solución sería el uso de los insectos para su transformación con beneficios, tanto nutricionales como ambientales, con proteínas seguras, baratas y sustentables (Pino, 2018; Lähteenmäki-Uutela et al., 2021). Estos insectos producen una pequeña huella ecológica y una alta eficiencia en indicadores de conversión alimenticia, además, pueden crecer rápidamente reproduciéndose con facilidad en desechos orgánicos, estiércol de baja calidad, desechos de frutas entre otros (Wang et al., 2013).

Aunque existen investigaciones con el uso de insectos para la reutilización de desechos, con énfasis en los estiércoles de cerdo y pollo (Ossey et al., 2012); aún es necesario estudiar la importancia de factores como: temperatura, humedad, composición de los mismos, primordialmente a escala de laboratorio y escala semi industrial (Pastor et al., 2015).

Entre los insectos con más investigaciones se encuentra: *Hermetia illucens* L. (Soldado negro), *Tenebrio Molitor* L. (Gusano de la harina) para la conversión de desechos en alimento animal con sus larvas, pero su reproducción es más complicada que la de la *Musca domestica* L (Mosca común), que según mencionan Cammack et al. (2021) tiene el ciclo de vida mas corto y habilidad para digerir múltiples desechos.

En sistemas de ovoposición natural, para la mosca doméstica, los sustratos combinados por estiércoles pocas veces se han comparado y los resultados disponibles son variables (Koné et al., 2017). La bioconversión de tres tipos de estiércoles en la alimentación de larvas de moscas domésticas ha demostrado los mejores resultados con el estiércol de aves (Miranda et al., 2020), sin embargo, otros autores (Ganda et al., 2019) demuestran pocas diferencias entre los sustratos de gallinaza y cerdaza.

Un sustrato de relativamente bajo precio y subproducto de la molinería de la industria del trigo, conocido como salvado de trigo, ha proporcionado aceptables rendimientos de larvas de mosca doméstica según Hussein et al. (2017), Koné et al. (2017), Sanou et al. (2019), Casanovas et al. (2020).

No obstante, los resultados encontrados manifiestan la producción de larvas de moscas para una única y/o primera cosecha, que sugiere conocer la eficiencia posterior después de una primera cosecha de las larvas.

Además, para ello es necesario valorar varias proporciones de las heces fecales de heces porcina y de aves

ponedoras/gallinaza con el salvado de trigo. Estos resultados pueden orientar a pequeños productores en la utilización de estos desechos para la suplementación de pequeños animales.

Por ellos se planteó como objetivo comparar el rendimiento óptimo de larvas de moscas en varias cosechas con tres proporciones de salvado de trigo, cerdaza y gallinaza.

Materiales y métodos

1. Localización de la investigación

La investigación se realizó en el patio situado en Calle 89, número 1809 entre 18 y 20, en la zona suburbana de la ciudad de Cienfuegos, Cuba, en el periodo de octubre a noviembre, en una nave de techo de zinc (3,80 m de largo por 2,72 m de ancho y 2,05 m de altura), rodeada de malla metálica con orificios de 1 cm.

2. Características del larvario

En la nave fue ubicado el larvario, en una mesa de 1 m de largo, 60 cm de ancho y 85 cm de alto, donde se situaron las vasijas (magentas) de propileno con un área de 81,6 cm² y una altura de 9 cm, de la cual se utilizó hasta tres cm de altura, para la producción de las larvas con los diferentes sustratos.

3. Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental de bloques al azar con cinco réplicas, donde cada magenta se consideró una unidad experimental, para los siguientes tratamientos, compuestos por diferentes proporciones a tres centímetros de altura: A- salvado de trigo 100 %; B- salvado de trigo 50% y cerdaza 50 %; C- 100% cerdaza; D- salvado de trigo 50% y gallinaza 50%; E- gallinaza 100 %.

4. Preparación y mantenimiento de los sustratos

La cerdaza empleada en cada sustrato, se tomó directamente de los corrales de cerdos, en la fase de ceba (engorde), de animales clínicamente sanos y alimentados con concentrados porcinos conformados por maíz y soya. La gallinaza empleada en cada sustrato se tomó directamente de los fosos de las jaulas de las ponedoras, de la granja "Vietnam", del municipio Rodas, las cuales estaban clínicamente sanas y alimentadas con concentrado comercial.

Estos sustratos fueron expuestos al sol para reducir el contenido de materia seca, hasta que se obtuvo un contenido de materia seca del 85 %. Se empleó una bandeja protegida con una malla antiáfido para evitar la contaminación por insectos. El salvado de trigo se obtuvo de un conveñista porcino, con un contenido de materia seca de 85 %.

Cada sustrato fue humedecido con agua potable hasta formar una mezcla homogénea semisólida. La adición del agua se realizó todos los días en el horario de la mañana. Además, se removían diariamente todos los sustratos después de humedecidos y se midió la cantidad de agua

adicionada con una jeringuilla graduada en mililitros, para cada sustrato, siempre teniendo en cuenta llegar a una estructura visual semisólida.

5. Mediciones

Para el período, se realizaron las siguientes mediciones diariamente para cada réplica de cada tratamiento en el horario de la mañana (08:00 a 09:00 H): temperatura de los sustratos con termómetros marca Skalenwert 0,5 K PGW 002, en grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$); con un higrómetro digital la temperatura ambiente ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa dentro del moscario y los valores mínimos y máximos 24 horas anterior a este horario. La masa de cada sustrato se pesó (g) en una balanza digital con un margen de error de cinco gramos antes de montar el experimento. El agua utilizada se midió al inicio del experimento con una probeta graduada en ml. Los días que se removieron con un tenedor y humedecieron los sustratos, se midió la cantidad de agua en ml, con una jeringuilla graduada.

Para cosechar las larvas se tuvo en cuenta que estuvieran en su tercer estadio, con una talla mayor de 8 mm, medida con una regla. Las cosechas se distribuyeron de la siguiente manera: 1^a al 6^o día, 2^a 9^o día, 3^a 12 día y 4^a al 14 día de comenzado el experimento, que no se continuó porque no se observó aumento de larvas de moscas visualmente en las magentas.

En cada cosecha se procedió al conteo de las mismas para cada sustrato. De cada conteo se tomaron 20 larvas al azar replicadas tres veces para conocer el peso promedio de una larva, empleando una balanza analítica marca Acculab Sartoni Group. Las larvas se trasladaron en un pote individual con un mínimo de sustrato hasta el laboratorio para evitar la deshidratación de las mismas.

El rendimiento de cada sustrato y la cantidad de agua empleada para cada cosecha y su total se estimaron de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- Rendimiento larvas (medio) g m^{-2} : $[(\text{Peso total de las larvas por magentas} * \text{Cantidad de larvas por magentas}) * (10000)] / (\text{Área de magenta})$
- Rendimiento larvas (medio) g kg^{-1} : $[(\text{Peso total de las larvas por magentas} * \text{Cantidad de larvas por magentas}) * (1000)] / (\text{Peso del sustrato utilizado})$.
- Consumo de agua (medio) ml m^{-2} : $(\text{cantidad de agua}) / (10000/\text{área magenta})$

5.1. Análisis bromatológico o proximal

De cada réplica, antes y después del experimento, se tomó una muestra de 500 g para enviar al Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria de Cienfuegos, donde se realizó el análisis proximal, según AOAC (2005): MS (% materia seca) y PB (% proteína bruta).

Con los valores obtenidos se estimaron los aportes de proteína bruta de los sustratos antes y después de transformarse por las larvas de moscas, en gramos por kilogramo de materia seca y se obtuvieron las diferencias entre ellos.

5.2 Análisis bacteriológico y parasitológico

De cada réplica se tomó una muestra de 50 g al inicio del experimento y una del sustrato biotransformado por las larvas de mosca para los estudios bacteriológicos buscando la presencia de *Salmonella* spp. y Coliformes fecales. También se realizó el estudio parasitológico, para ello se tomó una muestra de cerdaza y gallinaza para diagnosticar la presencia de Coccidia.

Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio Provincial de Medicina Veterinaria de Cienfuegos y se emplearon los siguientes métodos:

Salmonella (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Method for the Detection of *Salmonella* spp. — Reference Method (ISO 6579:2002, IDT, 2008).

Coliformes fecales (Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs-Horizontal — Horizontal Method for the enumeration of coliforms — Colony Count technique (ISO 4832:2006, IDT). 2010)

Coccidia. Norma Cubana de la Agricultura para la siembra bacteriológica. Métodos de ensayo, (NCAG, 1982).

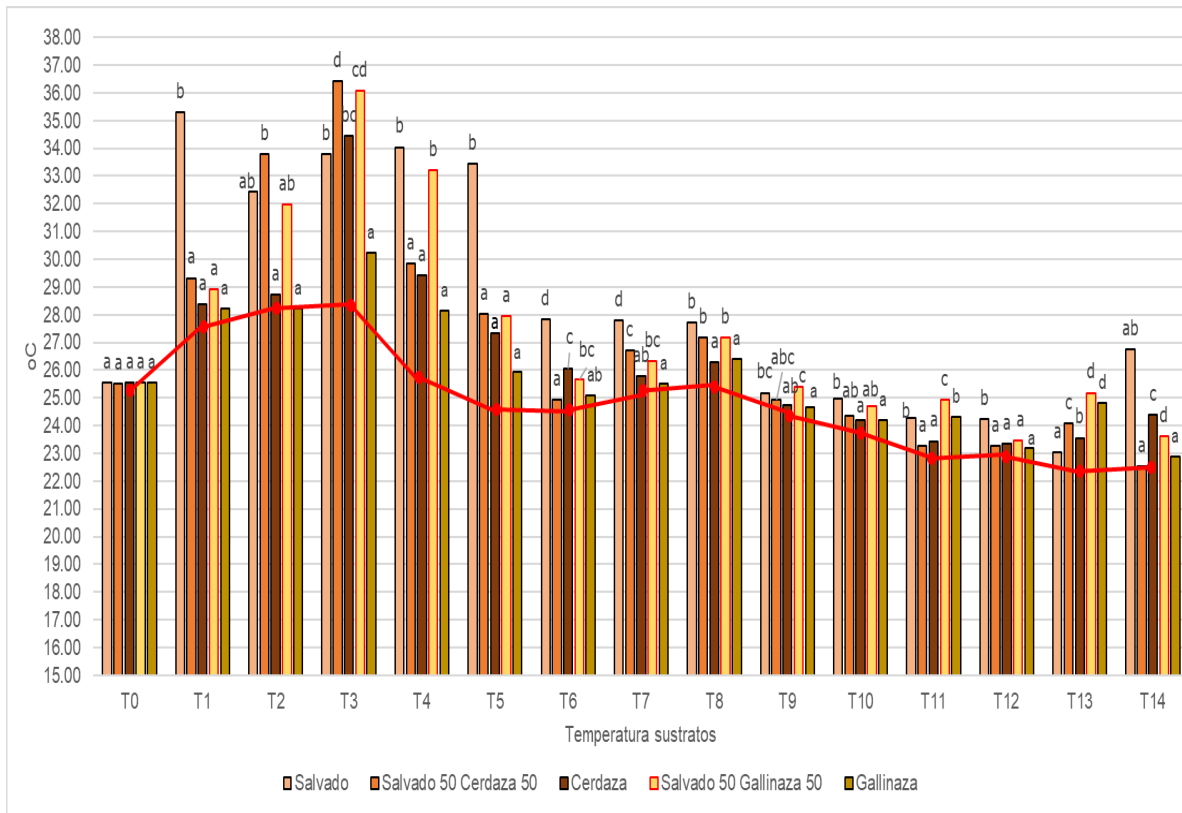
6. Análisis estadísticos

Las variables creadas se asentarán en el programa estadístico IBM.SPSS v23 (2016). Se realizó un análisis de varianza. Previamente fueron corroborados los supuestos de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk y la homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene. Las pruebas de *post hoc* para identificar diferencias entre los tratamientos se realizaron mediante el test de Tukey. La comparación entre los contenidos de proteína bruta (g) de los sustratos, antes y después de transformados por las larvas de moscas, se realizó mediante la prueba de muestras relacionadas. Los valores de P establecidos fueron de 0,05 y 0,01.

Resultados y discusión

Las temperaturas en los sustratos mostraron diferencias entre ellos, sin una propensión definida con valores desde 22,54 $^{\circ}\text{C}$ a 36,42 $^{\circ}\text{C}$. Si se observaron las mayores temperaturas en los primeros cinco días del experimento en los sustratos, cuando los procesos fermentativos son más intensos. La temperatura ambiente dentro del moscario se comportó en un rango desde 24,2 $^{\circ}\text{C}$ hasta 28,4 $^{\circ}\text{C}$, que fue siempre menor que la temperatura interna en los sustratos (Fig. 1).

Fig. 1. Comparación de las temperaturas en cada sustrato y la temperatura ambiente dentro del moscario.



Legenda: T: Período de mediciones (24 H), Temperatura dentro del moscario

Columnas con superíndices diferentes difieren para $P < 0,05$ (Tukey)

Fuente: Elaboración propia

El sustrato salvado de trigo presentó los mayores valores de temperatura con respecto a los restantes tratamientos ($P < 0,05$) en los días 1, 4, 5, 6, y 7 en un rango desde 35,30 °C a 27,80 °C. No obstante, en el 3^{er} día se obtuvo la mayor temperatura ($P < 0,05$) con 36,42 °C en la mezcla de 50 % de salvado con 50 % de cerdaza.

Según INSMET/ Instituto de Meteorología. Cienfuegos (INSMET, 2021), los valores de temperatura media del municipio durante la fase experimental se comportaron entre 24,3 °C y 27,9 °C y fueron mayores los valores medidos en el moscario. Este resultado se atribuye a la ubicación del larvario y sus materiales constructivos.

Según Florez et al. (2019), aunque la temperatura y la dieta inciden de manera compleja en el desarrollo de las larvas, la temperatura induce al desarrollo larvario. A su vez, con altas temperaturas el desarrollo de los dípteros es rápido, aunque su tamaño se reduce. Ante las bajas temperaturas el desarrollo es lento, aunque tengan una buena nutrición, y pueden demorar un 90% más del tiempo de las larvas que están sometidas a una mala nutrición con altas temperaturas. Concluyen estos autores, que el desarrollo de las larvas en rangos de temperatura entre

los 25 °C y 35 °C, se considera óptimo, pero temperaturas más bajas disminuyen el metabolismo.

Varios autores mencionan diferentes temperaturas óptimas para el desarrollo de las larvas de mosca doméstica. Cruz et al. (2002), indican la mejor temperatura para el desarrollo de las larvas de moscas entre 20 y 26 °C. Sin embargo, Casanovas et al. (2021) declaran en sustratos combinados de germen de maíz y cerdaza temperaturas hasta 43,0 °C, con un buen desempeño

Por lo que, la temperatura de los sustratos está dentro del rango óptimo para el desarrollo de las larvas con valores entre 22,54 °C a 36,42 °C.

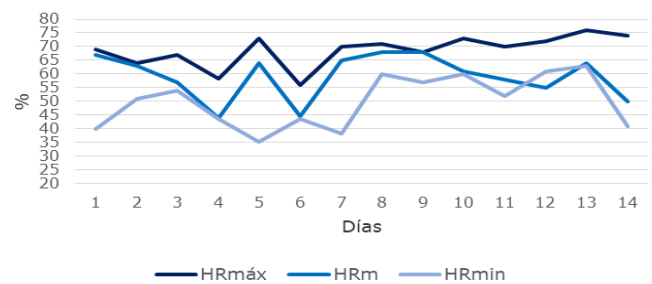
La humedad relativa dentro del moscario, se comportó en el período evaluado de forma variable, con valores medios entre 44 % y 68 %; aunque se obtuvieron valores máximos en el período nocturno hasta 76 % (Figura 2). La variación de estos valores está asociada a una vaguada que estuvo influyendo principalmente durante los días del 6 al día 10 del período evaluado, con valores de 34,3 mm a 25,1 mm de precipitaciones caídas en 24 horas (INSMET, 2021).

Un factor determinante para el desarrollo de las larvas de moscas es la humedad, ya que estas son muy susceptibles a la deshidratación, si no hay suficiente humedad, aunque valores excesivos de la misma acarrearán al ahogamiento de las larvas (Feldmeyer et al., 2008). Por ello, la temporada de lluvia favorece la producción de larvas respecto a las estaciones secas y el conocimiento de estos factores climatológicos limitantes se han de considerar para un método sostenible y de aplicación por los productores (Gafar et al., 2019).

La humedad relativa óptima reportada según Makkar et al. (2014) está entre los 65 y 70 % con temperaturas entre 25 y 30 °C. Sin embargo, otros autores reportan como humedad relativa óptima valores entre 70-100 % (Sequeira et al., 2001).

Aunque la humedad relativa tomada dentro del moscario, tuvo sus variaciones, fue similar a la encontrada por los mencionados autores, y no debe haber influenciado negativamente por que los sustratos se humedecieron de forma artificial cuando fue necesario.

Fig. 2. Comportamiento de la humedad relativa ambiental dentro del moscario.



Leyenda: HRmáx- Humedad relativa máxima; HRm- Humedad relativa media, HRmin- Humedad relativa mínima

Fuente: Elaboración propia

La proporción de agua empleada para humedecer a los sustratos inicialmente fue similar con valores de 1:0,94; 1:0,90; 1:0,91; 1:0,92; 1:0,91 y 1:0,91 para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente (Tabla 1).

Estos valores son inferiores a los expuestos por Miranda et al. (2020) y Casanovas et al. (2021), quienes desarrollaron la cría de larvas de mosca doméstica en salvado de trigo, utilizando la proporción de 1:1 de agua y salvado de trigo.

Tabla 1. Comparación de la cantidad de agua empleada por tratamientos (ml) y peso del sustrato inicial (g).

Días	Tratamientos					ES ±
	A	B	C	D	E	
1	17,00 b	28,00 c	30,00 c	9,80 a	29,40 c	10,90 *
2	12,00 ab	14,00 b	10,20 a	10,00 a	10,20 a	2,22 *
3	14,20 a	13,60 a	28,40 b	15,40 a	26,60 b	7,81 *
4	9,20 b	4,80 a	6,00 a	4,60 a	5,00 a	1,96 NS
5	15,60 ab	17,00 ab	19,40 b	14,20 ab	12,40 ab	3,68 *
6	13,80 b	12,00 ab	6,00 a	14,00 b	12,60 a	4,41*
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 NS
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 NS
9	4,00 b	6,60 c	10,80 d	6,80 c	1,06 a	3,38 *
10	4,40 b	6,60 c	11,40 d	6,40 c	0,00 a	3,79 *
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 NS
12	1,28 b	1,36 b	1,54 b	1,24 b	0,00 a	0,59 NS
13	19,00 a	20,20 ab	29,00 b	17,00 a	23,40 ab	6,07 *
14	11,00 a	9,00 a	10,00 a	9,60 a	12,00 a	3,47 NS
Subtotal, 14 días	121,48 a	133,16 b	162,74 c	109,04 a	132,66 b	24,28 *
Día inicial, ml	192,00 b	175,00 a	175,00 a	179,00 a	174,00 a	8,76 *
Total período, ml	313,48 b	308,16 b	337,74 c	288,04 a	306,66 ab	24,47 *
Peso sustratos, g	206a	194 a	192 a	194a	192a	12,77 NS

Leyenda: Filas con diferentes subíndices difieren para * $P < 0,05$, NS- No significativo (Tukey)

Fuente: Elaboración propia

Durante los días 7, 8 y 11 no se adicionó agua a los sustratos porque en esas fechas la ciudad de Cienfuegos estuvo bajo la influencia de una vaguada, que propició que los sustratos estuviesen húmedos para el desarrollo de las larvas. El sustrato compuesto por salvado y cerdaza al 50 % fue el que mas cantidad de agua necesitó en todo el período para la humectación (337,74 ml).

El agua utilizada por metro cuadrado en los sustratos a tres centímetros de altura para la humectación de los mismo, con la inclusión del agua inicial fue de 32,91; 32,35; 35,46; 30,29 y 32,19 L en las cosechas totales para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente. A su vez, en le mismo orden para la 1ª cosecha fue el 87,34; 85,80; 81,42; 90,96 y 93,98 % con respecto al total, respectivamente.

El uso del agua se debe tener en cuenta para su planificación en la producción de larvas de moscas con estos sustratos, por la importancia de este importante recurso.

El recurso agua es vital, su actual situación e imperiosa escasez conlleva tomar medidas, para encontrar las formas de utilizarla de manera responsable y sostenible. La crianza de insectos, comparada con la de otras especies, necesita un bajo consumo de agua, ya que requiere 8000 mil veces menos agua que la crianza de ganado vacuno (Beskin et al., 2018).

Para la primera cosecha la mayor cantidad de larvas por tratamiento se obtuvo en el tratamiento basado en 50% salvado con 50% cerdaza, con valores de 2910,00 larvas promedio, y un total de 3214,20 para todas las cosechas (P<0,05). No obstante, el salvado de trigo y la combinación con gallinaza mostraron la mayor cantidad de larvas después del tratamiento mencionado (Tabla 2).

Tabla 2. Comparación de la cantidad de larvas por tratamientos, u.

Cosechas	Tratamientos					ES ±
	A	B	C	D	E	
1	1934,80 b	2910,00 c	1271,60 a	1859,40 b	893,20 a	617,11 *
2	73,00 b	136,40 b	123,30 b	88,60 b	42,60 a	32,15 *
3	69,60 a	124,40 b	116,00 b	85,40 a	40,80 a	31,53 *
4	65,80 a	123,60 b	117,80 b	81,60 a	43,00 a	33,15 *
Subtotal (2a a 4a, cosechas)	208,40 a	384,40 b	357,00 b	255,60 b	126,40 a	87,55 *
Total	2143,20 b	3294,20 c	1541,00 a	2115,00 b	1019,60 a	502,57 *

Fuente: Elaboración propia

Para la primera cosecha se obtuvieron la mayor cantidad de larvas para todos los tratamientos con 90,3; 90,5; 82,5; 87,9 y 87,6 % para A, B, C, D y E, respectivamente. En este aspecto, se sugiere que, con una cosecha inicial, se puede obtener la mayor la cantidad de larvas de moscas.

En la comparación de los pesos promedio de las larvas no hay diferencias entre tratamientos, las larvas presentaron un peso promedio desde 0,007012 a 0,011703 gramos para la primera cosecha y para la cuarta cosecha tampoco se observaron diferencias con valores entre 0,006262

y 0.008186 gramos promedio. Esto se atribuye a que las larvas cosechadas se encontraban en el tercer estadio larvario (Tabla 3).

Otras investigaciones (Miranda et al., 2020), comparando el uso de diferentes estiércoles de animales, los mejores resultados fueron con la gallinaza, y plantean que cuando más alta sea la tasa de alimentación se obtienen mejores resultados en el peso de las larvas (4%- 16%), de la pupa (16%- 25%) y del adulto (8%- 25%).

Tabla 3. Comparación de los pesos promedio de las larvas, gramos.

Cosechas	Tratamientos					ES ±
	A	B	C	D	E	
1a	0,007012	0,009396	0,010448	0,011703	0,011533	0,005195 NS
4a	0,006262	0,008186	0,010200	0,008612	0,009020	0,005144 NS

Leyenda: NS- No significativo (Tukey)

Fuente: Elaboración propia

Según Koné et al.(2017) empleando varios tipos de estiércol, heces de pollos, cerdos y vacas lecheras como sustratos compuestos comprobó que los mayores valores se presentaron en el sustrato compuesto por las heces de vacas lecheras que fueron de 0,0174 a 0,0191 g por larvas, que se pueden considerar similares a los obtenidos en este estudio. Por lo que se sugiere que la composición de los sustratos en esta investigación no influyó en el peso de las larvas.

Aunque, en investigaciones sobre el efecto de las diferentes dietas, variando las concentraciones de proteínas y de carbohidratos y evaluando su efecto en el crecimiento y composición bromatológica de las larvas *Hermetia illucens* L., se comprobó que la proteína y los carbohidratos de la dieta, afectan significativamente el peso fresco y el seco de las larvas. También se demostró que el indicador proteína de la dieta es más determinante que los carbohidratos de esta, evaluados sobre el peso fresco y seco de las larvas, lo que evidencia la composición de las larvas

por el tipo de alimento, y resultando larvas más pesadas (Beniers & Graham, 2019).

Los mayores valores de rendimientos medios para la primera cosecha y todas las cosechas se obtuvieron ($P < 0,05$) para los tratamientos combinados de salvado de trigo 50% con 50% de cerdaza (B). No obstante, entre los demás tratamientos no se encontraron diferencias, excepto para el de gallinaza como sustrato solo con los menores valores (Tabla 4).

Resultados inferiores reportaron Casanovas et al. (2020) donde los rendimientos de larvas de mosca en base fresca se destacó en el sustrato salvado trigo, con valores de 830,27 g m⁻² y 82,37 g kg⁻¹, donde coincidió que este tratamiento presentó la mayor cantidad de larvas.

Los rendimientos de la 1ª cosecha fueron siempre mayores con respecto al resto de las cosechas, con valores de 90,28, 90,53, 82,52, 88,56 y 79,35 % en gramos por metro² para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente.

Tabla 4. Comparación de los rendimientos medios por tratamientos.

Rendimientos medios	Tratamientos					ES ±
	A	B	C	D	E	
1ª Cosecha, g m ⁻²	1424,52 b	2869,11 c	1395,26 b	2290,59 b	809,71 a	986,23*
Total de cosechas, g m ⁻²	1577,92 b	3169,04 c	1690,86 b	2586,53 b	1020,43 a	1014,15*
1ª Cosecha, g kg ⁻¹	65,86 b	140,85 c	69,21 b	112,07 b	51,28 a	52,98*
Total de cosechas, g kg ⁻¹	72,95 b	155,57 c	83,87 b	129,81 b	62,63 a	64,67*

Leyenda: Filas con diferentes subíndices difieren para $P < 0,05$, (Tukey)

Fuente: Elaboración propia

El factor rendimiento está determinado por el peso y el número de larvas, por lo que estos resultados se atribuyen a que coincide con el sustrato donde se obtuvo la mayor cantidad de larvas, ya que no se encontraron diferencias en el peso de las larvas en ninguno de los tratamientos.

Si se aumenta la cantidad de sustrato, no significa necesariamente un aumento en el rendimiento, se debe encontrar una cantidad adecuada de sustrato en función de las dimensiones de la abertura del recipiente utilizado (Gafar et al., 2019).

Según Barnard & Geden (1993), la influencia de la temperatura y la densidad, considerando la clasificación hacinamiento para las larvas, se aprecia de esta forma: Sin hacinamiento = 1 larva / g de estiércol, con hacinamiento moderado = 2,5 larvas / g de estiércol, con; hacinamiento = 5 larvas / g de estiércol. El más rápido desarrollo larvario se observó a 32 °C con una mayor variación en el tamaño de las larvas y con las mejores tasas de supervivencia sin hacinamiento.

Para este caso, la cantidad de larvas por gramo de sustrato presentó valores de hacinamiento en los sustratos de los tratamientos B (15,00), D (9,58), A (9,39) y C (6,02) y con la menor densidad el tratamiento E (4,05) para la 1ª cosecha.

En otras investigaciones realizadas por Hussein et al. (2017); Koné et al. (2017) y Sanou et al. (2019) también se destaca el salvado de trigo como el sustrato que produjo una mayor biomasa larvaria en comparación con otros sustratos como el estiércol vacuno y el salvado de mijo. Sus resultados se atribuyeron a que el salvado de trigo proporcione una estructura suelta, menos consistente y más aireada que los otros sustratos, que eran más compactos, con alta pérdida de humedad. Se demostró que las larvas varían el rendimiento según las características del sustrato utilizado, incluyendo el olor, la textura, tasa de descomposición, capacidad de retención de humedad y su composición química. La mayor biomasa larvaria se obtendría si son favorables las condiciones ambientales. Sin embargo, el sustrato se agotaría rápidamente favoreciendo

la alcalinización del medio, creándose una competencia entre las larvas, que terminaría reduciendo la masa larval (Pieterse & Pretorius, 2013).

Se evidencia que la combinación de 50 % de salvado de trigo y 50 % de cerdaza produjo la mayor cantidad de larvas de moscas con respecto a los restantes tratamientos, que pueden ofrecer una oportunidad para el aprovechamiento de estas heces fecales, siempre y cuando el precio del salvado de trigo sea bajo. Sería necesario realizar un estudio sobre la factibilidad económica de estos resultados.

Comparación de la composición bromatológica de cada sustrato transformado por las larvas de moscas

En todos los sustratos al transformarse por las larvas de moscas se notó un decrecimiento ($P < 0,05$), por kilogramo de materia seca del contenido de proteína bruta, con valores de 54,86 g en el salvado de trigo, 62,89 g en la combinación de 50% de salvado de trigo con 50 % de cerdaza, 92,36 en la cerdaza, 48,14 g en el salvado de trigo 50% con gallinaza 50%, y 52,92 g en la gallinaza (Tabla 5).

Esto se traduce en una proporción de conversión en proteína larval del 37,0 %, 35,3 %, 41,0 %, 29,5 % y 28,0 % para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente. Por lo que se propone que estos valores deben haber sido incorporados a la formación de las larvas de moscas. Además, aunque no se evaluó la calidad aminoacídica de la proteína, está demostrado el cambio cualitativo en la composición de las larvas de estos insectos, con un balance de aminoácidos esenciales, similar al de la harina de pescado (Gadzama & Ndudim, 2019).

Tabla 5. Comparación de los aportes de proteína bruta de los sustratos sin transformar y transformados, g.

Tratamientos	Sustratos sin transformar, Día 0	Sustratos transformados, Día 15	P
A	148,25 ± 1,85	93,39 ± 1,01	0,03 *
B	177,78 ± 2,56	114,89 ± 2,15	0,03 *
C	225,26 ± 3,95	132,90 ± 1,28	0,01 *
D	163,15 ± 1,77	115,01 ± 2,47	0,03 *
E	189,01 ± 4,10	136,09 ± 1,95	0,03 *

Leyenda: Valores medios en las mismas filas difieren para * $P < 0,05$

Fuente: Elaboración propia

Se ha comprobado que las moscas domésticas reducen el nitrógeno del estiércol, por lo procesos metabólicos llevados a cabo por las bacterias, que son después la fuente principal de nutrientes de las larvas (van Huis 2015), que obtuvieron una reducción 7,5 a 2,6% en estiércol de aves de corral y en estiércol vacuno, de hasta un 25% sobre materia base seca (Hussein et al., 2017). Por su parte Wang et al. (2013) obtuvieron en el estiércol porcino hasta un 78%. por lo que se debe tener en cuenta el manejo de

este desecho, ya que puede ser una fuente contaminante en los ecosistemas.

Un número de larvas pueden convertir una cierta cantidad de desechos de alimentos aumentando la densidad de cría, aunque cuando existe una relativa falta de alimento las larvas de mosca doméstica son capaces de emplear para su alimentación alimentos de bajo valor nutricional, como proteína vegetal y fibra cruda para sobrevivir (Cicková et al., 2015). Ello corrobora que la densidad de reproducción contribuye directamente a la tasa de conversión de sustrato; pero cuando la densidad de cría aumenta, la tasa promedio de la reducción de sustrato disminuye (Cheng et al., 2021).

Se coincide con los resultados que obtuvieron Casanovas et al. (2020) al demostrar que, en la transformación de los sustratos por las larvas, se notó un decrecimiento por kilogramo de materia seca en los contenidos de proteína bruta, con valores de 23,60 g con una proporción de conversión en proteína larval de 83,95% en sustrato de salvado de trigo.

Se concluye que, la conversión del nitrógeno, representado por la proteína bruta de los sustratos en la correspondiente a las larvas de moscas, fue aceptable respecto al encontrado en la literatura científica, con valores entre 28,0 y 37,0 %, con el mayor valor para el tratamiento de salvado de trigo 50% con cerdaza 50%.

Valoración de la inocuidad de los sustratos empleados y de las larvas de moscas producidas

Es una preocupación mundial la transmisión de enfermedades que pudieran ser transmitidas por la *Mosca doméstica* por lo que están creadas regulaciones en muchos países para su control en las granjas pecuarias (Martínez et al., 2015). Aunque fue planteado por la EFSA (European Food Safety Authority) que es posible el uso de los insectos y los sustratos para la obtención de alimentos (PROteINSECT, 2016).

En los resultados de laboratorio del control bacteriológico para la evaluación de la gallinaza se identificaron colonias reductoras de la lactosa en el medio de cultivo de enriquecimiento Agar Verde Brillante; por lo que se enfrentaron al Polivalente de Salmonella resultando negativos a patógenos. Corroborando esto con la bioquímica de las colonias, resultado citrato positivo y glucosa negativo, se descarta la presencia de *Salmonella* y de *E. coli*, que indica que los sustratos biotransformados, la cerdaza, la gallinaza y las larvas cosechadas, no mostraron presencia de agentes patógenos.

Por lo que, no se aislaron agentes patógenos (*Salmonella* y *E. coli*) en ninguna de las combinaciones de los sustratos al principio del experimento y al finalizar el mismo. Además, para la gallinaza, los resultados no arrojaron presencia de coccidia.

Similares resultados se observaron en estudios bacteriológicos en gallinaza, cuyos resultados de laboratorio mostraron que no existía presencia de Salmonella spp, tampoco se encontraron coliformes fecales en los sustratos

biotransformados de germen de maíz y cerdaza, lo que se atribuyó a las temperaturas alcanzadas en el proceso de fermentación de los mismos (Casanovas et al., 2021).

Aunque la biología de la mosca doméstica ha sido bien estudiada, principalmente enfocada en el esfuerzo para su control y se consideran un vector por su comportamiento de posarse en lugares contaminados y por su capacidad migratoria (Comisión Nacional de Sanidad Avícola / CONASA, 2018), en estos resultados no existió contaminación cruzada en ninguno de los tratamientos, ni en las larvas cosechadas.

Conclusiones

La temperatura en los sustratos estuvo desde 22,54 °C a 36,42 °C, siempre por encima de la temperatura ambiental en el moscarío, con una humedad relativa entre 44 y 68 %. La cantidad de agua empleada para metro cuadrado fue de 32,91; 32,35; 35,46; 30,29 y 32,19 L en las cosechas totales para los tratamientos A, B, C, D y E, respectivamente. El mayor rendimiento de larvas de moscas se obtuvo en la primera cosecha a los seis días para el tratamiento B con 2869,11 g m⁻² y 140,85 g kg⁻¹, que estuvo influenciado por el número de larvas. Para todos los tratamientos la mayor cantidad de larvas se obtuvo en la primera cosecha. La transformación de la proteína bruta de los sustratos por las larvas de moscas estuvo entre 28,0 y 41,0%, con el mayor valor para el tratamiento B. No se observó presencia de agentes patógenos (*Salmonella* spp., *Escherichia coli*, y *Coccidia*) en los tratamientos, ni en las larvas cosechadas.

Referencias bibliográficas

AOAC / Official Methods of AOAC International (2005). Association of Official Analytical Chemists

Animal Feed. Disponible: <https://www.aoac.org>. (Accessed May 15, 2010).

Barnard, D., Geden, C. (1993). Influence of larval density and temperature on development of the house fly (Diptera: Muscidae). *Environmental Entomology*, (22)5, 971-977. <https://doi.org/10.1093/ee/22.5.971>

Beniers, J., Graham, J. (2019). Effect of protein and carbohydrate feed concentrations on the growth and composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(3), 193 – 199. <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.0001>

Beskin, K., Holcomd, C., Cammack, J., Crippen, T., Knap, A., Sweet, S.y Tomberlin, J. (2018). Larval digestion of different manure types by the black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) impacts associate volatile emissions. *Waste Management*, 74, 213-220. <http://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.01.019>

Cammack, J.A., Miranda, C.D., Jordan, H.R. y Tomberlin, J.K. (2021). Upcycling of manure with insects: current and future prospects. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 605-619 <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0093>

Casanovas, E., Perales, D., Suárez, A., Medina, D.y Hernández, R. (2020). Producción de larvas de mosca doméstica *Musca domestica* L. en diferentes sustratos. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 51(1), 1-8. <http://www.ijisr.issr-journals.org/abstract.php?article=IJISR-20-257-08> (Accessed Oct 15, 2020).

Casanovas, E., Suárez del Villar, A., Álvarez, A., Reyes, R. (2021). Rendimiento de larvas de moscas (*Musca domestica* L.) con diferentes proporciones de germen de maíz y heces fecales porcinas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 13-18. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/463> (Accessed Dec 15, 2021).

Cheng, Z., Yu, L., Li, H., Xu, X.y Yang, Z. (2021). Use of housefly (*Musca domestica* L.) larvae o bioconversion food waster for animal nutrition and organic fertilizer. *Environment Science. Pollution*, 28, 48921- 48928. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-14118-8>

Cicková, H, Newton, G., Lacy, R.y Kozánek, M. (2015). The use of fly larvae for organic waste treatment. *Waste Management*, 35, 68-80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.026>

CONASA, Comisión Nacional de Sanidad Avícola. (2018). Guía de buenas prácticas: Control de plagas en establecimientos avícolas. http://WWW.senasa.gob.ar/sites/default/files/ARBOL_SENASA/ANIMAL/AVES/PROD_PRIMARIA/SANIDAD_ANIMAL/MANUALES/2018/manual_plagas.pdf (Accessed Jun 11, 2019).

Cruz, S., Chim, M., LOebmann, D., Reis J.y García, A. (2002). Influência da Temperatura e do Tipo de Substrato na Produção de Larvas de *Musca domestica* Linnaeus, 1758 (Diptera, Muscidae). *Revista Brasileira Zootecnia*. 31(5),1886-1889. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982002000800003>

Feldmeyer, B., Kozielska, M., B, K., F, W., Beukeboom, L.y Pen, I. (2008). Climatic variation and the geographical distribution of sex-determining mechanisms in the houses fly. *Evolutionary Ecology Research*, 10(6), 797-809. https://www.rug.nl/research/gelifes/tres/_pdf/fe_eaeer08.pdf (Accessed Oct 15, 2020).

Florez, M., Berkebile, D., Brewer, G.y Taylor D. (2019). Effects of temperature and diet in stable fly (Diptera: Muscidae) development. *Insects*, 10(207), 2-13. <https://doi.org/10.3390/insects10070207>

- Foley J.A., Ramankutty N., Brauman K.A., Cassidy E.S., Gerber J.S., Johnston M., Mueller N.D., O'Connell C., Ray D.K. y West P.C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478: 337-342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Gadzama I. U. y Ndudim R. K. (2019). Nutritional Composition of Housefly Larvae Meal: A Sustainable Protein Source for Animal Production – A Review. *Acta Scientifica Agriculture* 3 (4), 74-77. <https://actascientific.com/ASAG/pdf/ASAG-03-0388.pdf>
- Gafar, A., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J., Ouedraogo, I., Nacro, S., Kenis, M., Sanon, A. y Somda, I. (2019). Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso: Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Biosciences*, 134, 13689 – 13701 <https://doi.org/10.4314/jab.v134i1.6>
- Ganda, H.; Zannou-Boukaril, E.T., Kenis, M. C.A.A.M. Chrysostome y Mensah, G.A. (2019). Potentials of animal, crop and agri-food wastes for the production of fly larvae. *Journal of Insects as Food and Feed*, 5(2) 59-67. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0064>.
- Hussein, M., Pillai, V., Goddard, J., Park, H., Kothapalli, K., Ross, D., Ketterings, Q., Brenna, J., Milstein, M. y Marquis, H. (2017). Sustainable production of housefly (*Musca domestica*) larvae as a protein-rich feed ingredient by utilizing cattle manure. *Plos One*, 12 (2) 1-19 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0171708>
- INSMET/ Instituto de Meteorología. Cienfuegos. (2021). Datos meteorológicos mes de octubre 2021. En formato digital. www.insmet.cu (Accessed Dec 10, 2021)
- Koné, N., Sylla, M., Nacambo, S. y Kenis, M. (2017). Production of house fly larvae for animal feed through natural oviposition. *Journal of Insects as Food and Feed*, 3(3), 177-186 <https://doi.org/10.3920/JIFF2018.S1>
- Lähteenmäki-Uutela, A., Marimuthu, S. y Meijer, N. (2021). Regulations on insects as food and feed: a global comparison. *Journal of Insects as Food and Feed*, 7(5), 849-856. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0066>
- Makkar, H., Tran, G., Heuzé, V. y Ankers, P. (2014). State of the art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, 197, 1-33 <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2014.07.008>
- Martínez, A., Arriola, L. y Sahagún, A. (2015). Inhibición de la formación de pupas de *Musca domestica* L. por *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin nativa del estado de Guanajuato. *Jóvenes en la Ciencia*, 1,(2), 29-32, <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/218>
- Miranda, C., Cammack, J. y Tomberlin, J. (2020). Life-history traits of house fly, *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae), reared on three manure types. *Journal of Insects as Food and Feed*, 6(1), 81-90. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0001>
- Ossey, Y., Koumi, A., Koffi, K., Atse, B. y Kouame, L. (2012). Use of soybean, bovine brain and maggot as sources of dietary protein in larval *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Journal of Animal and Plant Sciences*, 15(1), 2099-2108. <http://www.m.elewa.org/JAPS/2012/15.1/Abstract3-atse.html> (Accessed May 20, 2019)
- Pastor, B., Velasquez, Y., Gobbi, P. y Rojo, S. (2015). Conversion of organic wastes into fly larval biomass: bottlenecks and challenges. *Journal of Insects as Food and Feed*, 1(3), 179-193. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0024>
- Pieterse, E. y Pretorius, Q. (2013). Nutritional evaluation of dried larvae and pupae meal of the housefly (*Musca domestica*) using chemical-and broiler-based biological assays. *Animal Production Science* (54), 347-355. <https://doi.org/10.1021/AN12370>
- Pino, M. (2018). Por qué todavía no comemos insectos: marco legal en la Unión Europea. *Revista de Bioética y Derecho*, (42), 311-341 <https://scielo.isciii.es/pdf/bioetica/n42/1886-5887-bioetica-42-00311.pdf> (Accessed May 20, 2019)
- PROteINSECT./Insects as Sustainable Sources of Protein. (2016). Addressing the need for feeds of the future today. Insect Protein- Feed for the Future. www.proteinsect.eu
- Rubio, B. (2015). Crisis de hegemonía y transición capitalista en el ámbito agroalimentario mundial. *Espacio abierto*, 24(2), 235-254. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/espacio/article/view/20299/20214> (Accessed Apr 10, 2019).
- Sanou, A., Sankara, F., Pousga, S., Coulibaly, K., Nacoulma, J., Ouedraogo, I., Nacro, S., Kenis, M., Sanon, A. y Sonda, I. (2019). Production de masse de larves de *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) pour l'aviculture au Burkina Faso: Analyse des facteurs déterminants en oviposition naturelle. *Journal of Applied Biosciences*. 134, 13689 – 13701. <https://dx.doi.org/10.4314/jab.v134i1.6>
- Sequeira, R., Millar, L., Bartels, D. (2001). Identification of Susceptible Areas for the Establishment of *Anastrepha* spp. Fruit Flies in the United States and Analysis of Selected Pathways. Raleigh, NC USDA-APHISPPQ Center Plant Health Science *Technology*, (47), 21, 1-47 https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/fruit_flies/downloads/isa.pdf

[\(Accessed May 11, 2019\)](#)

van Huis, A. (2015). Edible insects contributing to food security? *Agriculture and Food Security*, 4(20), 2-9 <https://doi.org/10.1186/s40066-015-0041-5>

Wang, H., Zhang, Z., Czapar, G., Winkler, M.y Zheng, J. (2013). A full-scale house fly (Diptera: Muscidae) larvae bioconversion system for value-added swine manure reduction. *Waste Management and Research*, 31(2), 223-231. <https://doi.org/10.1177/0734242X12469431>.

07

La resiliencia socioecológica y la transición agroecológica de la Finca Familiar Campesina "Australia"

The socio-ecological resilience and the Agro-Ecological transition of the Peasant Family Farm "Australia" The socio-ecological resilience and the Agro-Ecological transition of the Peasant Family Farm "Australia"

Yenier González Crossier¹

E-mail: yenier.gonzalez1994@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0009-0004-2363-9365>

Leidy Casimiro Rodríguez²

E-mail: leidy7580@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0530-3786>

Sergio Luis Rodríguez Jiménez¹

E-mail: sergio.rodriguez@umcc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9956-5199>

Sonia Beatriz Jardines González¹

E-mail: sonia.jardinez@umcc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1222-4004>

Jorge Luis Álvarez Marqués¹

E-mail: jorge.alvarez@umcc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8655-2831>

¹ Universidad de Matanzas. Cuba.

² Universidad de Santi Espíritus. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Crossier, Y., Casimiro Rodríguez, L. C., Rodríguez Jiménez, S. L., Jardines González, S. B. y Álvarez Marqués, J. L. (2024). La resiliencia socioecológica y la transición agroecológica de la Finca Familiar Campesina "Australia". *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 63-71. <http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El trabajo tuvo como objetivo validar la Metodología para la Evaluación de la Resiliencia Socioecológica (MERS) en Finca "Australia", para la valorización de criterios ecológicos, agronómicos, tecnológicos, de eficiencia, y socioculturales de la familia campesina y la comunidad, para contribuir a su resiliencia socioecológica y su transición agroecológica. Finca "Australia" está ubicada en el municipio de Jagüey Grande en la provincia de Matanzas. Se diagnosticaron las principales limitantes agroecológicas; se caracterizaron social y económicamente; se calcularon los índices de biodiversidad y se determinaron los indicadores energéticos. Se caracterizaron agrológicamente los campos de cultivos, valorando su uso y manejo. Se determinaron los índices de soberanía siguientes: soberanía alimentaria, soberanía tecnológica, soberanía energética y eficiencia económica para con estos determinar la resiliencia socioecológica de la finca, la cual alcanzó valores medios. Se evaluó el grado de transición agroecológico de la finca. Se reconocen las capacidades y oportunidades, que la finca familiar campesina y sus miembros ofrecen, lo cual es muy significativo para desarrollar estrategias de mejora a partir de las debilidades identificadas; fortaleciendo la cultura e identidad local sobre bases agroecológicas, inclusivas y participativas.

Palabras Clave:

Finca, Resiliencia Socioecológica, Soberanías

ABSTRACT

The objective of the work was to validate the Methodology for the Evaluation of Socioecological Resilience (MERS) in Finca "Australia", for the valuation of ecological, agronomic, technological, efficiency, and sociocultural criteria of the peasant family and the community, to contribute to its socio-ecological resilience and its agroecological transition. Farmstead "Australia" is located in the municipality of Jagüey Grande in the province of Matanzas. The main agroecological constraints were diagnosed; they were characterized socially and economically; biodiversity indices were calculated and energy indicators were determined. Crop fields were characterized agrológicamente, assessing their use and management. The following sovereignty indices were determined: food sovereignty, technological sovereignty, energy sovereignty and economic efficiency in order to determine the socio-ecological resilience of the farm, which reaches average values. The degree of agroecological transition of the farm was evaluated. The capacities and opportunities that the peasant family farm and its members offer are recognized, which is very significant to develop improvement strategies based on the identified weaknesses; strengthening local culture and identity on agroecological, inclusive and participatory bases.

Keywords:

Farms, Socioecological Resilience, Sovereignty.

INTRODUCCIÓN

La Revolución Verde, logró el objetivo de aumentar la productividad agrícola; sin embargo, provocó daños ambientales, sociales, culturales y económicos en las fincas de los campesinos y el entorno social donde viven, los que aún hoy siguen manifestando impactos negativos por la degradación ambiental y cultural. Esto conlleva a importantes procesos de insostenibilidad, al simplificar la forma de acercarse a las funciones ecosistémicas y disociar las relaciones entre la agricultura y su contexto socioecológico, con el objetivo primario de la reproducción del capital, sin valorar los impactos causados al medio ambiente y a la sociedad. La separación de los procesos económicos de los ciclos ecológicos ha conllevado al agotamiento de los recursos naturales y a crisis ecosistémicas, también ajenas a los ciclos de reproducción de las sociedades campesinas y a su función de mantener y reproducir la agricultura familiar, lo que ha generado desigualdades socioeconómicas, siendo esta, una de las causas fundamentales de los fuertes procesos migratorios rurales (Van der Ploeg, 2010; López, 2014; Ikerd, 2016; Nicholls *et al.*, 2016, citados por Casimiro, 2016).

La crítica situación enfrentada en la agricultura cubana, en diferentes etapas posteriores al triunfo de la Revolución, puso de manifiesto como el campesinado se sobrepuso a las mismas y siguió produciendo alimentos, utilizando técnicas y principios de la agroecología. Estos demostraron que, la soberanía alimentaria se puede alcanzar; y que la producción campesina de alimentos a través de sistemas con alto grado de integración agroecológica es una opción eficaz, pues comparada con el costo de los insumos importados y la inestabilidad de los índices productivos de la agricultura convencional, es más fructífera, estable, resistente a los embates económicos y climáticos, agrede menos al medio ambiente y es menos dañina a la salud humana (Casimiro, 2016).

Según Sarandón *et al.* (2014), es necesario aplicar metodologías y criterios de evaluación novedosos, que se traduzcan en análisis objetivos y cuantificables, que permitan detectar los aspectos críticos que impiden el logro de la resiliencia en sistemas agropecuarios en transición agroecológica, y sugerir medidas correctivas para superarlo; además, es preciso desarrollar un enfoque más integrador de la agroecología para conectar las diversas líneas de investigación, extensión y formación, para generar conocimientos específicos sobre algunas limitantes (plagas, deficiencias de nutrientes, flujos de energía, entre otros), debiéndose generar bases metodológicas que conecten los diferentes niveles del conocimiento a nivel del agroecosistema y de su entorno sociocultural y político, que incidan en la resiliencia socioecológica.

Sobre la base de los estudios realizados y los resultados obtenidos por Casimiro (2016), para la evaluación de la resiliencia socioecológica y la metodología de muestreo rápido de Nicholls *et al.* (2020), para el estudio de la

transición agroecológica, se desarrolló la presente investigación con el objetivo de aplicar la Metodología para la Evaluación de la Resiliencia Socioecológica (MERS) Propuesta por Casimiro, 2016 y Borrás *et al.* (2021) para valorar criterios ecológicos, agronómicos, tecnológicos, de eficiencia, y socioculturales de la familia campesina y la comunidad, para contribuir a su resiliencia socioecológica; y la de muestreo rápido para evaluar el nivel de transición agroecológico de Finca "Australia", durante los años 2016 al 2023.

Materiales y métodos

Finca "Australia" se encuentra situada en la localidad de "Perla", municipio de Jagüey Grande en la provincia de Matanzas, ubicada en los 22° 22' 33" de latitud norte y 81° 09' 21" longitud oeste. Posee una precipitación promedio anual de 1292 mm, distribuyéndose el 92,9 % en el periodo mayo-octubre y una temperatura promedio de 24° C. El tipo de suelo predominante es Ferralítico Rojo, según el mapa 1:25 000 del Grupo de Suelo y Fertilizantes de Matanzas (1985), estos suelos presentan acumulación de óxidos e hidróxidos de hierro, la arcilla predominante es silicatada de tipo 1:1, es de mediana fertilidad, relieve llano y buen drenaje interno y superficial, con elevada pedregosidad superficial e interna.

Finca "Australia", es una finca familiar campesina (estas aportan más del 80% de la alimentación del país según Casimiro (2016) y Oficina Nacional de Estadística e Información (ONEI, 2022); pertenece al sector cooperativo cubano (Cooperativa de Créditos y Servicios "Camilo Cienfuegos"), el cual gestiona el 71% de las tierras agrícolas en Cuba. Posee seis hectáreas; el promedio de área de las fincas familiares en Cuba es de 11,5 ha, incluida la superficie que ocupa la vivienda. El 46,0% de las tierras en Cuba son poco productivas o están degradadas (ONEI, 2022); esta finca desde sus inicios se dedicó a los cultivos de guayaba (*Psidium guajava* L), limón (*Citrus spp.* L), fruta bomba (*Carica papaya*, L.) y aguacate (*Persea americana*, L.), en un agroecosistema que mostraba muy baja diversidad vegetal y animal y presentaba una mezcla de prácticas tradicionales y convencionales.

Metodología para evaluar la Resiliencia Socioecológica (MERS) de una finca familiar campesina (Según Casimiro, 2016 y Borrás *et al.*, 2021).

La información necesaria para el cálculo de los diferentes indicadores se obtuvo a partir del diagnóstico de la finca en cada periodo, a partir de encuestas, entrevistas y mediciones de campo. El cálculo matemático se realizó en el marco de tiempo de un año, por tanto, los datos que se utilizaron fueron los valores promedios anuales. El estudio fue desarrollado entre los años 2016 al 2020, recolectándose datos cada año, analizando y caracterizando los cambios ocurridos en un conjunto de variables, las relaciones entre ellas, y el análisis en el tiempo de los

cambios de estado que ocurrieron en la transición agroecológica de esta finca.

Para cada año se estableció la medición de un conjunto de indicadores tecnológicos y de eficiencia, que permitieron determinar los índices de soberanía alimentaria (ISA), tecnológica (IST) y energética (ISE), la eficiencia económica (IEE); y con ellos la resiliencia socioecológica (IRS) de la finca familiar (Ver Tabla 1).

Tabla 1. Método de cálculo para la medición del Índice de Resiliencia Socioecológica en una finca familiar

Variable (i)	Peso (Wi)	Escala (Pi)	Índice (%)
Personas alimentadas/ha/año, por aportes de proteína	0,33	1-5	Soberanía Alimentaria $SA = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_i)}{5 \sum_{i=1}^n W_i} \cdot 100$
Personas alimentadas/ha/año, por aportes de energía	0,001	1-5	
Porcentaje de alimentos para la familia producidos en la finca	0,66	1-5	
Índice de utilización de la tierra	0,005	1-5	Soberanía Tecnológica $ST = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_i)}{5 \sum_{i=1}^n W_i} \cdot 100$
Porcentaje de insumos externos usados para la producción	0,201	1-5	
Diversidad de la producción utilizando el índice de Shannon	0,281	1-5	
Índice de aprovechamiento del potencial de FRE asociado a tecnologías apropiadas	0,401	1-5	Soberanía Energética $SE = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_i)}{5 \sum_{i=1}^n W_i} \cdot 100$
Intensidad Innovadora de la finca	0,111	1-5	
Eficiencia Energética	0,402	1-5	
Porcentaje de energía inyectada a la finca proveniente del exterior	0,110	1-5	
Porcentaje de energía aprovechada desde la finca	0,282	1-5	
Balance Energético	0,201	1-5	Eficiencia Económica $EEco = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i \times W_i)}{5 \sum_{i=1}^n W_i} \cdot 100$
Costo energético de la producción de proteína	0,003	1-5	
Relación Costo/Beneficio	0,1	1-5	
Índice de Dependencia de Insumos Externos	0,9	1-5	
Índice de resiliencia socioecológica (%)			
$IRS = \frac{SA + ST + SE + EEco}{4} \cdot 100$			

Fuente: Casimiro, 2016 y Borrás *et al.* (2021)

Asimismo, se introdujeron en el análisis los indicadores Intensidad Innovadora de la Finca (IIF) y el Índice de Aprovechamiento de Fuentes Renovables de Energía (IAFRE) asociadas a tecnologías apropiadas.

Para determinar la resiliencia socioecológica, según la Metodología MERS (Casimiro, 2016) se asume que cada índice tiene una importancia relativa de igual peso, por tanto, los índices de SA, ST, SE y EE, se promediaron para calcular el Índice de Resiliencia Socioecológica (IRS) en cada año objeto de estudio.

Metodología para evaluar el estado de transición, basada en los principios agroecológicos propuesta por Nicholls *et al.* (2020)

El objetivo de la metodología es determinar si un sistema agrícola se basa en los principios agroecológicos,

proporcionando un conjunto de indicadores que los agricultores aplican a través de una serie de observaciones de campo y mediciones simples. Para el inventario de las prácticas agroecológicas que se realizan en Finca "Australia" y como tributan las mismas a los principios agroecológicos se usó la propuesta de Nicholls *et al.* (2020).

Después de calificar los indicadores, los campesinos pueden evaluar el grado en que se están aplicando los principios agroecológicos (Nicholls *et al.*, 2020) en sus fincas a través de las prácticas que utilizan en el diseño y manejo de sus sistemas agrícolas.

La herramienta no sólo permite una evaluación contextualizada, sino que, quizás lo más importante, crea un proceso que permite a los campesinos reflexionar y utilizar la herramienta como guía para adoptar o ajustar sus prácticas basadas en principios agroecológicos, cambiando el diseño y manejo de las fincas, con el fin de optimizar aún más el funcionamiento de su agroecosistema. El desarrollo de dicha herramienta práctica es clave para determinar si los agricultores en transición están en el camino adecuado.

La metodología consta de dos partes. La primera es una encuesta de evaluación simple y rápida basada en la calificación de ocho indicadores que permite evaluar si las prácticas utilizadas por los agricultores coinciden con los principios agroecológicos. La segunda parte utiliza los mismos indicadores para definir un "umbral", por debajo del cual se estima que un sistema agrícola aún no está "basado en la agroecología". Este proceso permite contextualizar la herramienta para permitir que los agricultores reflexionen y la utilicen como guía para adoptar o ajustar sus prácticas basadas en los principios de la agroecología, instándolos a cambiar el diseño y el manejo de la finca, a fin de optimizar la función del agroecosistema.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se muestra la composición social de la familia González-Crossier.

De su análisis se pueden apreciar los siguientes elementos:

- Las edades de la familia van de los 65 (cabeza de familia) hasta los tres años (hija más joven).
- La composición de género es de dos mujeres y cuatro hombres.
- La escolaridad: tres con nivel medio, dos con nivel superior
- Los años de experiencia en el cultivo de la tierra va desde los 25 años (padre), hasta los cinco años (hijo menor y autor del presente trabajo).

Tabla 2. Composición social de la familia González-Crossier.

Nombre y apellidos	Edad	Sexo	Nivel Escolar	Años de experiencia	Rol familiar
Feliberto González Navarro	65	M	Medio	25	Padre
Mercedes Crossier Molán	65	F	Medio	15	Madre
Yoenis González Crossier	41	M	Superior	6	Hijo
Yenier González Crossier	28	M	Superior	5	Hijo
Yamila Matos Ramil	32	F	Superior	10	Esposa
Eduardo Delgado Fundora	48	M	Medio	19	Asociado
Brian González Matos	13	M	Primaria	--	Hijo
Briana González Matos	03	F	--	--	Hija

Fuente: Elaboración propia

En la finca todos aportan al Proyecto, la familia y la transmisión de la información representan un factor de cohesión social y transición agroecológica hacia la sostenibilidad. La reproducción de los saberes ecológicos locales responde a la lógica del dar y recibir beneficios del agroecosistema, de la gestión de la biodiversidad y la agrobiodiversidad y el reconocimiento de las identidades locales; de la herencia de los conocimientos locales como patrimonios bioculturales. De una producción descentralizada, donde se contextualiza lo colectivo en enseñanzas de lo cotidiano. La biodiversidad en cultivos son procesos donde el ser humano tiende a movilizar sus capacidades de observación y análisis, sobre la producción de semillas, nutrición de cultivos, control biológico de plagas y reproducción de animales, entre otros (Blondeau y Korzenszky, 2022).

La Resiliencia Socioecológica de Finca "Australia"

Con bases metodológicas agroecológicas y de forma participativa, se podrían fortalecer y rescatar tradiciones perdidas en los campos cubanos, a la vez de la creación de una nueva cultura pertinente al contexto actual, que al desarrollarse desde la célula fundamental de la sociedad, la familia misma, permitiría desarrollar en estas fincas, espacios de aprendizaje intergeneracionales, consolidados con los avances de la innovación y la experimentación campesina y los lazos con los diferentes centros de investigaciones, interactuando constantemente con el entorno

y como parte de redes de circuitos de comercialización que se podrían extender a pueblos y ciudades (Borrás *et al.*, 2021); sobre esta base conceptual es que se desarrolló el presente estudio para darle continuidad al trabajo de investigación desarrollado en el año 2018.

La Metodología de Evaluación de la Resiliencia Socioecológica (MERS) es una nueva herramienta científica, analítica y metodológica que permite, a partir de la evaluación del conjunto de indicadores e índices propuestos, no solo determinar la resiliencia socioecológica de una finca familiar campesina, también sirve de base conceptual, metodológica y práctica para la transición agroecológica con estrategias contextualizadas (Casimiro, 2016 y Borrás *et al.*, 2021). Los resultados que a continuación se presentan y analizan fueron obtenidos con la aplicación de la misma; que tienen sus antecedentes en Cuba en la tesis de doctorado en agroecología de la campesina-investigadora Leidy Casimiro Rodríguez (Casimiro, 2016).

La misma parte de un conjunto de indicadores e índices preestablecidos y evaluados previamente por paneles de expertos y métodos estadísticos, para medir la resiliencia socioecológica y dar seguimiento al proceso de transición agroecológica de fincas familiares en Cuba, independientemente de sus dimensiones y enfoque tecnológico. Los resultados que a continuación se presentan y discuten son producto de la aplicación de la misma en Finca "Australia" durante los cinco años de la investigación.

Tabla 3. Indicadores evaluados en la Finca "Australia," entre los años 2016 y 2020.

Indicadores/Índices	Años				
	2016	2017	2018	2019	2020
Personas alimentadas, por aportes de proteínas, p/ha/año(Pp).	12,64	6,16	8,90	5,15	5,47
Personas alimentadas, por aportes de energía, p/ha/año(Pe).	5,58	3,33	4,77	3,56	3,78
Porcentaje de alimentos para la familia producidos en la finca (Af, %).	78,00	65,00	85,00	80,0	80,00
Soberanía alimentaria (ISA)	0,86	0,86	0,99	0,87	0,93
Índice de utilización de la tierra (IUT).	1,53	0,96	1,03	0,98	1,11
Porcentaje de insumos externos usados para la producción, % (IE).	0,69	0,82	0,89	0,76	0,76
Diversidad de la producción (H).	2,14	2,11	2,14	2,15	2,14
Índice de aprovechamiento del potencial de FRE asociado a tecnologías apropiadas (%) (IAFRE).	38,49	50,06	25,03	62,23	23,69
Intensidad Innovadora de la finca, % (IIF).	81,74	78,18	77,27	77,27	77,57

Soberanía Tecnológica (IST).	0,66	0,57	0,49	0,73	0,57
Porcentaje de energía aprovechada desde los recursos de la finca, % (EF).	0,31	0,18	0,11	0,24	0,24
Eficiencia energética, MJ producidas/MJ insumidos del exterior de la finca (EE).	2,88	4,19	0,76	1,56	1,10
Costo energético de la producción de proteína, MJ/ kg (CEP).	30,34	21,72	142,29	93,31	68,62
Total, de insumos energéticos importados al sistema, MJ/año.	53,81	120,23	117,92	67,44	52,67
Soberanía Energética (ISE)	0,51	0,65	0,20	0,34	0,43
Relación costo-beneficio (RCB).	0,49	0,49	0,47	0,47	0,50
Índice de dependencia externa (IDIE, %).	0,82	0,88	0,87	0,82	0,88
Eficiencia Económica (IEE)	0,24	0,18	0,24	0,26	0,26
Índice de Resiliencia Socioecológica (IRS, %)	57,22	56,99	48,35	54,91	54,87

Fuente: Elaboración propia

Índice de Soberanía Alimentaria (ISA)

El indicador que tuvo más peso en el cálculo final del Índice de Soberanía Alimentaria (ISA), fue el porcentaje de alimentos para la familia producidos en la finca (AF), con contribuciones superiores al 80% (tabla 3), en todos los años de estudio, convirtiéndose en el indicador más importante, lo que evidencia que la familia de Finca "Australia" produce la mayor parte de los alimentos que consume, tienen el control sobre las dietas y los productos que la conforman, lo que concuerda con los estudios de Casimiro (2016). En este mismo Índice las personas alimentadas, por aportes de proteínas, p/ha/año(Pp) y alimentadas, por aportes de energía, p/ha/año(Pe) fueron superiores a cinco.

Finalmente, el ISA alcanza valores entre 0,86 y 0,99 lo que concuerda con reportes similares realizados por Casimiro (2016) y Borrás *et al.* (2021) al estudiar fincas familiares campesinas en varias provincias y municipios del país, entre las que destaca "Finca Del Medio" ubicada en Taguasco, Sancti Espíritus, propiedad de su familia. Estos resultados demuestran que las familias campesinas satisfacen gran parte de los requerimientos calóricos y nutricionales de la dieta, produciendo importantes excedentes para la comercialización a nivel local.

En este sentido es importante destacar el significado de esta práctica de producción de alimentos para garantizar el autoconsumo familiar y la producción de excedentes para reconocer su aporte al sistema agroalimentario y encontrar allí expresiones y posibilidades del concepto de soberanía alimentaria, el cual trasciende el de seguridad alimentaria, porque más allá de referirse a la producción, distribución y abastecimiento de alimentos, aquella (la soberanía) prioriza a las personas, valora a los productores de alimentos a pequeña escala, acerca a los proveedores y consumidores de alimentos, desarrolla habilidades y conocimientos locales y promueve prácticas sostenibles.

Índice de Soberanía Tecnológica (IST)

Destacan en este Índice, el "uso equivalente de la tierra (JET)" con valores superiores a uno, excepto en el año 2019 que fue de 0,98% (tabla 3), estos resultados evidencian que en la finca existe una agrobiodiversidad que permite realizar rotaciones y estructurar sistemas de asociación de cultivos que hacen que los mismos muestren una mayor potencialidad en expresar sus rendimientos agrícolas que en monocultivos; este indicador expresa y evalúa las ventajas o desventajas, en términos de producción biológica, práctica agronómica y la competencia entre cultivos, para determinar si el policultivo es o no más eficiente que el monocultivo. Los resultados de forma general arrojan eficiencia en el uso de la tierra al implementar diversidad de cultivos en la finca Australia.

El indicador "porcentaje de insumos externos usados para la producción, % (IE)" en todos los años es demasiado alto, lo cual demuestra que para alcanzar la sostenibilidad de una finca familiar campesina pasa necesariamente por la disminución de insumos externos a la finca.

La "diversidad de la producción (H), se mueve entre 2,11 y 2,14, valores que coinciden con estudios realizados por Casimiro en seis fincas de Santi Spíritus durante el año 2021 (Borrás *et al.*, 2021).

Estos resultados permiten apreciar que existe una gran diversidad varietal y es una práctica que utilizan los agricultores para tener diversidad de especies en tiempo y espacio, para minimizar los riesgos de pérdidas en alguna producción por algún evento negativo externo y su potencialidad en la conservación de los recursos fitogenéticos locales.

El indicador durante los años estudiados no presentó diferencias significativas, lo que demuestra estabilidad en la diversidad de cultivos y especies animales en la finca durante todo el período de evaluación. Estos resultados indican que el índice de Shannon resulta efectivo para

considerar en el análisis la distribución espacial de las variedades en términos de área.

El índice de Shannon, de acuerdo con los resultados, resulta sumamente útil en el propósito de estimar los cambios en la uniformidad de las variedades para una finca en momentos diferentes. Esto coincide con los resultados de la universidad de Princeton, que consideran a este índice un buen indicador del ecosistema y las variaciones registradas para un lugar en tiempos diferentes, que puede dar una idea con valores comparables de los cambios ocurridos. También concuerda con otros que lo señalan un índice muy popular, como medida de diversidad por su amplia aplicación en la cuantificación de la diversidad a diferentes niveles en los sistemas productivos y varios objetos, pues unifica la riqueza y uniformidad en una expresión, reflejando la heterogeneidad del sistema.

El índice de aprovechamiento del potencial de Fuentes Renovables de Energías asociado a tecnologías apropiadas (%) (IAFRE) alcanza su mayor valor en el año 2019, (tabla 3), siendo este el año de un mayor valor del IST con un 0,73; lo que se fundamenta en el uso de la energía solar, de la tracción animal y de la biomasa producida al interior del predio, lo que elevó la eficiencia y soberanía energética al decrecer la necesidad de importar combustibles fósiles al sistema.

El IST, alcanza valores entre 0,49 (2018) y 0,73 (2019), reportes similares fueron realizados por Casimiro (2016) y Borrás *et al.* (2021).

En este contexto se considera importante incrementar el acceso a tecnologías apropiadas para el uso incrementado de las fuentes renovables de energía (FRE), coincidiendo con Garrido *et al.* (2020), que expresa que el acceso a servicios energéticos adecuados, asequibles y sostenibles resulta imprescindible para alcanzar la mayoría de los estándares adecuados de desarrollo.

Como expresan Casimiro (2016) y Garrido *et al.* (2020), es preciso destacar que a pesar de que se han desarrollado en Cuba un número creciente de proyectos energéticos comunitarios, que reflejan diversas configuraciones socio-técnicas en el sector energético y rural, como por ejemplo el proyecto de colaboración internacional Biomasa Cuba, la implementación de los mismos parece acotada a necesidades puntuales de comunidades aisladas y a las posibilidades finitas del apoyo financiero de la colaboración, con indudables problemas sociales que siguen persistiendo a escala general y que no permiten vislumbrar una articulación más amplia que la mera experiencia de algunas experiencias exitosas. Por tanto, se considera que deben existir políticas públicas que fomenten el acceso físico y económico para adquirir diferentes tecnologías apropiadas y el máximo aprovechamiento de las FRE, a precios justos, para su transferencia y contextualización por la agricultura familiar, para elevar su eficiencia en todos los sentidos.

Índice de Soberanía Energética (ISE)

En este Índice, la finca muestra baja eficiencia en todos sus indicadores siendo los más significativos el "total de insumos energéticos importados al sistema, (MJ/año)-CEP con valores picos de 120,23 y 117,92 (tabla 3) como consecuencia del ingreso a la finca de alimentos para los cerdos, fundamentalmente, lo que conduce a valores de ISE entre 0,20 (2018) a 0,65 (2017), lo que lleva a concluir que en esta finca tienen aún muchas oportunidades para mejorar la soberanía energética y para ello es necesario reducir la demanda energética del agroecosistema, con el aumento de la producción de energía proveniente de fuentes renovables, el incremento de la diversidad de productos y la disminución de la demanda de energía externa, (de cualquier tipo) que restringe la capacidad de adaptación y, en consecuencia, compromete la resiliencia, lo que coincide con los estudios de Casimiro *et al.* (2020).

Índice de Eficiencia Económica (IEE)

Los valores del IEE fluctúan para los años en estudio de un 0,18 al 0,26. La eficiencia económica, es uno de los cuatro índices necesarios para calcular el índice de resiliencia socioecológica (IRS), que se basa en la relación costo-beneficio y el índice de dependencia externa de insumos; en la interpretación del mismo se determinó que las fincas con mayor autonomía en el uso de los recursos disponibles, son las que introducen menos insumos externos para los procesos productivos, lo que mejora la relación costo-beneficio y permite una favorable eficiencia económica; aquellas que importan más recursos, fundamentalmente concentrados para la alimentación animal, productos químico-sintéticos para aplicar en algunos cultivos, semillas y otros insumos externos se ven más afectadas (Borrás *et al.*, 2021).

En Finca "Australia" este índice quedó notablemente afectado con valores menores a 0,50 (tabla 3), en la relación costo-beneficio y un índice de dependencia cercanos al 100%. Aún se percibe un gran predominio de los aspectos económicos al definir el desarrollo. Es imperiosa la necesidad de trascender esta concepción que tiende a reducir el ser humano a ser un ente unidimensionalmente económico.

Índice de Resiliencia Socioecológica (IRS, %)

Sobre la base de los valores de IRS (ver tabla 3) y la propuesta de Casimiro (2016) ver tabla 4. Se puede concluir que Finca "Australia" esta evaluada como "medianamente resiliente" al alcanzar valores entre 48,35% (2018) y 57,22% (2016), lo cual coincide con Molina *et al.* (2017) en estudios realizados en Costa Rica con la herramienta Valoración Holística de la Resiliencia Climática de Agricultores y Pastores (SHARP-FAO por sus siglas en inglés y elaborada entre los años 2013 y 2015) concluyeron que las fincas

agroecológicas evaluadas dentro del estudio mostraron un nivel de resiliencia medio.

Tabla 4. Escala para denominar el grado de resiliencia socioecológica del agroecosistema.

Escala	Grado de resiliencia socioecológica del sistema	
	Valor (%)	Denominación
1	0-20	No resiliente
2	21-40	Poco resiliente
3	41-60	Medianamente resiliente
4	61-80	Resiliente
5	80-100	Altamente resiliente

Fuente: Casimiro (2016)

Incrementar el IRS de Finca "Australia" pasa en el futuro y en cualquiera de los plazos necesarios por:

- Diversificar la producción con diseños y prácticas agroecológicas.
- Incrementar la presencia del componente animal.
- Mejorar el sistema de riego para elevar la eficiencia y la capacidad productiva.
- Montar sistemas para la biodigestión de las excretas animales y la obtención, uso y almacenamiento de biogás y biol.
- Potenciar la producción y uso de abonos orgánicos.
- Disminuir los paquetes tecnológicos, por prácticas y usos de los recursos de la finca.
- Completar las tecnologías apropiadas para gestionar en lo posible, más del 75% de la energía con FRE. Esto es, introducir molinos de viento, celdas fotovoltaicas y otras infraestructuras que favorezcan la eficiencia energética a partir del uso de las energías de la biomasa, eólica y solar.
- Fortalecer el vínculo con la comunidad y con promotores agroecológicos, para la contextualización de tecnologías agroecológicas que se puedan adaptar a las condiciones de la finca.
- Comercializar sus producciones de forma directa.
- Captar fuentes de financiamiento, a través de proyectos de ciencia e innovación que puedan contribuir a mejorar la infraestructura y eficiencia de la finca para la producción, transformación y comercialización de productos agroecológicos.

- Participar en cursos de capacitación y sensibilización para la producción agroecológica.
- Fomentar el cierre de ciclos en la producción y el agregado máximo de valor a las producciones.
- Incrementar el portafolio de productos transformados para el consumo, conservación y comercialización, lo cual puede contribuir a nuevos empleos y la generación de nuevos ingresos a la economía familiar.
- Articularse a redes sociales para promover la transición de la finca y conocer e intercambiar con otras experiencias exitosas.

Los resultados de la aplicación de la MERS en Finca "Australia" dejan otras enseñanzas desde lo cualitativo, que Borrás *et al.* (2021) las resume como "*las siete necesidades*": tener el espacio y las herramientas necesarias para poder vivir y trabajar bien (confort); las fuentes y el uso que se hace de la energía, considerar la sostenibilidad del sistema (energía); la salud de las personas (comida sana); como que el ambiente en el que viven y trabajan esté libre de químicos (salud); tener las personas amadas cerca, la familia y la unión familiar (afectivas); la importancia de las relaciones con el entorno y la creación de redes de intercambio (relacionales); tener el dinero suficiente para poder comprar lo necesario (financieras); recibir apoyo por parte de políticas agrarias y promover cambios en las leyes, de modo que las fincas familiares sean una opción viable, deseada y valorada (políticas).

Evaluación del estado de transición agroecológica de Finca "Australia"

Los resultados de la aplicación de la metodología de muestreo rápido según Nicholls *et al.* (2020), para evaluar el estado de transición agroecológico alcanzado por Finca "Australia" durante los siete años (2016-2022) de estudio se muestran en la tabla 5.

Un análisis, de los valores alcanzados en cada año de estudio demuestran, que con el decursar de los años y la aplicación consciente y sistemática de buenas prácticas agroecológicas los indicadores evaluados mejoran cada año y hacen que el agroecosistema transite hacia un manejo agroecológico, resultados que coinciden con Borrás *et al.* (2021), Nicholls *et al.* (2020), Guilcamaigua (2022), Horner (2023).

Tabla 5. Comportamiento de los indicadores de transición agroecológica por años de estudio.

Indicadores/años	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Diversidad del Paisaje	4	4	4,5	5	5	4,8	5
Diversidad de cultivos	3,5	3,7	4	3,9	5	4,5	4,7
Diversidad genética	3	3	3,2	3,3	3,5	3,5	3,8
Calidad y manejo del suelo	3	3	3,4	3,4	4	3,8	4,1
Sanidad vegetal	3	4	4	4,3	4,3	4,3	4,5
Dependencia de insumos externos	2,8	2,8	3	3,1	3,4	3,3	3,7
Interacciones y sinergias	4	4,2	4,5	4,4	4,5	4,7	4,7
Productividad	4	4	4,1	4,4	4,7	4,6	4,7

Fuente: Los autores a partir de Nicholls *et al.* (2020)

Los resultados demuestran que la transición ecológica se hace evidente, a pesar de que la resiliencia sigue siendo mediana (tabla 3), lo que reafirma que la agroecología, desde el enfoque ecológico tiene impactos positivos; pero al tener resultados no tan deseados en los índices de resiliencia significa que sus causas raíz pueden encontrarse más hacia lo externo que a lo interno de la finca.

Realizando una valoración de los resultados generales en la aplicación de ambas metodologías se puede evidenciar que existe una transición agroecológica expresada en indicadores biológicos y de biodiversidad favorable, sin embargo, desde el enfoque de la eficiencia económica, tecnológica y energética se consideran que algunos elementos externos que están influyendo en resultados no tan favorables pueden ser los siguientes:

- Escasez de fuerza de trabajo rural, lo cual ha sido informado además en otras investigaciones.
- Altos costos de los jornales.
- Poco aprovechamiento del potencial de fuentes renovables de energía con tecnologías apropiadas.
- Ausencia en el entorno local de especialistas en servicios de instalación o reparación tecnológica.
- Pérdida de tradiciones y ofertas de servicios en el entorno rural que dificultan algunas demandas de la finca.
- Se desperdician volúmenes de la producción, debido a ineficiencias en los mecanismos de comercio, beneficio, empaque, transportación, conservación, y almacenamiento.
- Falta de infraestructuras en mercado local y elevados costos de los insumos agropecuarios, causados por la inflación.
- Imposibilidad de realizar importaciones por los altos costos de adquisición.
- Precios a la producción familiar, en muchos casos, por debajo de los costos de producción.
- Robos constantes en el entorno rural.

- Se pierde tiempo en trámites sencillos del quehacer agropecuario que dependen de salidas de la finca y que se extienden por la cultura de la burocracia.

Por todo lo anterior se estima que se hace necesario: potenciar políticas públicas favorables que conduzcan la producción agrícola, pecuaria y silvícola hacia la transición agroecológica, pues resulta imprescindible para lograr la soberanía alimentaria y nutricional del país. Por el papel que ha jugado históricamente la agricultura familiar, estas políticas deben fomentar de forma prioritaria, modos de vida sostenibles en el campo enfocado en la resiliencia socioecológica.

A la luz de la resiliencia, es importante que la agricultura familiar sea económicamente favorable y socialmente aceptable, pero también debe ser energéticamente eficiente. Deben requerir menos energía para mantener la productividad y eficiencia en el largo plazo sin menoscabo de la salud del suelo, de la biodiversidad y de la salud humana.

Conclusiones

- Las metodologías propuestas parten de un conjunto de indicadores, índices, principios y prácticas preestablecidos, para medir la resiliencia socioecológica y dar seguimiento al proceso de transición agroecológica de fincas familiares campesinas.
- Se consideran como bases metodológicas principales para el proceso de transición agroecológica hacia una agricultura familiar resiliente: la eficiencia y el desarrollo de índices de Soberanía Alimentaria, Soberanía Tecnológica, Soberanía Energética y Eficiencia Económica bajo el diseño y manejo agroecológico, sustentados por la permanencia de la familia campesina en su finca, la mejora de sus medios de vida y trabajo, estabilidad económica y acceso a recursos financieros de bajos intereses.
- Los resultados obtenidos del muestreo rápido demuestran que la transición ecológica se hace evidente, a pesar de que la resiliencia es media, lo que reafirma que la agroecología, desde el enfoque ecológico tiene impactos positivos; pero al tener resultados no tan

deseados en los índices de resiliencia significa, que el problema es más externo que a lo interno de la finca.

- Al combinar la aplicación periódica de MERS con la Metodología para evaluar el estado de transición basada en los principios agroecológicos, se puede comprender que los sistemas socioecológicos son sistemas adaptativos complejos, y que un estado estable de larga duración es muy difícil de lograr y tiene influencias tanto internas en el diseño y manejo del sistema, como externas (políticas públicas, mercado, cultura local, cadenas de valor). Las escalas de valoración de este conjunto de indicadores y su comprensión e interpretación de forma integral y participativa pueden apoyar a trazar e implementar estrategias que contribuyan a la estabilidad, capacidad y resiliencia de Finca “Australia”.
- Se reconocen las capacidades y oportunidades, que la finca familiar campesina y sus miembros ofrecen, lo cual es muy significativo para desarrollar estrategias de mejora a partir de las debilidades identificadas; fortaleciendo la cultura e identidad local sobre bases agroecológicas, inclusivas y participativas.

Referencias bibliográficas

- Blondeau, S. & Korzenszky, A. (2022). Agricultura Familiar. Nota de Orientación Jurídica 8. <https://www.fao.org/3/cb8227es/cb8227es.pdf>.
- Borrás-Escayola, M., Casimiro-Rodríguez, L. & Suárez-Hernández, J. (2021). Evaluación de la resiliencia socioecológica en seis fincas de la provincia de Sancti Spiritus, Cuba. *Pastos y Forrajes*. 44. 2021.
- Casimiro, L. (2016). Bases metodológicas para la resiliencia socioecológica de fincas familiares en Cuba. Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Agroecología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Casimiro-Rodríguez, L., Casimiro-González, J. A., Suárez-Hernández, J., Martín-Martín, G.J.; Navarro-Boulandier, M. & Rodríguez-Delgado, I. (2020). Evaluación de la resiliencia socioecológica en escenarios de agricultura familiar en cinco provincias de Cuba. *Pastos y Forrajes*. 43(4):304-314. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942020000400304&lng=es&nrm=iso.
- Garrido, S., Lalouf, A. & Moreira, J. (2020). Energías renovables y procesos de desarrollo inclusivo y sustentable. De las políticas públicas puntuales a los abordajes sistémicos. En: G. Santos et al. *Tecnologías públicas: estrategias políticas para el desarrollo inclusivo sustentable*. Universidad Nacional de Quilmes.
- Guilcamaigua, D. E. (2022). Evaluación de las 4 S para la transición agroecológica. Determinación social en la propuesta de un sistema de evaluación crítico e intercultural y su aplicación en el valle agrícola de Cotopaxi. [Tesis presentada como requisito para optar al título de Doctora en Salud Colectiva, Ambiente y Sociedad]. Quito. Ecuador. Universidad Andina Simón Bolívar.
- Horner, C. (2023). Exploring Potential Domains of Agroecological Transformation in the United States. Graduate College Dissertations and Theses. 1658. <https://scholarworks.uvm.edu/graddis/1658>.
- Molina, S. A., Barrientos, G., Bonilla, M., Garita, C., Jiménez, A., Madriz, M., Paniagua, J., Rodríguez, J. C., Rodríguez, L., Treviño, J. & Sandra Valdés, S. (2017). ¿Son las fincas agroecológicas resilientes? Algunos resultados utilizando la herramienta SHARP-FAO en Costa Rica. *Ingeniería* 27 (2): 25-39.
- Nicholls, C. I., Altieri, M. A., Kobayashi, M., Tamura, N., McGreevy, S. & Hitaka, K. (2020). Assessing the agroecological status of a farm: a principle-based assessment tool for farmers” *Agro Sur* 48 (2): 29-41.
- DOI:10.4206/agrosur.2020.v48n2-04.
- Oficina Nacional de Estadística e Información. (2022). Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca. Anuario Estadístico de Cuba 2021. La Habana: Oficina Nacional de Estadística e Información. <http://www.onei.gob.cu/node/13606>.
- Sarandón, S. J., Flores, C. C., Gargoloff, A. & Blandi, M. L. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En: S. J. Sarandón & C. C. Flores, edits. *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables*. La Plata, Argentina: Editorial de la Universidad de La Plata, pp. 375-410. <https://veredasojs.xoc.uam.mx/index.php/veredas/article/view/660/618>.

08

Estrategia del capital humano, con enfoque prospectivo, de la Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de septiembre"

Human capital strategy, with a prospective approach, of the Agroindustrial Sugar Company "5 de septiembre"

Madelyn Avilés Cedeño¹

Email: madelin@5sept.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1421-6585>

Miguel Suárez Castellá²

Email: miguel.suarez@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2358-5713>

¹ Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre", Cienfuegos, Cuba.

² Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Avilés Cedeño, M.y Suárez Castellá, M. (2024). Estrategia del capital humano, con enfoque prospectivo, de la Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de septiembre". *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1),72-81. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La agroindustria azucarera cubana está llamada a un profundo proceso de cambio, basado en el redimensionamiento y perfeccionamiento de sus empresas. La realización de estos cambios, con profundas implicaciones económicas y sociales, tiene que estar basado necesariamente en procedimientos científico – técnicos que permitan reducir el margen de error de las decisiones. La producción cañera ha sufrido un declive sostenido en los últimos años, influidos por múltiples factores. La estrategia del país para el sector está dirigida a su recuperación a corto, mediano y largo plazo, donde la proyección del desempeño de los recursos humanos es clave. Toda decisión vinculada a procesos de cambio constituye una de las principales fuentes de empleo del municipio de Rodas y debe ser evaluada desde una perspectiva mucho más abarcadora que el propio ámbito empresarial. Para ello se hacen necesaria las herramientas de la prospectiva estratégica, fundamentalmente el método de escenario para el desarrollo de estrategias con el Capital Humano con actor principal en el cumplimiento de las metas productivas en el futuro. El presente trabajo muestra los resultados preliminares de la aplicación de un procedimiento metodológico para análisis prospectivo del capital humano para la recuperación cañera de la empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre" del municipio de Rodas .

Palabras clave:

Producción cañera, Técnicas prospectivas, Recursos humanos.

ABSTRACT

The Cuban sugar agroindustry is called to a profound process of change, based on the resizing and improvement of its companies. The implementation of these changes, with profound economic and social implications, must necessarily be based on scientific-technical procedures that allow reducing the margin of error in decisions. Sugarcane production has suffered a sustained decline in recent years, influenced by multiple factors. The country's strategy for the sector is aimed at its recovery in the short, medium and long term, where the projection of the performance of human resources is key. Any decision linked to change processes constitutes one of the main sources of employment in the municipality of Rodas and must be evaluated from a much broader perspective than the business environment itself. For this, the tools of strategic foresight are necessary, fundamentally the scenario method for the development of strategies with Human Capital with the main actor in the fulfillment of productive goals in the future. This work shows the preliminary results of the application of a methodological procedure for prospective analysis of human capital for the sugarcane recovery of the Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre" company in the municipality of Rodas.

Keywords:

Sugarcane production, Prospective techniques, Human resources.

INTRODUCCIÓN

Existe un interés, por abordar el estudio de la sostenibilidad en el sector agroindustrial esto se debe al valor estratégico de sus actividades para así garantizar la seguridad alimentaria nacional y local. En los momentos actuales, en los cuales la política es la producción de alimentos se enfoca a nivel municipal, lo que implica acordar un marco propicio para el crecimiento agroindustrial el cual forma parte esencial de una estrategia nacional de desarrollo económico y social sustentable del país.

La producción cañera ha sufrido un declive sostenido en los últimos años, influidos por múltiples factores. La estrategia del país para el sector está dirigida a su recuperación a corto, mediano y largo plazo, donde la proyección del desempeño de los recursos humanos es clave.

En este contexto, la agroindustria azucarera cubana está llamada a un profundo proceso de cambio, basado en el redimensionamiento y perfeccionamiento de sus empresas. La realización de tan trascendentales cambios, con profundas implicaciones económicas y sociales, tiene que estar basado necesariamente en procedimientos científico – técnicos que permitan reducir el margen de error de las decisiones (ANPP, 2021).

Sin embargo, el camino para llegar a esta meta es tortuoso, pues los recientes controles de desempeño de la industria azucarera comprobaron problemas en el comportamiento y la estabilidad de la fuerza de trabajo, de la disciplina y de dirección. También se observó la inexistencia de correspondencia de la tarea diaria de entrega de caña y el anticipo que se paga a los operadores de combinadas, además de la falta de percepción de riesgo por productores del significado de la quema de caña y su sistema de precios en sentido general.

Es evidente que de la forma en que se utilicen y empleen estos recursos dependerá sobremanera que se puedan realmente aprovechar las potencialidades locales para el desarrollo (PADIT,2017) Cuba por las situaciones histórico-concretas se ha caracterizado por aplicar un modelo económico social altamente centralizado en los mecanismos de planificación, dirección y gestión en todos los ámbitos de la actividad económica y social que en ciertos aspectos ha limitado la iniciativa en la gestión territorial, ramal o empresarial, de ahí la importancia que tiene la incentivar en la cultura organizacional de nuestras empresas el rol de su aporte al desarrollo local y territorial.

Adicionalmente, no se ha tenido en cuenta el requerimiento de fuerza laboral para estas acciones de desarrollo local que propicie la conducción acertada de los proyectos de iniciativa de desarrollo local hacia las principales prioridades del municipio. Hay falta de preparación en los análisis realizados con el sector de la agroindustria azucarera, los ingresos que puede este aportar para estimular el incremento de la producción alimentaria, la producción de derivados, la diversificación de la producción, el aporte de la energía, la sustitución de importaciones y la solución de los problemas sociales de la localidad.

Por ello, toda decisión vinculada a procesos de cambio en una empresa que constituye una de las principales fuentes de empleo del municipio de Rodas debe ser evaluada desde una perspectiva mucho más abarcadora que el propio ámbito empresarial (Ambrosio, 1997; Álvarez, 2020)

Para ello se hacen necesarias las herramientas de la prospectiva estratégica, fundamentalmente los métodos algebraicos de evaluación de campos de fuerza entre los actores de un proceso de cambio y los objetivos que dicho proceso persigue. En correspondencia con lo planteado, el presente trabajo muestra los resultados iniciales de la prospectiva estratégica de los recursos humanos para la recuperación cañera en la empresa agroindustrial azucarera "5 de Septiembre "

Materiales y métodos

Descripción detallada de los recursos humanos Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre "

La Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre" cuenta con 565 trabajadores, con una composición de cargos que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Estructura de la plantilla de la Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre".

Categoría ocupacional	Plantilla cubierta	De ellos mujeres
Obreros	351	34
Técnicos	88	51
Administrativos	12	4
Servicio	81	35
Cuadros	33	8
Total	565	132

Fuente: Elaboración propia

Según nivel escolar la empresa cuenta con 46 de nivel superior, 258 técnico medios, 43 obrero calificados, 165 de nivel medio, 51 de bachiller y 2 con menos de sexto grado, a tendiendo a la raza 464 trabajadores blancos, 38 negros y 63 mestizos.

La empresa cuenta con once Unidades Productoras Cañeras de ellas siete Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC) y 4 Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA) con un balance de fuerza desglosado según se muestra en la tabla 2

El anticipo salarial es un aspecto que distingue sustancialmente a los cooperativistas de las organizaciones que remuneran el trabajo mediante el pago de salario, cumple el principio que dio lugar a la formación de las cooperativas donde el pago del trabajo se asocia al resultado final. El Anticipo es un adelanto de los ingresos que el cooperativista debe recibir al final del ciclo productivo y constituye una forma de retribución periódica por la labor que realiza, de forma tal, que se garantice un ingreso que le permita atender sus necesidades básicas. El anticipo diario y utilidades al cierre de junio del 2023 se muestra en la tabla 3.

Tabla 2. Balance de la fuerza unidades productoras cañeras Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre".

Unidad Productora	Socios Actuales	De ellos :								Cuantos cobran por:						Indirectos		Directos	
		Fijos	Contratos	Mujeres	Jóvenes de 30 años o menos	Con menos de 9no grado	Con 9no grado más	Técnicos Medio	Universitario	Direcc	CVP	Maq.	Aropec	Caña	Serv	Trab	%	Trab	%
UBPC																			
Turquino	109	98	11	15	15	24	50	30	5	7	3	5	8	84	2	12	11	97	89
Cartagena	95	78	17	8	14	19	55	20	1	11	6	5	15	53	5	22	23	73	77
Ciruela	79	61	18	19	10	15	51	12	1	8	2	8	6	53	2	12	15	67	85
Carrasco	129	111	18	19	20	29	68	29	3	8	3	5	1	110	2	13	10	116	90
Margarita	110	105	5	11	9	32	61	13	4	10	2	11	11	67	9	21	19	89	81
Dolores	122	113	9	14	14	28	89	3	2	7	3	4	7	97	4	14	11	108	89
Diamante	63	28	35	10	5	30	25	7	1	5	4	5	3	46		9	14	54	86
Total UBPC	707	594	113	96	87	177	399	114	17	56	23	43	51	510	24	103	15	604	85
CPA																			
24 de Febrero	91	83	8	13	16	20	64	6	1	7	2	5	12	64	1	10	11	81	89
A. Goitizolo	76	57	19	10	23	39	32	4	1	5	1	4	9	55	2	8	11	68	89
26 de Julio	82	62	20	14	15	27	47	5	3	6	2	4	20	49	1	9	11	73	89
Salvador Herre	87	76	11	12	20	18	61	8	0	10	4	6	12	51	4	18	21	69	79
Total CPA	336	278	58	49	74	104	204	23	5	28	9	19	53	219	8	45	13	291	87
TOTAL U/P	1043	872	171	145	161	281	603	137	22	84	32	62	104	729	32	148	9	895	57

Fuente: Elaboración propia

Tabla.3. Anticipo diario y Utilidades al Cierre de junio/30.

UPC	Tonelada Movable Plan 2022/2023	(Tn . 213,14) Anticipo creado	Cant. de Trabaj. en caña	Anticipo por Trabaj. Diario	Anticipo Medio Actual	% de las utilidades que se repartieron	Promedio ganancias repartidas Junio/30 por trabajador
UBPC							
Turquino	816.8	174095	109	85	105	75	12631
Cartagena	508.3	108348	95	69	118	0	0
Carrasco	1296.0	276225	129	175	134	80	14394
Ciruela	981.4	209184	79	87	140	0	0
Margarita	1908.4	406752	110	120	175	87	126138
Dolores	1549.2	330201	122	110	202	90	66163
Diamante	496.5	105822	63	88	160	90	17376
Total UBPC	7556.7	1610627	707	104	147	85	49297
CPA							
24 de Febrero	1040.9	221866	91	101	151	100	20624
Goitizolo	575.4	122647	76	85	107	70	2450
26 de Julio	543.1	115765	82	70	81	90	11762
Salvador Herrera	485.8	103548	87	54	61	0	0
TOTAL CPA	10202.0	2174452	336	78	100	86	12159
Total	17758.7	3785079	1043	95	130	171	37472

Fuente: Elaboración propia

Procedimiento general para el análisis prospectivo

En correspondencia con los objetivos del trabajo, el cual se enfocará al análisis prospectivo del Capital Humano en la recuperación cañera de la Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre", a la disponibilidad de las informaciones y recursos, así como por las ventajas en

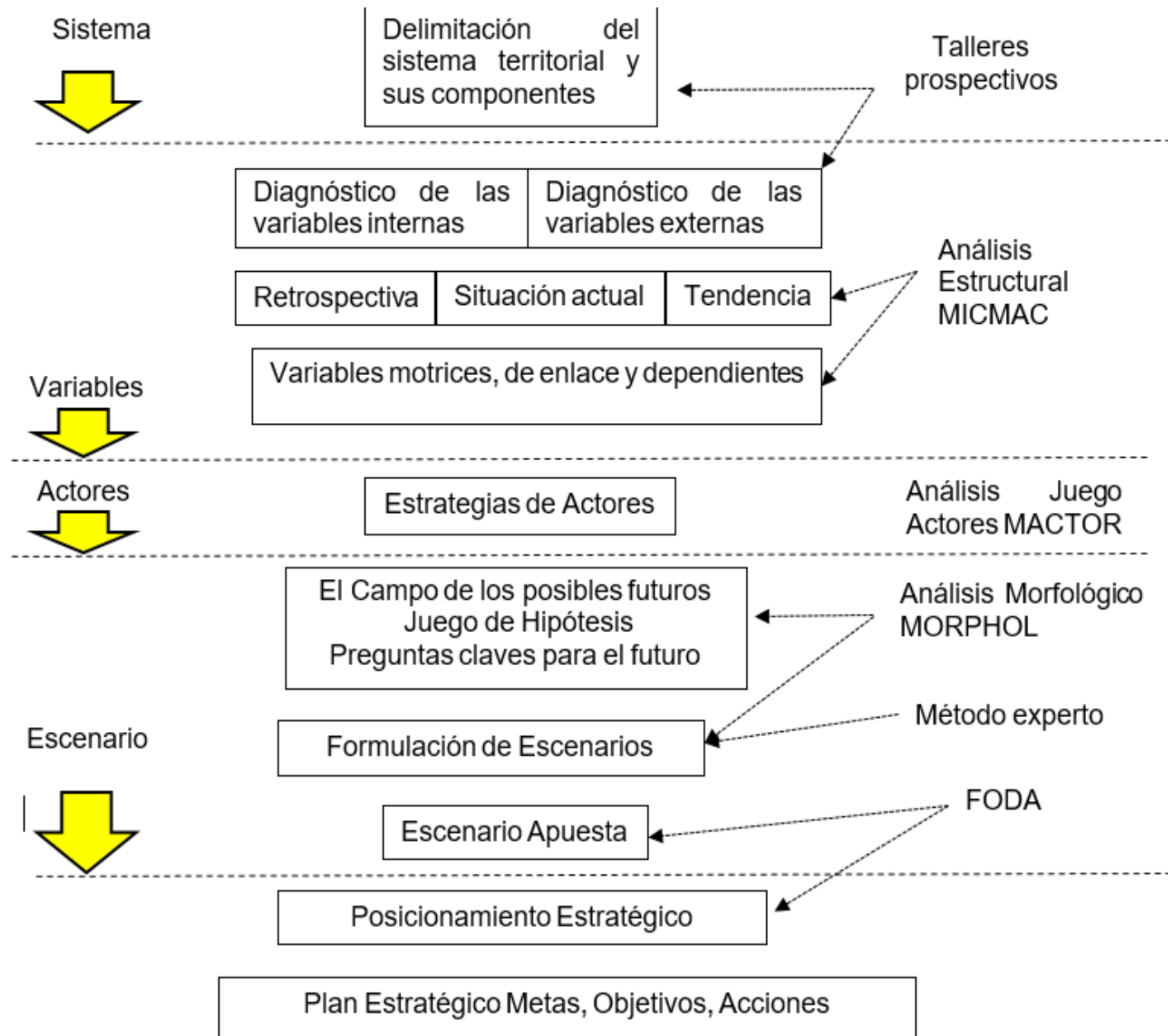
su aplicación, el presente trabajo desarrollara el método de escenarios en el objeto de estudio, en particular mediante el análisis estructural (Fariás,2014; Castillo, 2020). El procedimiento general que se aplicara constituye una versión a lo descrito por Godet, 2007 y Baena,2019, dado por el enfoque directo hacia el desempeño de los

recursos humanos para alcanzar los objetivos propuestos . El mismo se muestra en la Figura 1. Este procedimiento contempla las etapas que a continuación se describen

ETAPA 0: Preparación previa. Creación del grupo de reflexión (analistas prospectivos). Debe definirse a nivel directivos de la empresa

- Definición del problema a abordar
- Horizonte de análisis (Interrogantes a despejar): Qué escala territorial?; Qué clientes o usuarios?; Qué oferta o servicios?; Qué objetivos?; Qué horizonte?; Con qué plazo se cuenta?; Con qué presupuesto se cuenta?; Listado sobre temáticas a ser analizadas

Fig. 1. Procedimiento general para los análisis prospectivos.



Fuente: Elaboración propia

ETAPA 1: Definición del sistema. Documento que explica y fundamenta el sistema a analizar o el problema a abordar, lo que se deben discutir y aprobar en Taller de reflexión con los miembros del Grupo de Reflexión. Para esto último debe: delimitar el problema a abordar, establece marco de trabajo, condiciona el objeto de análisis, define el potencial universo de participantes, prevé posibles conflictos, acota ámbitos de acción futura.

Así como, debe definir la Línea de base a través de: entrevistas a actores relevantes, investigación de expertos, información secundaria, delimitación del sistema o problema a resolver, análisis causas-efecto.

ETAPA 2: Caracterización del sistema. Se elabora documento que caracteriza en forma detallada el sistema y sus componentes, con una base de información analítica e histórica, de los principales fenómenos que explican las evoluciones del sistema, que debe analizarse en Taller de reflexión (Estructura del sistema)

Este documento aborda la Imagen del estado actual del sistema:

- Detallada y profundizada en los planos cuantitativos y cualitativos.
- De carácter global (que abarque dimensiones económicas, tecnológicas, sociológicas, territoriales, ambientales, etc)
- Dinámica, poniendo en evidencia las “tendencias” pesadas y los “gérmenes portadores de futuro”.
- Explicativa de los mecanismos de evolución del Sistema

ETAPA 3: Definición de variables. Se elabora documento con Lista homogénea de variables internas y externas del sistema considerado. La experiencia demuestra que

esta lista no debe exceder el número de 70-80 variables y que es la base para definir un documento las Ficha de Variables describiendo factores explicativos de la evolución, tendencias o rupturas, el cual debe analizarse en Taller de reflexión

Este Taller debe precisar: identificar variables del sistema; variable es aquel factor cuya evolución fue gravitante; es gravitante; puede ser gravitante en el comportamiento de un sistema y se clasifican por categorías; económica; social –cultural; científico-tecnológica; ambiental; político-administrativa; normativo-jurídica; otras

ETAPA 4: Análisis estructural. El Grupo de reflexión (analistas prospectivos) identifica las relaciones entre variables del sistema Matriz de Influencia Directa

Resultados y discusión

Los principales resultados preliminares de la aplicación del procedimiento prospectivo de los recursos humanos para la recuperación cañera en la Empresa objeto de estudio se muestra a continuación:

Etapa 0: Preparación previa

Los analistas prospectivos que estarán en el Grupo de reflexión para el desarrollo del trabajo se muestran en la Tabla 4

El problema a estudiar consiste en la definición de la estrategia prospectiva del empleo de la fuerza laboral disponible en el municipio de Rodas contribuir a la recuperación cañera de la Empresa Agroindustrial Azucarera “5 de Septiembre”

El horizonte de análisis del método prospectivo aplicado es las formas productivas y productores cañeros de la Empresa objeto de estudio

Tabla 4. Miembros del grupo de reflexión para el análisis prospectivo.

NOMBRES Y APELLIDOS	RESPONSABILIDAD
Julio César Chiang González	Director General EAA 5 de Septiembre
Yaimisel Martínez Leyva	Director Adjunto EAA 5 de Septiembre
Nelson Luis Marchena Placeres	Director Económico EAA 5 de Septiembre
Abdel Madrazo Sosa	Director de Inversiones EAA 5 de Septiembre
Lisandra Morfa Sosa	Director Comercialización y Compras EAA 5 de Septiembre
Santa D Cabrera Gutiérrez	Jefe Grupo de empleo y salario EAA 5 de Septiembre
Yanet Calvo Fernández	Jefe de grupo de Cuadro EAA 5 de Septiembre
María Emilia Guillen Cabrera	Especialista “B” GRH EAA 5 de Septiembre
Yolanda C. Riso Aldama	Especialista “B” GRH EAA 5 de Septiembre

Fuente: Elaboración propia

El listado sobre temáticas generales a ser analizadas se muestra a continuación: el desempeño de los productores cañeros, técnicos y directivos en términos de productividad, aprovechamiento de la jornada laboral y la asistencia al trabajo, motivación y estimulación salarial entre los productores cañeros, técnicos y directivos; demandas

de personal y el nivel de experiencia laboral en estas funciones

Etapa 1: Definición del sistema

El Grupo de Reflexión definen en taller de trabajo los siguientes aspectos

- La línea base es el año 2023 y el periodo 2023 – 2030 el análisis prospectivo.
- El sistema de trabajo a emplear por el grupo será esencialmente mediante la técnica de grupo y aplicando tormentas de ideas, análisis de informaciones sobre los informes del estado de las áreas cañeras, rendimientos, desempeño de los trabajadores y los indicadores de recursos humanos de la empresa.

Los resultados de esta técnica permitieron elaborar el diagrama de causa y efecto que se muestra en la Figura 2

Etapa 2: Análisis crítico del sistema de recursos humanos y caracterización del agro-ecosistema de la EAA "5 de septiembre"

2.1 Análisis crítico del sistema de recursos humanos

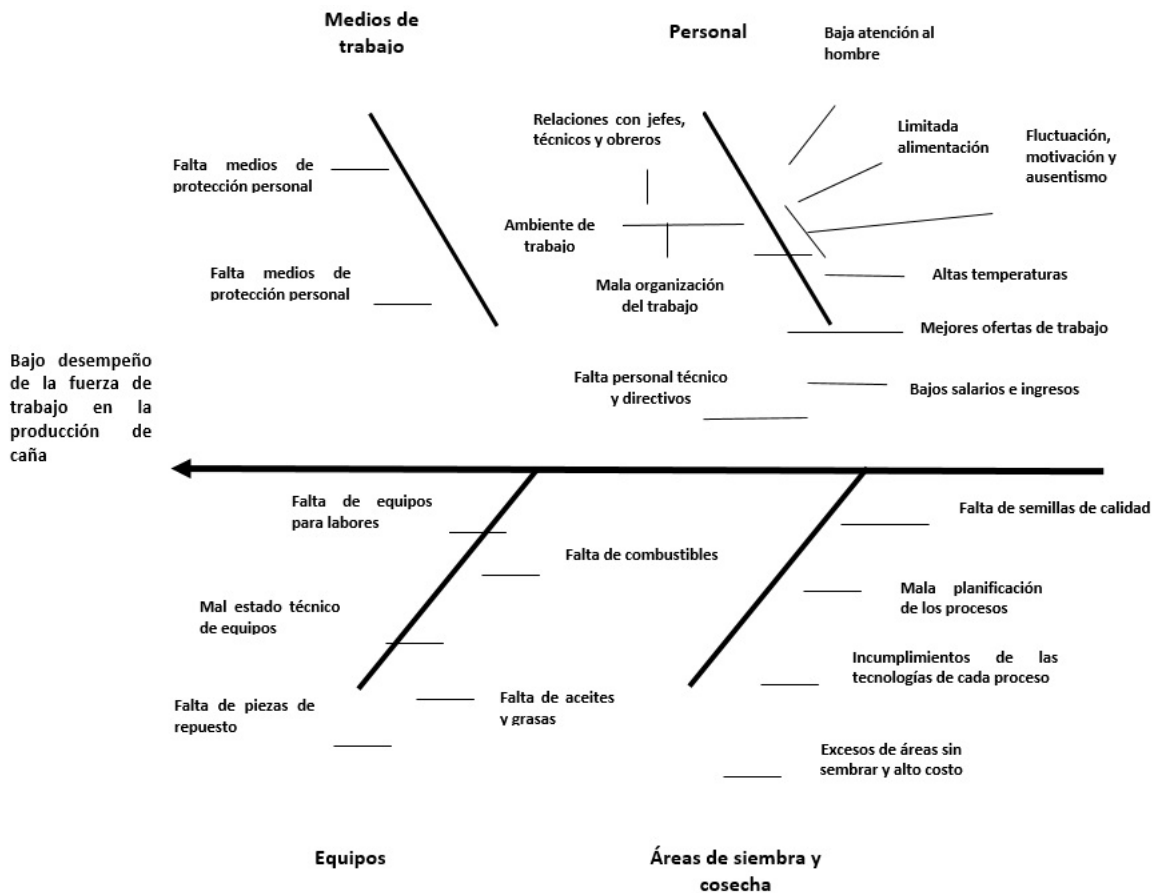
Para balancear la situación actual y luego de caracterizar de la empresa, se determinó realizar el diagrama de causa y efecto (Fernández, 2019). Con ese objetivo se realizaron talleres de expertos, a través de los cuales y

con la técnica de tormenta de ideas, se seleccionó por consenso cada una de las variables predominantes.

Como complemento de la técnica anterior el grupo de reflexión procedido a definir la matriz DAFO sobre la situación actual referido al bajo desempeño de la fuerza de trabajo en la producción cañera (Cuesta,2002; González, 2019; Santos, 2021) y derivada de la misma las matrices de factores internos (MEFI) y de factores externos (MEFE) (tablas 5 y 8).

La relación entre los valores ponderados entre las matrices MEFI y MEFE sirven de base para la definición de estrategias de desarrollo recomendadas como se muestra en la figura 3.

Tabla 5. Matriz de ponderación otorgada a los factores internos (oportunidades y debilidades) de la matriz DAFO (MATRIZ MEFI).



Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Matriz de ponderación otorgada a los factores externos (oportunidades y amenazas) de la matriz DAFO (MATRIZ MEFE).

FORTALEZAS	PESO	CALIFICACION	PONDERADO
1. Incremento de las inversiones	0,08	3,5	0,28
2. Producción de Materiales de la construcción.	0,03	1,5	0,045
3. Proyecto de Mini – Industria.	0,04	1,3	0,052
4. Consejo de Dirección competente con edad media 45 años.	0,05	1,5	0,08
5. Grandes extensiones de tierras fértiles para la producción de caña, cultivos varios y el incremento de la ganadería.	0,1	3,5	0,35
6. Presencia en el municipio de una Sede Universitaria.	0,03	1,5	0,045
7. Participación del municipio en los proyectos de desarrollo de la Empresa	0,05	2	0,1
DEBILIDADES	PESO	CALIFICACION	PONDERADO
1. Poco desarrollo cañero y agropecuario.	0,1	3,5	0,35
2. Bajo nivel educacional en los trabajadores directo a las atenciones culturales a la caña.	0,05	2	0,1
3. El rendimiento cañero no cubre la norma potencial del ingenio.	0,1	3,5	0,35
4. La producción alimentaria no cubre las demandas de la empresa ni el territorio.	0,05	2,5	0,125
5. Limitaciones en la transportación de los obreros y pasajeros.	0,05	2,5	0,125
6. Migraciones negativas, tanto internas como externas.	0,08	3,5	0,28
7. Falta de medios y equipos para las atenciones culturales a la gramínea.	0,08	3,5	0,28
8. Mal estado de los viales y caminos cañeros.	0,05	3,5	0,175
9. Pocas ofertas y baja calidad del servicio gastronómico	0,05	3,5	0,175
10. Rechazo del personal desvinculado a las actividades agrícolas	0,06	4	0,24
TOTAL	1		3,15

Fuente: Elaboración propia

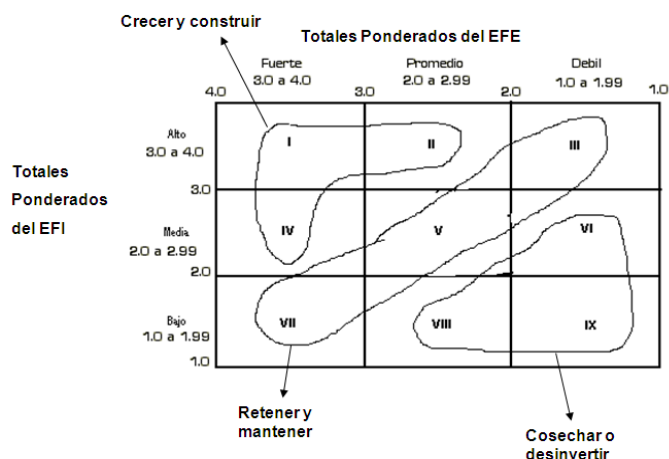
OPORTUNIDADES	PESO	CALIFICACION	PONDERADO
1. Incremento de estimulación al hombre con la aplicación de sistemas de pagos novedosos y el Decreto Ley 87.	0.10	1	0,1
2. Desarrollo de proyectos para bienestar de la población.	0.08	0,8	0,064
3. Política estatal de desarrollo agropecuario.	0.05	1	0,05
4. Proyectos de nuevas inversiones de la empresa	0.10	1	0,1
5. Incremento de estimulación al hombre con la aplicación de sistemas de pagos novedosos y el Decreto Ley 87.	0.15	1	0,15
AMENAZAS	PESO	CALIFICACION	PONDERADO
1. Situación geográfica desfavorable.	0,1	3,5	0,35
2. Fluctuación de la fuerza de trabajo calificada.	0,15	3,5	0,525
3. Alta emigración.	0,08	3	0,24
4. Situación socio económica desfavorable en el Consejo Popular 5 de septiembre.	0,09	3	0,27
5. Alto potencial de delitos e ilegalidades.	0,1	3,5	0,35
TOTAL	1		2,199

Fuente: Elaboración propia

La Empresa Agroindustrial Azucarera "5 de Septiembre" está en condiciones de RETENER Y MANTENER lo que dispone en la actualidad, porque el valor de la MEFI es elevado (por la presencia de muchas debilidades e igual que MEFE (por la presencia de fuertes amenazas). En correspondencia con lo anterior, la Empresa se deben definir un grupo de estrategias de trabajo encaminadas a desarrollar:

- Estrategias F - D (para convertir las debilidades en fortalezas)
- Estrategias F - O (para aprovechar las oportunidades mediante mis fortalezas)

Fig. 3. Estrategias de desarrollo recomendadas por la relación entre los valores ponderados entre las matrices MEFI y MEFE.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 7. Matriz de influencias directas entre las variables.

	1.TEXT	2.ADMON	3.BAJL	4.DLB	5.BPD	6.BNPAC	7.BETI	8.LFF	9.FLL	10.IEMG	11.CLIMA	12.CSFL
1.TEXT	0	2	2	3	2	1	2	0	1	1	0	2
2.ADMON	2	0	3	3	3	1	2	3	2	1	0	1
3.BAJL	2	3	0	3	3	3	2	3	2	1	2	2
4.DLB	3	3	3	0	3	2	2	2	3	1	0	3
5.BPD	2	3	3	3	0	3	2	2	3	1	3	2
6.BNPAC	1	1	3	2	3	0	3	1	2	2	0	3
7.BETI	2	2	2	2	2	3	0	2	1	1	0	1
8.LFF	0	3	3	2	2	1	2	0	2	2	0	2
9.FLL	1	2	2	3	3	2	1	2	0	2	1	2
10.IEMG	1	1	1	1	1	2	1	2	2	0	0	2
11.CLIMA	3	0	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0
12.CSFL	2	1	2	3	2	3	1	2	2	2	0	0

Fuente: Elaboración propia

Etapa 3: Definición de variables

Para la realización de esta etapa el grupo de experto desarrolló un taller de reflexión para la definición de las variables a considerar y correspondencia con el objetivo del estudio.

Los resultados son:

1. Tradición y experiencia de los trabajadores (TEXT).
2. Deficiente administración de Dirección en la Empresa Agroindustrial Azucarera (ADMON).
3. Bajo aprovechamiento de la jornada laboral (BAJL).
4. Desmotivación Laboral (DLB)
5. Baja productividad (BPD)
6. Bajo nivel de preparación académica (BNPAC)
7. Baja explotación de Tecnología instalada (BETI)
8. Limitadas fuentes de financiamiento (LFF).
9. Incremento de la Fluctuación laboral (FLL).
10. Incremento de la emigración (IEMG)
11. Altas temperaturas (CLIMA).
12. Competencias con otros sectores fuerza laboral (CSFL).

Con la ayuda del software MICMAC (Garza,2020; Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia (2021), se elaboró la matriz de influencias directas (tabla 7)

Etapa 4: Análisis estructural

La figura 4 muestran el plano de influencias de la dependencia directas potenciales de las variables, donde se puede observar que las variables ADMON, BAJL, BPD, BNPAC y BETI son las de mayor peso, mostrándose la

relación entre BAJL y ADMON ellas como la influencia más importante, lo cual puede evidenciarse en la figura 5

En las figuras 6 y 7 se muestran las relaciones e influencias entre las variables indirectas

Fig. 4. Mapas de relaciones directas entre las variables

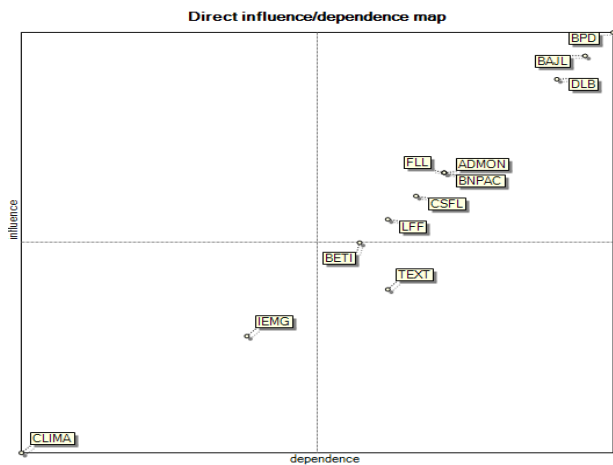


Fig. 5. Influencias de las relaciones directas

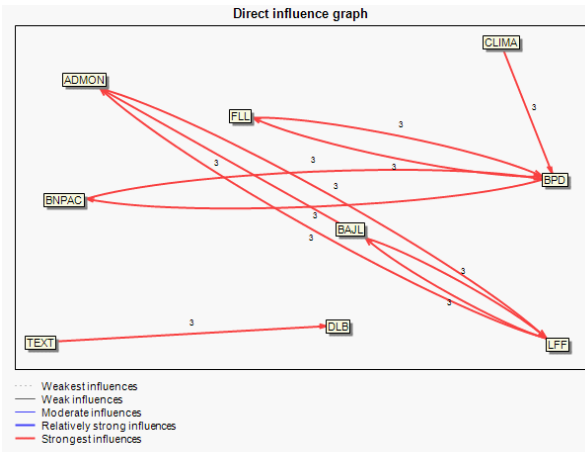


Fig. 6. Mapas de relaciones indirectas entre las variables

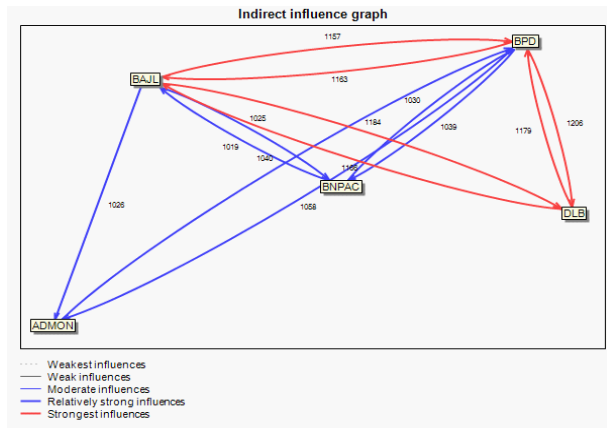
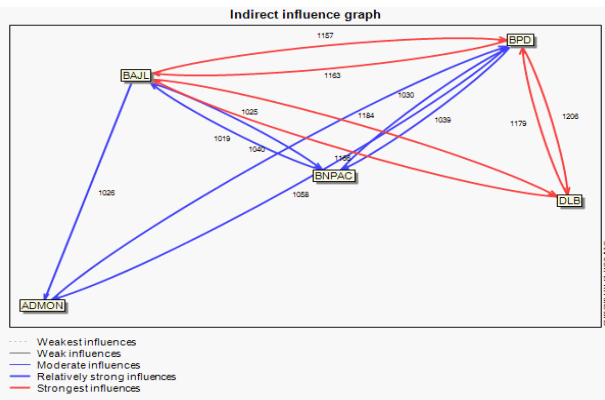


Fig. 7. Influencias de las relaciones indirectas



Fuente: Elaboración propia

Por todo ello se definen:

Variables Claves

1. Deficiente administración de Dirección en la Empresa Agroindustrial Azucarera (ADMÓN)
2. Bajo aprovechamiento de la jornada laboral (BAJL).
3. Baja productividad (BPD)
4. Bajo nivel de preparación académica (BNPAC).
5. Baja explotación de Tecnología instalada (BETI).

Escenario Futuro:

Hipótesis

Para la determinación de escenario futuro se trabajó con 5 hipótesis:

1. H1: Se logra cumplir con el balance de área y se incrementan los rendimientos agrícolas lo cual permite un mejor aprovechamiento de la jornada laboral de los productores cañeros y por ende en sus ingresos salariales

2. H2: Mediante la integración con otras empresas, la universidad y otras entidades científicas se eleva la capacidad de los cuadros en el proceso de la toma de decisiones lo que contribuye al cumplimiento de los objetivos de la empresa
3. H3: El aprovechamiento de maquinaria y la jornada laboral proporcionará un incremento productivo que permitirá aumentar los rendimientos agrícolas,
4. H4: La entrada de los insumos necesarios permitirá lograr los incrementos productivos necesarios para lograr satisfacer la demanda de un mercado insatisfecho

Conclusiones

- La recuperación cañera requiere de un análisis prospectivo y estratégico donde el elemento centro, es el recurso humano y su desempeño, a la vez considerar las potencialidades de la localidad de Rodas como parte de la integración de la empresa y el municipio.
- El trabajo muestra las cinco variables claves de desempeño de los recursos humanos, debidamente interrelacionados, para la recuperación cañera derivados de las técnicas prospectivas.
- Los cuatro escenarios futuros a considerar representan líneas de desarrollo que sirven de base para la proyección estratégica para alcanzar la recuperación cañera garantizando la solución de los principales problemas existentes en la actualidad.

Referencias Bibliográficas

Álvarez Mederos, P. (2020). «Pensamiento prospectivo. Una aproximación desde la historia de la ciencia económica», < Una aproximación desde la historia de la ciencia económica», HYPERLINK “http://leyderodriguez.blogspot.com/2013/01/pensamiento-prospectivo-una_30.html” \t “_blank” http://leyderodriguez.blogspot.com/2013/01/pensamiento-prospectivo-una_30.html > [7/11/2015]. [Links]

Ambrosio, E. (1997). *Prospectiva y estrategia. Reflexión para la acción. Teoría y práctica para la construcción de escenarios. Memorias del Seminario Latinoamericano de Gestión Tecnológica*, 182.

Asamblea Nacional de Poder Popular (ANPP). (2021). *Recomendaciones al Grupo AZCUBA para perfeccionar la Industria Azucarera*. Obtenido de Gaceta Oficial de la República: <https://www.gacetaoficial.gob.cu/es/acuerdo-ix-68-de-2020-de-asamblea-nacional-del-poder-popular>.

Baena Paz, G. (2019). «Planeación prospectiva estratégica. Teoría, metodología y buenas prácticas en América Latina», < Teoría, metodología y buenas prácticas en América Latina», HYPERLINK “mhtml:file://C:\Users\User\Desktop\TESIS%20MAESTRIA\Yadiel%20Tesis\La%20capacitación%20y%20la%20calidad%20directiva.%20Un%20enfoque%20prospectivo.mhtml!https://www2.politicas.unam.mx/publicaciones/wp.../08/Libro-PPE_interactivo1.pdf” \t “_blank” https://www2.politicas.unam.mx/publicaciones/wp.../08/Libro-PPE_interactivo1.pdf > [7/11/2017]. [Links]

Castillo, A. (2020). *Decisiones estratégicas fomentadas en estudios del futuro*. Cienfuegos: UniversoSur. doi:978-959-257-578-3

PADIT. (2017). *Guía metodológica para las estrategias municipales: ANPP*. Cuba

Cuesta, A. (2002). *Gestión del conocimiento. Análisis y proyección de los recursos humanos*, Editorial Academia.

Farías Peña, Rocío Vanessa. (2014). *La Prospectiva y sus métodos procedimentales para la anticipación del futuro*. *Confines de Relaciones Internacionales y Ciencia Política*, vol. 12, núm. 22, enero-mayo. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México

Fernández, M. (2019). *Estrategia y filosofía para alcanzar la calidad total y el éxito en la gestión empresarial*. En */s.a/, Prospectiva tecnológica, Gestión Tecnológica y competitividad: Academia*.

Garza, V. (2020). «El uso del método MICMAC y MACTOR análisis prospectivo en un área operativa para la búsqueda de la excelencia operativa a través del Lean Manufacturing», < Cortez (2011): «El uso del método MICMAC y MACTOR análisis prospectivo en un área operativa para la búsqueda de la excelencia operativa a través del Lean Manufacturing», HYPERLINK “<http://eprints.uanl.mx/12560/1/A6.pdf>” \t “_blank” <http://eprints.uanl.mx/12560/1/A6.pdf> > [7/11/2017]. [Links]

Godet, B. (2007). *Prospectiva Estratégica: problemas y métodos*. Cuaderno nº 20. Segunda edición PROSPEKTIKER Parque empresarial de Zuatzu- Edificio Uru-mea

González-Alvarez, R., Estévez, G. T., Armas, M. P. D. & Izquierdo, N. V. (2019). *Diseño de un procedimiento para realizar el autocontrol del sistema de gestión integrado de capital humano*.

Instituto Europeo de Prospectiva y Estrategia. (2021). *La prospectiva estratégica para las empresas y los territorios*, Barcelona.

Santos, A. C. (2021). *Modelo integrado de gestión humana y del conocimiento: una tecnología de aplicación*. *Revista Venezolana de Gerencia No 8*

09

Respuesta varietal en la etapa inicial de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas

Varietal composition in the initial stage of harvest in the Agroindustrial Sugar Company Ciudad Caracas

Irenaldo Delgado Mora¹

Email: ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-8625>

Gerardo Blas Martín Martínez²

Email: gerardo.martin@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-3419-0777>

Héctor Jorge Suárez³

Email: hector.jorge@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8170-555X>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Villa Clara. Cuba

²Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Lajas. Cienfuegos. Cuba

³Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). La Habana, Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Delgado Mora, I., Martín Martínez, G. B. y Jorge Suárez, H. (2024). Respuesta varietal en la etapa inicial de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 82-89. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), se determinaron según la metodología establecida por el INICA. Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas, y como genotipos los 10 cultivares. Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminatoria y representatividad. Como resultado se obtuvo que los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 inestabilidad. Los cultivares C323-68 y C86-56 ofrecieron integralmente valores inferiores de rendimiento en el mes de enero, reafirmando sus potencialidades de madurez tardía. Los mejores resultados entre ambas cepas los mostraron C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 y C90-469 para el inicio de la zafra.

Palabras clave:

Estabilidad, Adaptabilidad, Madurez temprana, Habilidad discriminatoria y Representatividad.

ABSTRACT

The objective of this work is to evaluate the varietal response of sugar cane in the Agroindustrial Sugar Company Ciudad Caracas in the initial stage of the sugar harvest. The observations were taken from the harvests between the months of December 2021 and January 2022, with four replicates in the plant strain and shoot. The sugar yield (percentage of pol in cane) was determined according to the methodology established by INICA. For the estimation of stability and phenotypic adaptability, the two months of evaluation in the two strains studied were defined as environments, and the 10 cultivars as genotypes. Finally, the definition of the test environments was complemented, with the determination of their discriminatory ability and representativeness. As a result, it was obtained that the cultivars C1051-73 and CP52-43 presented high yields and stability in the evaluated stage; as well as C323-68 and C86-56 instability. The cultivars C323-68 and C86-56 offered integrally lower yield values in the month of January, reaffirming their potential for late maturity. The best results between both strains were shown by C1051-73, CP52-43, C86-156, C86-12 and C90-469 for the beginning of the harvest.

Keywords:

Stability, Adaptability, Early maturity, Discriminatory ability and Representativeness.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.), es un cultivo comercial importante, la cual representa el 75 % de la producción mundial de azúcar (Durai *et al.*, 2020). El cultivar ideal, es el que presenta alta productividad cuando es plantado bajo diferentes tipos de suelos (alta o baja hidromorfía, relieve y compactación) y condiciones climáticas (precipitaciones y temperatura) (Delgado, 2022).

El principal factor que dificulta el aumento de la producción de caña de azúcar es la interacción genotipo ambiente. La misma, se expresa en la heterogeneidad de los suelos, relieve accidentado y sobre todo en la irregularidad de las precipitaciones con largos períodos poco lluviosos (Delgado *et al.*, 2023).

El cultivo de la caña de azúcar está caracterizada genéticamente como un organismo poliploide complejo con un alto número de cromosomas. Su ciclo biológico, bien extendido, es superior a los 12 meses y tiene una base genética estrecha, la cual dificulta los trabajos de mejoramiento genético y selección de nuevos cultivares (González *et al.*, 2019; Delgado, 2022).

Uno de los principales objetivos de los programas de mejoramiento genético del cultivo, es obtener variedades con altos rendimientos, mediante el incremento del contenido azucarero o de sacarosa y/o del rendimiento agrícola o de caña. El mejoramiento del contenido de azúcar es altamente atractivo, porque permite incrementar los ingresos con un aumento marginal en los costos de producción, cosecha, transporte y molienda (González *et al.*, 2019).

La contribución del mejoramiento genético al incremento de los rendimientos en los cultivos, de manera general, es de alrededor del 50%. En caña de azúcar, se atribuye entre un 50 y 75% al uso de los cultivares, ellos son el verdadero almacén de azúcar en el campo y la fábrica no hace más que extraerla (Delgado *et al.*, 2023).

Un problema actual en el incremento de la producción azucarera mundial está en que el rendimiento de sacarosa del cultivo al inicio de la cosecha (noviembre, diciembre y enero), presenta valores bajos, por lo que resulta conveniente disponer de cultivares con alto contenido y acumulación temprana de sacarosa para esta etapa (Delgado *et al.*, 2016; Jorge *et al.*, 2017). La evaluación de genotipos a través de distintos ambientes es una de las prácticas más usuales en la recomendación de nuevos cultivares a los productores (Gordon *et al.*, 2006).

A menudo, la ocurrencia de la interacción genotipo-ambiente en ensayos multiambientales exige la realización de estudios adicionales, con el propósito de precisar la selección de individuos con adaptabilidad general y específica (Delgado, 2022). La literatura científica en Cuba, sobre la respuesta de los cultivares en diferentes períodos de cosecha (inicio, medio y final) son limitadas en número y actualización (González, 2019). De ahí la importancia de retomar las investigaciones bajo las condiciones

actuales y poder recomendar cultivares para las etapas iniciales de zafra en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas.

Por estas razones y por el periodo de madurez de los cultivares de caña de azúcar, las labores de cosecha se planifican y ejecutan en períodos secos (noviembre hasta abril). Sin embargo, los períodos más críticos en cuanto al rendimiento fabril ocurren en la primera etapa de zafra (noviembre-enero) lo que ha sido una preocupación de los productores y un reto para los mejoradores (Jorge *et al.*, 2011). Por ello, el objetivo del presente trabajo es evaluar la respuesta varietal de caña de azúcar en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas en la etapa inicial de la zafra azucarera.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en la Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas, en Lajas, provincia de Cienfuegos, perteneciente al Grupo Azucarero AZCUBA. Las observaciones se tomaron de las cosechas comprendidas en los meses de diciembre de 2021 y enero de 2022, con cuatro replicas en la cepa planta y retoño. Se evaluaron un total de 10 cultivares recomendados por el INICA a la producción, que aparecen en la Tabla 1.

Tabla 1. Cultivares en estudio y sus progenitores.

No	Cultivares	Progenitor femenino	Progenitor masculino
1	B80250	Desconocido	
2	C1051-73		
3	C323-68	B4362	C87-51
4	C86-12	Desconocido	
5	C86-156	C16-56	C87-51
6	C86-56		
7	C87-51	Co281	POJ2878
8	C90-317		
9	C90-469	C87-51	Ja60-5
10	CP52-43	CP43-64	CP38-34

Fuente: Elaboración propia

Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera

Para la estimación de la estabilidad y la adaptabilidad fenotípica, se definieron como ambientes los dos meses de evaluación en las dos cepas estudiadas (Tabla 2), y como genotipos los 10 cultivares referidos en la tabla 1. Fueron evaluadas mediante el modelo de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-Biplot por el programa *Infogen* (Balzarini y

Di Rienzo, 2016) basado en el método de Gabriel (1971) y Yan y Tinker (2006).

Tabla 2. Ambientes que se definieron para la estimación de la adaptabilidad y estabilidad fenotípica.

Ambientes	Definición
C1M1	Cepa planta en el mes diciembre
C1M2	Cepa planta en el mes enero
C2M1	Cepa retoño en el mes diciembre
C2M2	Cepa retoño en el mes enero

Fuente: Elaboración propia

Para visualizar los patrones de interacción con remoción de los efectos de ambiente (datos centrados por sitio), se denominó Modelo SREG de orden M a la expresión:

$$E(y_{ij}) = \mu + \beta_j + \varphi + e_j$$

$$\varphi = y_{ij} - \mu - \beta_j = \sum_{m=1}^M \lambda_m u_{mi} v_{mj}$$

Donde: Y_{ij} : observación correspondiente a la combinación de niveles ij ; μ : media general, β_j : efecto del ambiente j ; Φ : efecto del cultivar más la interacción del cultivar-ambiente; λ_m : corresponde al valor singular de orden m ; u_{mi} : coordenada i -ésima del vector singular asociado a λ_m ; v_{mj} : coordenada j -ésima del vector singular asociado a λ_m ; e_{ij} : residuo.

Finalmente se complementó la definición de los ambientes de prueba, con la determinación de su habilidad discriminadora y representatividad.

Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera

El rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña (PPC)), se determinaron según la metodología establecida por el INICA (Jorge *et al.*, 2011). Las técnicas analíticas utilizadas se desarrollaron según el Manual Azucarero de Control Unificado (MACU) (ICINAZ, 2006).

En la evaluación estadística se utilizó un ANOVA simple de efecto fijo para cada cosecha en las dos cepas evaluadas. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Múltiple Rango con dócima de Tukey ($P < 0,05$). Los datos originales fueron comprobados para su ajuste

a la normalidad mediante la prueba de Bartlett, con su correspondiente Chi cuadrado. El paquete estadístico utilizado fue: STATISTICA 12.0., sobre *Windows* e InfoGen versión 2016.

Resultados y discusión

Determinación de la estabilidad y adaptabilidad de los cultivares estudiados en la etapa inicial de la zafra azucarera

Al desarrollar el análisis de varianza trifactorial (Variedad*Mes*Cepa), el mismo mostró que las interacciones de primer y segundo orden fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 3). Aspecto este, que conllevó a desarrollar un análisis similar por ambientes separados, dado el interés de conocer la respuesta de la interacción variedad*cepa en cada mes.

Tabla 3. Análisis de varianza Trifactorial (Variedad*Mes*Cepa) de la variable en estudio.

Causa de variación	PPC		
	CM	F	p
Variedad	3,06	5,38	0,0000
Mes	33,73	59,39	0,0000
Cepa	74,03	130,35	0,0000
Variedad*Mes	5,76	10,14	0,0000
Variedad*Cepa	4,58	8,07	0,0000
Mes*Cepa	10,79	19,00	0,0000
Variedad*Mes*Cepa	1,81	3,19	0,0017
Error	0,57		

PPC: Porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

Fuente: Elaboración propia

Los análisis por los modelos bifactoriales de efectos fijos mostraron que las interacciones de primer orden fueron significativas ($p < 0,05$) (Tabla 4). Por ello, se realizó la representación gráfica de la interacción de los genotipos en el ambiente conformado por la cepa y el mes, a través del modelo lineal-bilineal de Regresión de Sitios (SREG) o GGE-biplot.

Tabla 4. Análisis de varianza del modelo Bifactorial (Variedad*Cepa) en cada mes.

Causa de variación	MES DICIEMBRE			MES ENERO		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	4,01	6,57	0,0000	4,81	9,15	0,0000
Cepa	70,67	115,69	0,0000	14,15	26,94	0,0000
Variedad*Cepa	4,58	7,50	0,0000	1,81	3,45	0,0017
Error	0,61			0,53		

PPC: porcentaje de pol en caña; CM: cuadrado medio; F: valor F; p: valor de significación

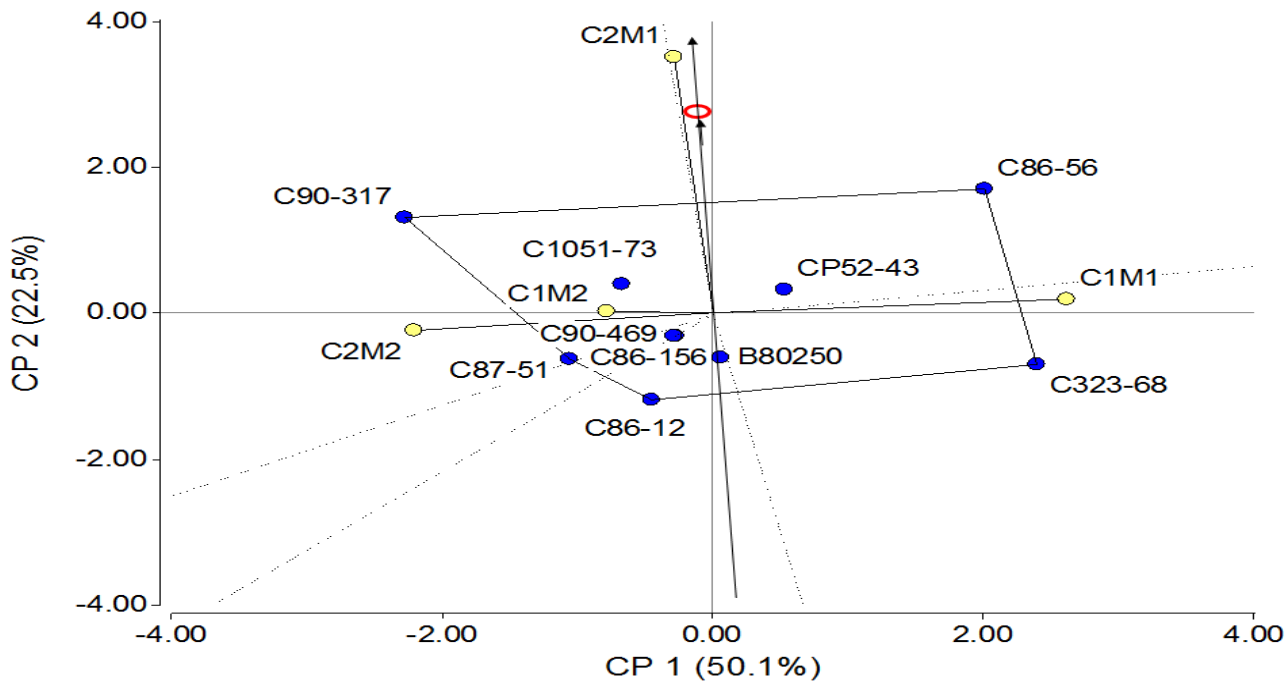
Fuente: Elaboración propia

Evaluación de ambientes y adaptabilidad de los cultivos estudiados para el PPC

La Figura 1 mostró el gráfico del modelo biplot GGE para la variable PPC. En el plano de las dos primeras componentes (CP1 y CP2) se explican el 72.6% de la variación fenotípica total, donde los cultivos C86-12, C323-68, C86-56, C90-317 y C87-51 forman el vértice del polígono.

El cual quedó dividido en cuatro cuadrantes, los cuales contienen al cultivar en el extremo, que son los que rinden más en los ambientes que quedan encerrados cada cuadrante. Este análisis, es uno de los más utilizados en estudios de IGA en la actualidad (Santos *et al.* 2016; Delgado, 2022).

Fig. 1. Habilidad discriminatoria y representatividad de los ambientes de prueba para el PPC, mediante los vectores ambientales resultantes del análisis GGE biplot.



Fuente: Elaboración propia

Varios investigadores han utilizado este modelo de Yan y Tinker (2006), así como el promedio ambiental y la comparación de cultivos con el ambiente ideal, Cherinet *et al.* (2016) en girasol. Delgado *et al.* (2016), indicaron que los cultivos tienden a responder de manera desigual en los diferentes sitios, como lo señalaron Rea *et al.* (2014). Asimismo, se refieren a Rodríguez *et al.* (2010), los cuales informaron resultados similares en la adaptabilidad de genotipos en ambiente específicos.

El ambiente C1M1 (cepa planta en diciembre) forma un ángulo obtuso con el resto de los ambientes, es decir, ofrece correlación negativa; cuando aumenta uno puede disminuir el otro o viceversa. Mientras que los ambientes C1M2 (cepa planta en enero) y C2M2 (cepa retoño en enero) forman un ángulo agudo ($<90^\circ$) entre sí, así como

El cuadrante I, contiene al cultivar C86-12 como vértice, incluyendo a C86-156, B80250 y C90-469. Este cuadrante no contiene ningún ambiente incluido. El segundo cuadrante tiene a C323-68 como vértice y no presenta otro cultivar dentro del cuadrante; sin embargo, contiene al ambiente C1M1.

El tercer cuadrante está representado por C86-56 como vértice, contienen además a CP52-43 y al ambiente C2M1. Mientras, el cuarto cuadrante está identificado por C90-317 y C87-51 como vértices y contiene a C1051-73; así como a los ambientes C1M2 y C2M2.

también, estos con C2M1 (cepa retoño en diciembre), teniendo una correlación positiva (Yan *et al.* 2000).

La mayoría de los ambientes evaluados presentaron largas longitudes de sus vectores, indicando que son ambientes informativos y discriminativos, útiles para seleccionar genotipos con adaptación específica e inestable. Sin embargo, C1M2 (cepa planta en enero) mostró corta la longitud de su vector. Yan y Tinker, (2006), señalaron que un ambiente de prueba que no discrimine ofrece poca información sobre los genotipos. Siendo una necesidad del mejoramiento genético y del sector azucarero del país, obtener genotipos con altos rendimientos para esta etapa de inicio de la zafra.

Arocha (2020) y Delgado *et al.* (2021), señalaron en un estudio de los ambientes noviembre y diciembre, las largas

longitudes de los vectores que presentaron estos meses, así como la correlación positiva que presentan sus ángulos ($<90^\circ$). Resultado este que coincidió también por lo informado por Delgado *et al.* (2019) en un estudio de ambientes de prueba conformados por cuatro localidades y dos cepas. Rodríguez (2018), también informó en un estudio del cultivares en similares ambientes, como a través del Análisis de Componentes Principales, se obtuvo una explicación del 69.5% de la variación fenotípica total en el plano de las dos primeras componentes.

El ambiente C2M1 (cepa retoño en diciembre), fue el más representativo, formando un ángulo pequeño (agudo) con respecto al promedio ambiental (figura 9). Sin embargo, los restantes ambientes estuvieron más alejados, es decir, fueron menos representativos.

Yan y Tinker, (2006) definen que los puntos situados en el eje del promedio ambiental en dirección (positiva) más representativa cuya distancia del origen del biplot, es igual al vector mayor de todos los ambientes, es decir, el vector

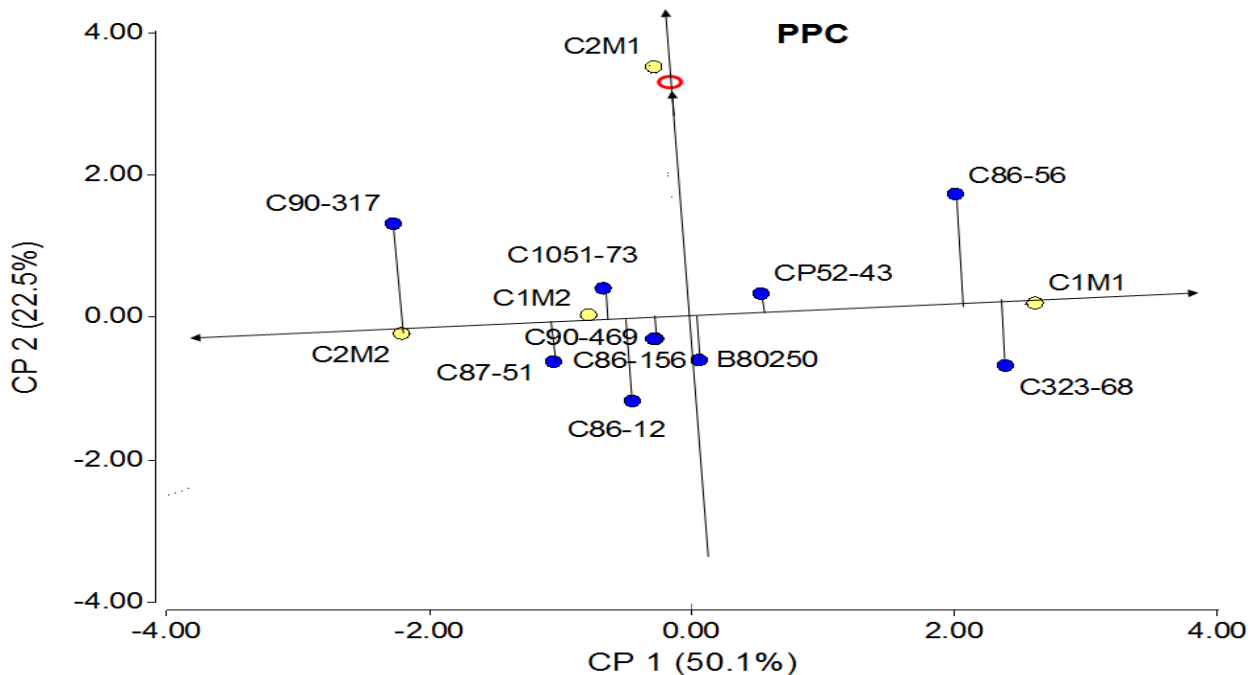
más informativo. Aquel ambiente que esté más cercano a dicho punto, es el más recomendable.

Camargo *et al.* (2011) identificaron ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el Biplot GGE, logrando separar las localidades más discriminatorias y las más representativas, permitiendo priorizar la investigación en aquellas localidades más apropiadas para identificar genotipos superiores.

Comportamiento medio y estabilidad de los genotipos

La Figura 2 ofreció el biplot GGE con el comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje promedio ambiental; la línea de una sola flecha representa el eje promedio ambiental, este punto tiene alto rendimiento medio ambiental y la línea de doble flecha del gráfico, tiene este punto gran variabilidad (estabilidad pobre) en una u otra dirección (Yan y Tinker, 2006).

Fig. 2. Comportamiento y estabilidad de los genotipos basado en el eje de coordenadas del ambiente promedio para el PPC, mediante el análisis GGE biplot.



Fuente: Elaboración propia

Por ello, los cultivares C90-317 y C86-56 poseen el rendimiento más alto, sin embargo, fueron inestables. Aspecto este, que demostró lo variable del rendimiento en estos genotipos, el cual puede ser bajo en otros ambientes. De esta manera, C1051-73 y CP52-43 poseen valores altos de rendimiento medio, pero alta estabilidad. Mientras, C86-12 y C323-68 mostraron bajos rendimientos e inestables.

Delgado *et al.* (2023), en evaluaciones mensuales de un grupo de cultivares de caña de azúcar, determinaron la alta inestabilidad del rendimiento en el período de

noviembre y diciembre; sin embargo, a partir del mes de enero había mayor similitud en su comportamiento. Sin embargo, también informaron que los cultivares CP52-43 y C1051-73 se pueden utilizar para la cosecha a inicios de zafra (noviembre-enero) y dejar C86-12 y C86-56 para los finales de ésta (marzo-abril). Resultados similares a estos fueron descritos por Delgado *et al.* (2016), al comparar el comportamiento industrial de un grupo de cultivares de caña de azúcar entre los meses de enero hasta abril.

En ese mismo sentido Jorge *et al.* (2021) detectaron diferencias en los rendimientos agrícola e industrial en los tres momentos de cosecha (inicio, medio, tardío). Sobre la base de las consideraciones anteriores, Jorge *et al.* (2018) señalaron que para la evaluación de cultivares de caña de azúcar se necesita contar con ambientes contrastantes para que los mismos muestren las potencialidades del rendimiento agroazucarero.

Determinación del rendimiento azucarero (porcentaje de pol en caña), en cultivares de caña de azúcar de madurez temprana en la etapa inicial de la zafra azucarera

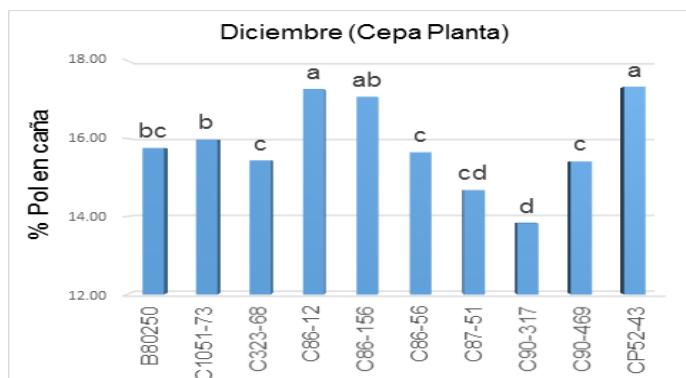
Al analizar la respuesta varietal por cepas separadas y en cada mes, se pudo observar como en el mes de diciembre existió diferencias estadísticas significativas en planta y retoño (Tabla 5). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a CP52-43, C86-12 y C86-156 con los resultados más destacados en el porcentaje de pol en caña. Resultados estos, que confirman las potencialidades de estos cultivares en su recomendación a extensión; así como C90-317 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 3).

Tabla 5. Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes diciembre.

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	5,15	6,21	0,0000	3,445	8,78	0,0000
Error	0,83			0,392		

Fuente: Elaboración propia

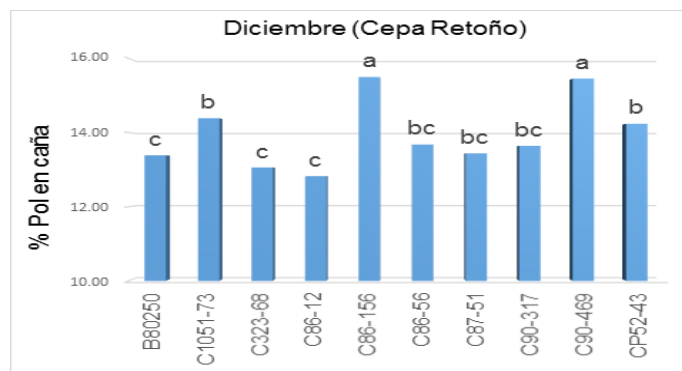
Fig. 3. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al retoño, en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de diciembre, los mejores resultados los ofrecen C90-469 y C86-156. Este último cultivar, presentó similar respuesta a la alcanzada en la cepa de planta (Figura 4).

Fig. 4. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de diciembre, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).



Fuente: Elaboración propia

El análisis de varianza en la variable porcentaje de pol en caña para el mes de enero, existieron diferencias estadísticas significativas en la respuesta varietal en ambas cepas (Tabla 6). Sin embargo, al desarrollar la comparación de medias de las variedades en la cepa de planta, resultó a C1051-73 y CP52-43 con los resultados más destacados en el porcentaje de pol en caña; así como a B80250, C323-68 y C86-56 con los valores más bajos para esta etapa (Figura 5).

Tabla 6. Análisis de varianza de la variable PPC en cada cepa. Mes enero.

Causa de variación	Planta			Retoño		
	CM	F	p	CM	F	p
Variedad	2,94	5,95	0,0000	3,674	6,62	0,0000
Error	0,50			0,555		

Fuente: Elaboración propia

En la cepa de retoño para el mes de enero, la mayoría de los cultivares presentaron excelentes resultados en la variable porcentaje de pol en caña (Figura 6). Sin embargo, C323-68 y C86-56 ofrecieron los menores valores. Aspecto este, que coincide con los resultados mostrados en la cepa de planta. Estos resultados coincidieron con los señalados por Delgado *et al.* (2023), quienes informaron la alta productividad que tienen varios cultivares en esta etapa de zafra y que C323-68 reafirma las características para las cuales se recomendó, para las etapas finales por tener una madurez tardía.

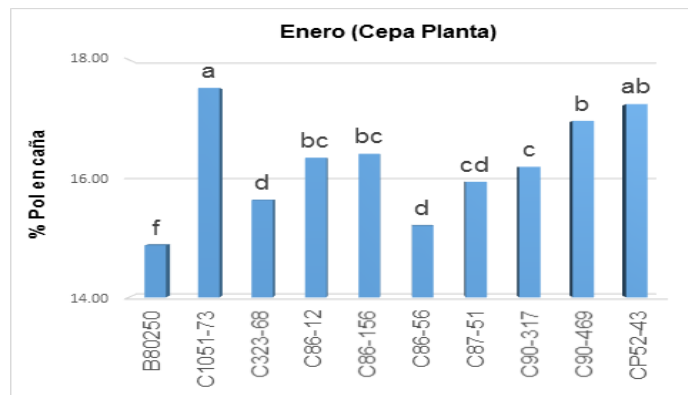
Conclusiones

Los cultivares C1051-73 y CP52-43 presentaron altos rendimientos y estabilidad en la etapa evaluada; así como C323-68 y C86-56 con los valores más bajos en la variable porcentaje de pol en caña.

Los cultivares CP52-43, C323-68 y C90-317 poseen los más altos valores del porcentaje de Fibra; así como, C86-56 bajos valores y estables.

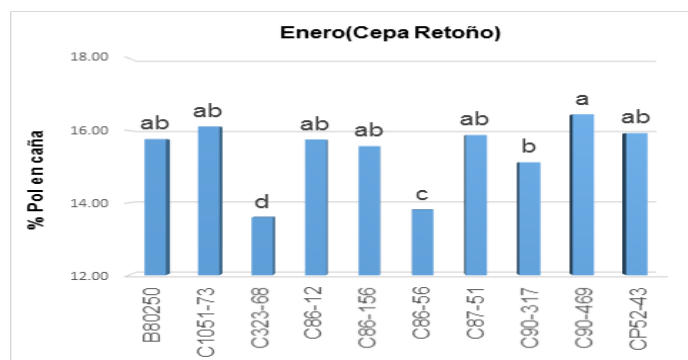
Los mejores resultados en la variable RPC los ofrecen los cultivares CP52-43 y C86-156.

Fig. 5. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa planta. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).



Fuente: Elaboración propia

Fig. 6. Comparación de cultivares en la variable porcentaje de pol en caña, para el mes de enero, cepa retoño. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)



Fuente: Elaboración propia

Referencias bibliográficas

Arocha, D. (2020). Respuesta del rendimiento azucarero de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en diferentes momentos evaluativos en suelos sialitizados no cálcicos. [Tesis en opción al título de ingeniero agrónomo]. Universidad de Cienfuegos.

Balzarini, M., & Di Rienzo, J. A. (2016). *InfoGen* versión 2016. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.info-gen.com.ar>.

Camargo, I., Quirós, E., & Gordón, R. (2011). Identificación de ambientes representativos y discriminatorios para seleccionar genotipos de arroz mediante el biplot GGE. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 245-255.

Cherinet, AW., Mekonnen, M., Tazebachew, A., Fentie, D., Mihiretu, E., & Esmael, J. (2016). GGE Stability Analysis of Seed Yield in Sunflower Genotypes (*Helianthus annuus*. L.) in Western Amhara Region, Ethiopia. *International Journal of Plant Breeding and Genetics*. Int. J. Plant Breed. Genet., 10 (2), 104-109.

Delgado, I., Núñez, D., Jorge, H., Guillén, S., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., & Montes de Oca, J. L. (2016). Evaluación de cultivares de caña de azúcar de madurez temprana, para el inicio de la zafra azucarera en suelos sialitizados no cálcicos. *Revista Centro Agrícola*, 43(2), 5-13.

Delgado, I. (2022). Perfeccionamiento de la recomendación de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) del programa de mejoramiento genético, según el período y momento óptimo de maduración. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. (Tesis Doctoral). 98p.

Delgado, J., Ferrer, M., & Pardo, L. (2023). Comportamiento agroindustrial de la maduración en seis cultivares de caña de azúcar en Mayabeque, Cuba. *Temas de Ciencia y Tecnología*, 27(79), 29 – 35.

Delgado, I., Arocha, D., Gómez, J. R. & Jorge, H. (2021). Respuesta de nuevos cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) para el rendimiento azucarero, en diferentes momentos evaluativos.

Delgado, I., Jorge, H., Machado, I., & Cornide, M. T. (2019). Diferentes métodos para determinar el período óptimo de maduración de cultivares de la caña de azúcar. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 53(2), 3-15.

Delgado, I., Jorge, H., Pérez, L., & Cornide, M. T. (2019). Análisis de la interacción genotipo ambiente en diferentes condiciones edafoclimáticas en Cuba mediante el GGE biplots. *Revista ICIDCA*, 53(1), 3-12.

Delgado, I., Rodríguez, S., Gómez, J. R., & Jorge, H. (2022). Evaluación de la madurez de cultivares de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en Cienfuegos. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 56(1), 3-10.

Durai, A. A., Mahadevaiah, C., & Gopinath, K. (2020). Identification of early and mid-late maturing sugarcane varieties for western region of Tamil Nadu. *Journal of Sugarcane Research*, 10, 32-42.

Gabriel, K. R. (1971). The Biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, 58, 453-467.

González, A. N., Jorge, H., Menéndez, A., & Vera, A. (2019). Nuevos cultivares de caña de azúcar para iniciar zafra en el ingenio Ofelina de Panamá. *Biología Vegetal*, 19(3), 179-191.

- González, R. M. (2019). Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados. Editorial ICIDCA, La Habana, Cuba. Primera edición, 216p.
- Gordon, M. R., Camargo, B., Franco, B., & González, S. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana* 17(2), 189-199.
- Cuba. Instituto Cubano de Investigaciones Azucareras. (2006). Manual de métodos analíticos para el control unificado. Azúcar crudo y Azúcar refino, Sala Nacional de Control y Análisis, Ministerio del azúcar, 9p. ICINAZ.
- Jorge, H., Delgado, I., González, A., Vera, A., Cornide, M. T., Cabrera, L., Díaz, F. R., Gómez, J. R., Suárez, O., Torres, I., Valladares, F., Cruz, R., Céspedes, A., & Puchades, Y. (2017). Potencial azucarero de un grupo de cultivares de caña de azúcar en Cuba. *Revista ICIDCA* 51(2), 59-66.
- Jorge, H., Menéndez, A., González, A., Delgado, I., Gómez, J. R. (2018). Evaluación de genotipos de caña de azúcar en diferentes ambientes en el ingenio Ofelina, República de Panamá. *Centro Agrícola*, 45(1), 24-33.
- Jorge, H., González, A. N., Delgado, I., Bodaños, R., Suárez, O., Céspedes, A., Gómez, J. R., Díaz, F. R., Puchades, Y., & Rodríguez, R. (2021). Interacción genotipo x ambiente en caña de azúcar en diferentes momentos de cosecha. *ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar*, 55(1), 8-19.
- Jorge, H., González, R., Casas, M., & Jorge, I. (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba*. PUBLINICA. 308 p.
- Rea, R., de Sousa-Vieira, O., Díaz, A., Ramón, M., Briceno, R., George, J., & Niño, M. (2014). Genotype-environment interaction in sugarcane by AMMI and site regression models in Venezuela. *Revista Fac. Agron. (LUZ)*, (31), 362-376.
- Rodríguez, S. (2018). Respuesta de cultivares de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en diferentes períodos de evaluación en la provincia de Cienfuegos. Universidad Fructuoso Rodríguez. Cienfuegos. Trabajo de Diploma en Opción al Título de Ingeniera Agrónoma.
- Rodríguez, R., Puchades, Y., Bernal, N., Jorge, H., & García, H. (2010). Métodos estadísticos multivariados en el estudio de la interacción genotipo ambiente en caña de azúcar. ISSCT.
- Santos, A., Ceccon, G., Teodoro, P. E., Correa, A. M., Rita de Cássia, F., da Silva, J. F., & Batista, V. (2016). Adaptability and stability of erect cowpea genotypes via REML/BLUP and GGE Biplot. *Bragantia*, Campinas, 75(3): 299-306.
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., & Szlavnic, Z. (2000). Cultivar evaluation and mega-environment investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci*, 40, 597-605.
- Yan, W., & Tinker N. A. (2006). Biplot analysis of multi-environment trial data: Principles and applications. *Can. J. Plant Sci.* 86, 623–645.

10

Control preemergente de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis

Pre-emergence control of weeds with alternative substances to synthetic herbicides

Inoel García Ruiz¹

Email: inoel.garcia@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7149-7750>

Irenaldo Delgado Mora¹

Email: irenaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-8625>

Felipe del Sol González³

Email: felipe.gonzalez@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9473-2789>

Frank A. Hidalgo Cruz³

Email: frank.hidalgo@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-3183-2099>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Cuba

³Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas (EAA CC). Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

García Ruiz, I., Delgado Mora, I., del Sol González, F. y Hidalgo Cruz, F. (2024). Control preemergente de arvenses con sustancias alternativas a los herbicidas de síntesis. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 90-97. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

Los herbicidas de síntesis son muy efectivos para controlar arvenses en diversas condiciones. Sin embargo, las aplicaciones indiscriminadas aumentan la contaminación ambiental, siendo necesario buscar alternativas más amigables con el entorno. El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de extractos acuosos de plantas en el control preemergente de arvenses en caña de azúcar. En el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara, se realizó un experimento semicontrolado con un esqueje de una yema del cultivar C86-12 por maceta y otro en parcelas de campo, con esquejes de tres yemas de los cultivares CP52-43 y C86-12. En ambos experimentos se asperjó Merlin Total CS 60 a 0,25 L ha⁻¹ en un caldo de 200 L ha⁻¹, así como extractos acuosos de hojas verdes de *Pinus* sp, *Eucalyptus* sp. y plantas completas de *Cyperus rotundus* L., aplicados a 800 L ha⁻¹, 200 y 400 L ha⁻¹ de caldo, respectivamente. El control de especies anuales de los extractos fue entre 62-72% y 49-55%. En el merlin total fue de 100 y 88% en ambos experimentos. El rendimiento agrícola en el segundo experimento solo tuvo diferencia significativa en el manejo de arvenses, donde los tratamientos superaron al control.

Palabras clave:

Bioherbicidas, Caña de Azúcar, Extractos Acuosos, Preemergencia, Rendimiento Agrícola.

ABSTRACT

Synthetic herbicides are very effective in controlling weeds under various conditions. However, indiscriminate applications increase environmental contamination, making it necessary to look for more environmentally friendly alternatives. This research aimed to evaluate the effectiveness of aqueous plant extracts in the pre-emergent control of weeds in sugarcane. At the Sugarcane Research Institute of Villa Clara, a semi-controlled experiment was carried out with a cutting of one bud of the cultivar C86-12 per pot and another in field plots, with cuttings of three buds of the cultivars CP52-43 and C86-12. In both experiments, Merlin Total CS 60 was sprayed at 0.25 L ha⁻¹ in a broth of 200 L ha⁻¹, as well as aqueous extracts of green leaves of *Pinus* sp, *Eucalyptus* sp. and whole plants of *Cyperus rotundus* L., applied at 800 L ha⁻¹, 200 and 400 L ha⁻¹ of broth, respectively. The annual species control of the extracts was between 62-72% and 49-55%. Total merlin was 100 and 88% in both experiments. The agricultural yield in the second experiment only had a significant difference in the management of weeds, where the treatments outperformed the control.

Keywords:

Bioherbicides, Sugarcane, Aqueous Extracts, Pre-Emergence, Agricultural Yield.

INTRODUCCIÓN

Los herbicidas de síntesis se han convertido en la principal opción para el control de arvenses en áreas extensivas de una amplísima gama de cultivos, debido a su alta efectividad en múltiples condiciones de suelo y clima, alta productividad de aplicación y costos relativamente bajos. Sin embargo, como toda aplicación de agroquímicos impacta de forma negativa al ambiente, porque elimina especies no blanco, contamina ecosistemas, crea resistencia o por daños a cultivos agrícolas (Ramírez, 2018). Por ello, se torna urgente buscar alternativas más amigables con el ambiente.

La alelopatía se define como una ciencia que explica cualquier efecto directo o indirecto, positivo o negativo, modificado o no por microorganismos, que ejerce una planta sobre otra a través de la producción y liberación de sustancias químicas al medio (Pont y Escribà, 2016). Aspecto, que constituye una alternativa alentadora para la producción de herbicidas alternativos.

Oliveros (2008) señala que deben resolverse limitaciones relacionadas con la poca cantidad de principio activo producida por las plantas. Además de la modificación estructural de la molécula natural de posible efecto herbicida y con la disponibilidad de procesos de síntesis sencillos y rentables.

García (2013) afirma que el uso de plantas como fuente potencial para obtener bioherbicidas, es atractivo por la especificidad de su acción biológica y la escasa probabilidad de producir residuos perjudiciales en aguas y suelos. Sin embargo, reconoce la poca comercialización de estos tipos de productos, quizás por la limitada comprensión de los modos de acción de muchos de los aleloquímicos identificados.

De acuerdo con el Consejo Nacional de Ciencia y Técnica de México (CONACYT) los beneficios de los herbicidas naturales o bioherbicidas se asocian al menor impacto ambiental y al aprovechamiento de la biodiversidad de los cultivos y como desventaja la necesidad de aplicarlos varias veces (CONACYT, 2022). Diversas plantas han sido evaluadas como aportadoras de metabolitos de efecto herbicida.

Medeiros y Medeiros (2018) señalan a *Lantana camara L.* como una especie con compuestos naturales como terpenos, 1,8 cineol y lantadene con potencialidad para el desarrollo de bioherbicidas, especificando la necesidad de investigaciones que deriven hacia resultados aplicables en campo. Por su parte, Portuguez *et al.*, (2021) en condiciones de invernadero demostraron que el extracto de pino tuvo mayores efectos de control sobre *Amaranthus sp.*, *Echinochloa colona (L.) Link* y *Rottboellia cochinchinensis L. f.* que en *Bidens pilosa L.* Enfatizan además, en la necesidad de emplear sustancias naturales en sustitución de los herbicidas convencionales.

González Puig (2017), demostró que el extracto acuoso de hojas de *Eucaliptus globulus Labill.* contiene un coctel de compuestos fitotóxicos que podrían interferir la germinación y desarrollo de otras especies de plantas. Este extracto específica que los filodios de eucalipto empleados como abono verde tienen efecto herbicida sobre especies de hoja ancha y estrecha. Así como puntualiza, que la incorporación de las hojas al suelo libera compuestos fenólicos y volátiles durante un periodo de descomposición cercano a 30 días. Aspectos, que pueden ser causa probable de los patrones de fitotoxicidad observados en los experimentos de laboratorio e invernadero, sin notarse deterioro en la calidad del suelo.

En este mismo sentido, Pont y Escribà (2016) consideran inviable la obtención de moléculas naturales de forma industrial, porque requiere grandes tonelajes de biomasa vegetal y costos elevados. Por lo que, en el marco de una estrategia ecológica, la mejor opción sería incluir “cócteles naturales de metabolitos secundarios” a través del manejo de abonos verdes y cultivos fitotóxicos.

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad de extractos acuosos de plantas en el control preemergente de arvenses en caña de azúcar.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en el Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar INICA Villa Clara, localizada en los 22° 24' 37" N y 80° 10' 07" W, a 125 msnm, en el municipio de Ranchuelo, provincia de Villa Clara, Cuba. Se realizó un experimento en macetas (I) y otro en parcelas de campo (II), cuyas metodologías experimentales se detallan a continuación:

Experimento I (Macetas)

Las macetas de 4500 cm³ de volumen se llenaron con suelo Pardo Mullido Carbonatado (Hernández *et al.*, 2015), procedente de los 10 cm superiores del perfil y de un área con antecedentes de abundantes especies de arvenses anuales. Se utilizaron los tratamientos siguientes (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos utilizados en el experimento I.

No.	Tratamientos	Dosis (L ha-1)
1	Control absoluto (CA)	0
2	Merlin Total CS 60 (MT)	0,25
3	Extracto acuoso de pino (PI)	800
4	Extracto acuoso de eucalipto (EU)	800
5	Extracto acuoso de cebolleta (CE)	800

Fuente: Elaboración propia

Experimento II (Parcelas de campo)

Se realizó en parcelas de campo en un suelo Pardo Mullido Carbonatado (Hernández *et al.*, 2015) para comparar tres factores: Cultivares (CP52-43 (V_1) y C86-12 (V_2)), Manejos (Control absoluto (CA), Merlin Total CS 60 (MT) a 0,25 L ha⁻¹, extracto acuoso de PI (E_1), extracto acuoso de EU (E_2) y extracto acuoso de CE (E_3)) y como tercer factor la aplicación (sencilla (A_1) y doble (A_2)) (Tabla 2).

Tabla 2. Tratamientos utilizados en el experimento II

No	Tratamientos	No	Tratamientos
1	V1CA	9	V2CA
2	V1MT	10	V2MT
3	V1E1A1	11	V2E1A1
4	V1E1A2	12	V2E1A2
5	V1E2A1	13	V2E2A1
6	V1E2A2	14	V2E2A2
7	V1E3A1	15	V2E3A1
8	V1E3A2	16	V2E3A2

V_1 : CP52-43 V_2 : C86-12, CA: Control absoluto, MT: Merlin Total CS60, E_1 : Extracto acuoso de hojas de *Pinus* sp., E_2 : Extracto acuoso de hojas de *Eucalyptus* sp., E_3 : Extracto acuoso de plantas de *Cyperus rotundus* L., A_1 : Una aplicación, A_2 : Dos aplicaciones

Fuente: Elaboración propia

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño en bloque completamente aleatorizado con 4 réplicas. La semilla se troceó a 3 yemas, se distribuyó a 12 yemas m⁻¹ de surco y se tapó con alrededor de 5 cm de suelo de forma manual. La fertilización se realizó en el fondo del surco antes de la distribución de la semilla, con urea (46% de N), superfosfato triple (46% de P₂O₅) y cloruro de potasio (60% de K₂O), para una dosis de 100-50-150 kg ha⁻¹ de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente.

Los extractos acuosos de ambos experimentos se obtuvieron a partir de hojas verdes de PI (*Pinus* sp.), EU (*Eucalyptus* sp.) y plantas de CE (*Cyperus rotundus* L.), troceadas de forma manual hasta lograr fracciones de 3 cm o menores y maceración de 0,25 kg de biomasa por litro de agua a temperatura ambiente durante 48 horas. Los tratamientos se aplicaron con mochila manual de 16 L de capacidad, boquilla deflectora DT-3,0, gasto de 1,458 L min⁻¹ a presión de 1 bar, ancho de trabajo de 1,60 m y solución final calibrada de 200 L ha⁻¹ por pase, logrando 800 y 400 L ha⁻¹ variando el número de pases en los experimentos I y II, respectivamente.

Evaluaciones

La cobertura de arvenses se evaluó de forma visual a los 30, 40 y 50 días en ambos experimentos. El porcentaje de control de arvenses se calculó por la fórmula:

$CO = ((CCA - CT) / CCA) * 100$, donde CO = Control (%), CCA: Cobertura en el control absoluto (%), CT: Cobertura en el tratamiento (%).

A los 15 meses de edad en todas las parcelas del experimento II se contaron los tallos de un surco, se midió la longitud y el grosor de 10 tallos. Se realizó la cosecha con corte manual, pesaje de los tallos por parcela con dinamómetro digital KERN HCB 100K200, y se infirió el rendimiento agrícola por tratamiento.

Las precipitaciones de los primeros 120 días de plantado el experimento II se expresaron en la Tabla 3.

Tabla 3. Precipitación (mm) y días lluviosos (DLL) en los primeros 120 días.

Meses	mm	%	DLL	%
Septiembre	358,2	49,7	16	53,3
Octubre	122,6	17,0	10	32,2
Noviembre	214,2	29,7	12	40,0
Diciembre	25,7	3,6	4	12,9
Totales	720,7	100	42	35,0

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento de los datos

Los datos de control de arvenses expresados en porcentaje de ambos experimentos se examinaron por análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis con el Programa InfoStat v. 1,2. Los datos de las variables fenológicas y de rendimiento agrícola del experimento II se procesaron por análisis de varianza de tres factores con el Programa SPSS Statistics v. 22. La comparación de medias se realizó mediante prueba de Múltiple Rango con dódima de Tukey ($p < 0.05$).

Resultados y discusión

Experimento I

En condiciones de macetas el control de arvenses de los extractos de PI, EU y CE fluctuaron entre 72,7 y 84,2% al término del primer mes y entre 61,9 y 72,3% a los 50 días que, sin diferencia significativa entre ellos. De esta manera, constituyen niveles de efectividad alentadores aún para condiciones de macetas, donde la posible degradación de los aleloquímicos por el impacto de factores del suelo y del ambiente se atenúa, comparado con las condiciones prevalecientes a campo abierto (Tabla 4).

Tabla 4. Control de arvenses por tratamientos hasta los 50 días de la aplicación.

Tratamientos	Días desde la aplicación					
	30		40		50	
	MR	MA	MR	MA	MR	MA
MT	17,5 a	100,0	17,0 a	100,0	17,5 a	100,0
Extracto PI*	9,3 b	83,3	9,8 ab	76,4	9,9 b	72,3
Extracto EU	8,4 b	84,2	7,7 b	73,4	7,9 b	69,8
Extracto CE	6,8 b	72,7	6,5 b	63,3	6,7 b	61,9

*CA: Control absoluto MT: Merlin Total CS 60 PI: *Pinus sp.* EU: *Eucalyptus sp.*

CE: *Cyperus rotundus L.* MR: Media del rango, MA: Media aritmética.

Letras distintas por columnas indican diferencia significativa según prueba no paramétrica de Kruskal Wallis ($p < 0,05$).

Fuente: Elaboración propia

Los resultados positivos del extracto de PI en este ensayo coinciden con los obtenidos en condiciones semicontroladas por Jiménez *et al.*, (2006), quienes encontraron efecto de control preemergente del extracto de pino por 21 días y con los de Portuguesez *et al.* (2020) en macestas, donde hubo reducción de 67% en la germinación de la especie de arvense *Arthraxon quartinianus* (A. Rich.), pero a la vez, se contraponen a resultados en este último ensayo donde no hubo control sobre especies de hoja ancha que emergieron espontáneamente, ni tampoco en aplicaciones del extracto para evaluar su efectividad contra la emergencia de semillas existente en campo y donde hubo estimulación de la germinación de *Amaranthus sp.* y *Oriza sativus*.

Por su parte, Jouini (2020) comparó la acción de varios aceites esenciales de plantas, entre ellos el de *Eucalyptus camaldulensis*, sobre la germinación y longitud del coleoptilo y la radícula de cuatro especies de arvenses y considera que, la especie de arvense, la dosis aplicada y la composición química del aceite son factores vinculados de forma muy estrecha al efecto fitotóxico de los aceites y concluye que existe potencial de control de arvenses pre y postemergente de los compuestos naturales, que permiten su uso en condiciones de cultivos controlados, aunque sea necesario continuar investigaciones para esclarecer su real potencial como bioherbicidas y los ajustes tecnológicos a realizar.

También, Jarma y Tirado (2004) estudiaron el efecto fitotóxico de extractos de plantas sobre cuatro arvenses de importancia económica en el cultivo del algodón en el Caribe Colombiano y los resultados demuestran la existencia de potencial en *Cyperus rotundus L.* para obtener extractos bioherbicidas.

En el experimento I predominaron las arvenses dicotiledóneas *Acalypha alopecuroides Jacq*, *Rhynchosia minima (L.) DC.* y *Sida acuta Burm. I.*, así como la monocotiledónea *Leptochloa panicea (Retz.) Ohwi* durante todo el periodo de estudio (Figura 1). Las tres especies de hoja ancha se caracterizan por poseer semillas de tamaño relativamente grande, con mayores cantidades de sustancias de reserva que pueden favorecer la capacidad germinativa de las semillas.

El tamaño de la semilla puede desempeñar un papel importante en la germinación de la especie arbórea *Quercus rugosa Née* (Encino) en la cual las semillas grandes tuvieron mayor germinación que las medianas y chicas, lo que puede atribuirse a la mayor cantidad de sustancias de reserva y a la capacidad de germinar desde mayores profundidades (Huerta y Rodríguez, 2011). Otras especies como *Cecropia obtusifolia Bertol.* (Tenorio *et al.*, 2008), *Helianthus annuus L.* (Krishnaveni y Sivasubramanian, 2001) y en *Tragopogon pratensis L. ssp. pratensis* (van Mólken *et al.*, 2005), también mostraron la misma tendencia.

Experimento II

En parcelas de campo el factor manejo influyó de forma significativa ($p < 0,05$) en la efectividad de control preemergente de arvenses (Figura 2B), con niveles de efectividad de los extractos acuosos de plantas que fluctuaron entre alrededor de 80% a los 30 días hasta 50% a los 50 días, mientras el herbicida sintético Merlin Total CS 60 a 0,25 L ha⁻¹ controlaba entre 95 y 85% en esos mismos momentos desde la aplicación, respectivamente.

El número de especies anuales por parcela también mostró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los tratamientos, siendo Merlin Total CS 60 a 0,25 L ha⁻¹ el de menor diversidad de especies, con promedios respectivos que fluctuaron desde 1,6 hasta 3,8 especies a los 30 y 50 días, mientras esos valores se movieron desde alrededor de 4,0 hasta 6,0 especies en los extractos acuosos y entre 6,5 y 7,0 en el tratamiento de libre crecimiento de arvenses (Figura 2D). Los cultivares y el número de aplicaciones de los extractos acuosos (Figuras 2A y 2C) así como las interacciones entre factores no influyeron de forma significativa ($p > 0,05$) en el control y número de especies anuales por parcela.

La rápida pérdida de efectividad de los extractos a partir de los 40 días puede atribuirse a las características propias de los aleloquímicos en cuanto a reactividad e inestabilidad que aceleran su degradación en contacto con el ambiente natural (Morbeck de Oliveira *et al.*, 2017) y también a la predominancia de átomos de oxígeno y nitrógeno en su estructura química que los convierte en sustancias más "nobles" que aceleran su descomposición en el suelo (Soltys, 2013).

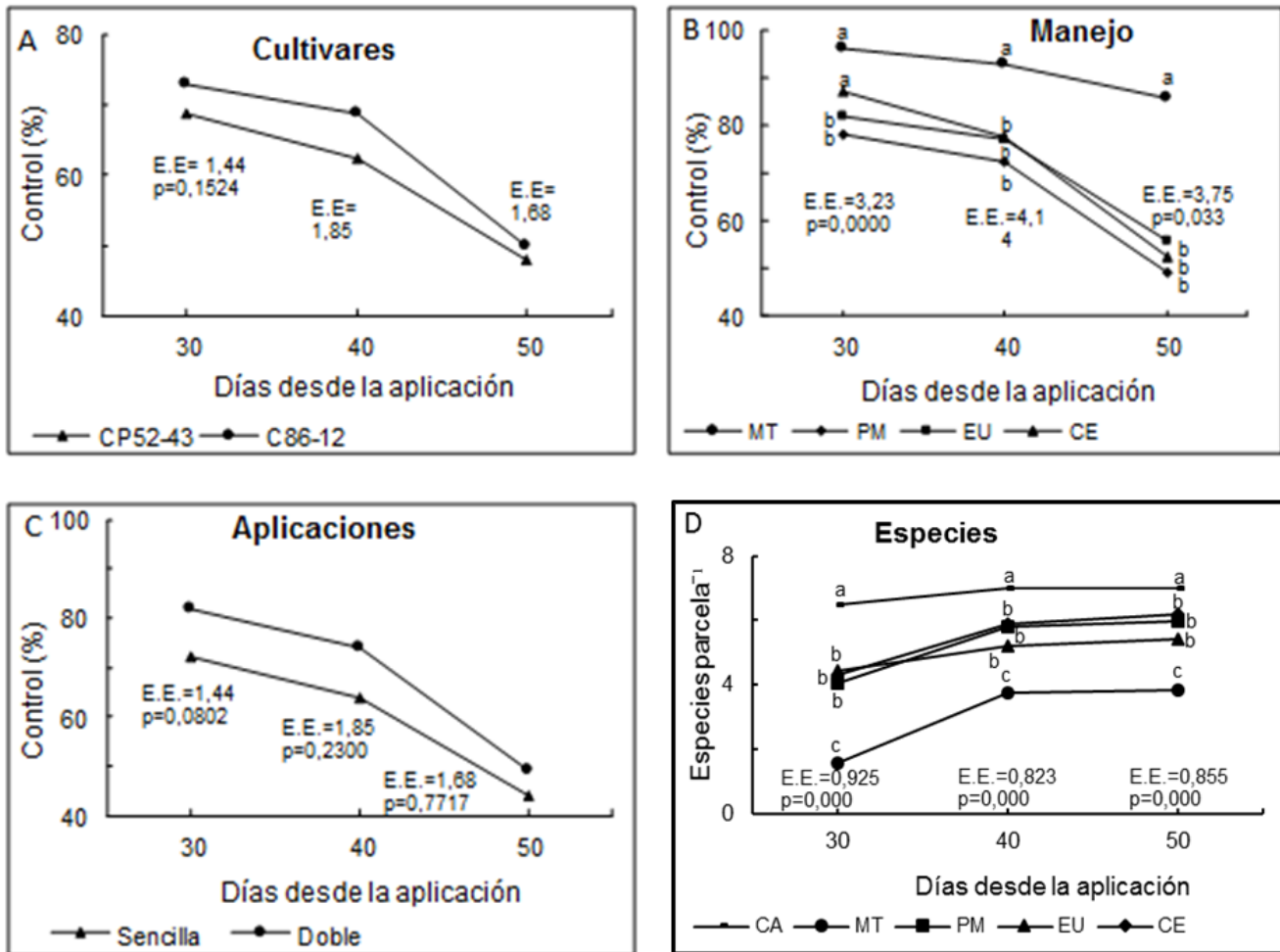
Fig. 1. Intensidad de enyerbamiento por tratamiento a los 50 días de la aplicación.



CA: Control absoluto MT: Merlin Total CS 60 a 0,25 L ha⁻¹, PI: Extracto acuoso de hojas verdes de *Pinus sp.*, EU: Extracto acuoso de hojas verdes de *Eucalyptus sp.*, CE: Extracto acuoso de plantas de *Cyperus rotundus L.*

Fuente: Elaboración propia

Fig. 2. Control de especies anuales por cultivares, manejo de arvenses, número de aplicaciones y promedio de especies anuales por parcela hasta los 50 días desde la aplicación.



Letras distintas indican diferencia significativa Tukey $p < 0,05$

CA: Control absoluto, MT: Merlin Total CS 60 a 0,25 L ha⁻¹, PM: Extracto acuoso de hojas verdes de *Pinus sp.*, EU: Extracto acuoso de hojas verdes de *Eucalyptus sp.*, CE: Extracto acuoso de plantas verdes de *Cyperus rotundus L.*

Fuente: Elaboración propia

La duración del control en el experimento I contrasta con los cuatro meses de control obtenidos por Verdeguer (2011) con el extracto acuoso de *Eucalyptus camaldulensis* aplicado tres veces espaciadas cada 15 días, atribuible a los 10, 5 y 5 litros de extracto aplicados por parcela (0,25 m²) a los 0, 15 y 30 días, respectivamente, equivalente a una dosis total de 800 000 L ha⁻¹ en las tres aplicaciones. También Montero *et al.* (2017) demostraron que el vinagre triple (12,5% de ácido acético) aplicado en post emergencia logra 99% de control del cultivo de cobertura *Avena strigosa L.*, pero a la elevadísima dosis de 1120 L ha⁻¹.

Las variables componentes del rendimiento agrícola a los 15 meses de edad indican solo diferencia significativa ($p < 0,05$) en el factor manejo en la variable peso de tallos y

donde MT, PI, EU y CE, sin diferencia entre ellos, superaron al CA (Tabla 4).

Estos resultados son muy alentadores porque la producción alcanzada con los extractos se equiparó al obtenido por uno de los herbicidas más utilizados en Cuba para el control preemergente de arvenses en caña planta y retoños y contrastan con los obtenidos por Laynez y Méndez (2007) con el extracto acuoso de *Cyperus rotundus L.* a concentraciones de 2, 4 y 6% que afectaron el crecimiento de plántulas de Maíz (*Zea mays L.*) en invernadero. También Méndez (2019) considera a los aleloquímicos procedentes de algunas plantas como sustancias capaces de controlar arvenses, pero también afectar o causar daños en las plantas de interés económico.

Tabla 4. Crecimiento de los tallos por cultivares, manejo de arvenses y número de aplicaciones a los 15 meses de edad.

Cultivares	Variables de crecimiento de los tallos			
	Tallos m ⁻¹	Longitud cm	Grosor cm	Peso tallos t ha ⁻¹
CP52-43	10,8	248,5	2,90	80,7
C86-12	11,3	240,6	2,95	83,8
E. E.	0,22	3,00	0,04	2,92
p valores	0,114	0,068	0,385	0,468
Manejo de arvenses				
CA	10,0	243,3	2,89	57,3 b
MT	10,7	244,3	2,89	82,8 a
PM	11,0	246,3	2,89	80,9 a
EU	11,4	246,0	3,01	88,1 a
CE	11,0	241,7	2,91	77,2 a
E. E.	0,31	4,25	0,05	4,13
p valores	0,422	0,866	0,267	0,001
Número de aplicaciones de los extractos				
Sencilla	11,1	247,6	2,96	83,5
Doble	11,0	241,1	2,88	81,0
E. E.	0,22	3,00	0,04	2,92
p valores	0,647	0,068	0,0590	0,488

Letras distintas indican diferencia significativa Tukey p < 0,05

Fuente: Elaboración propia

El empleo de extractos de plantas para el control de arvenses en áreas extensivas aún tiene escollos a superar, siendo la baja concentración de aleloquímicos en los tejidos vegetales la principal dificultad, porque conllevaría procesar altas cantidades de biomasa que encarecen el proceso de preparación y obtención de los extractos, razones por las cuales y en el marco de una estrategia ecológica de manejo de arvenses, Pont y Escribà (2016), consideran más ventajoso utilizar “cocteles naturales de metabolitos secundarios” que ofrecen los abonos verdes y los cultivos fitotóxicos.

Conclusiones

Los extractos acuosos de *Pinus sp.*, *Eucalyptus sp.* y *Cyperus rotundus L.* aplicados a 800 L ha⁻¹ en macetas y 200 y 400 L ha⁻¹ en parcelas de campo en preemergencia de las arvenses y caña de azúcar, mantuvieron 50% o

superiores de control de arvenses anuales hasta los 50 días de la aplicación y sin afectar el crecimiento y rendimiento agrícola de los cultivares CP52-43 y C86-12.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CONACYT. (2022). Manejo ecológico integral de arvenses en México. Gaceta Informativa No. 8. México.
- García Plasencia, S. (2013). Actividad herbicida del aceite esencial de *Thymus capitatus* (L.) Hoffmanns. et Link. y efectividad en función de distintos métodos de aplicación. [Trabajo final de máster. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural]. Universidad Politécnica de Valencia, España.
- González Puig, C. B. (2017). *Eucalyptus globulus* Labill. for weed control in Organic Agriculture: from molecules to the field. Tese de doutoramento. Escola Internacional de Doutoramento. Departamento de Biología Vegetal e Ciencia do Solo de la Universidade de Vigo, España.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D & Castro, N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93p.
- Huerta Paniagua, R., & Rodríguez Trejo, D. A. (2011). Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(2): 179-187.
- Jarma Orozco, A. de J., & Tirado, G. R. (2004). Efecto bioherbicida de extractos vegetales para el manejo de malezas en algodón en el Caribe colombiano. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología Costa Rica No. 71* p.79-84.
- Jiménez Ferrer, L., Valdés Zayas, D., & Álvarez Puentes, R. (2006). Efecto alelopático de *Pinus caribaea* en la germinación de arvenses en casas de cultivo protegido. *Centro Agríc.* 33(4):79-84.
- JOUINI, A. (2020). Herbicidal activity of Mediterranean essential oils and their effects on soil bioindicators. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias]. Universidad Politécnica de Valencia. España. 170 pp.
- KRISHNAVENI, K., & SIVASUBRAMANIAN, K. (2001). Effect of seed size on seed quality in sunflower cv. Morden. *Madras Agriculture Journal* 88: 133–134.
- Layne Garsaball, J. A., & Méndez Natera, J. R. (2007). Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus L.* (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays L.*) cv. Pioneer 3031. *Rev. Perú. biol.* 14(1): 055- 060. Versión Online ISSN 1727-9933.

- Medeiros Gindri, D., & Medeiros Coelho C. M. (2018). Metabolitos aleloquímicos de *Lantana camara* L.: Potencial para o desenvolvimento de bioherbicida. Revisão. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR - 24ª edição*, p. 1-18. ISSN 2358-5420.
- Méndez Navarrete, G. S. (2019). Evaluación de extractos vegetales con potencial para el control de malezas en agricultura orgánica. [Proyecto de Investigación para optar por el título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Ecuador.
- Montero Cedeño, S. L., Cardoso Galvão, J. C. & Cañarte Bermúdez, E. G. (2017). Vinagre Triple 12,5%: Herbicida natural en siembra directa de maíz (*Zea mays*) orgánico. *Revista Espamciencia*, Volumen 8, Número 2.
- Morbeck de Oliveira, A. K., Matias, R., Pina, J. C., & da Silva, L. T. (2017). Alelopatía e seu potencial na formulação de bioherbicidas. Capítulo 6. p 89 -104. En: *Produção e Gestão Agroindustrial*. Volume 4 Editora Científica. ISBN 978-65-00-11649-6.
- Oliveros Bastida, A. de J. (2008). El fenómeno alelopático. El concepto, las estrategias de estudio y su aplicación en la búsqueda de herbicidas naturales. *Química Viva*, 7(1): 2-34. Universidad de Buenos Aires.
- Pont, A., & Escribà, A. (2016). Aplicaciones de la alelopatía en malherbología. *PHYTOMA* nº 280 junio/julio. Universitat de Lleida, España. p 15-18.
- Portuguez García, M. P., Agüero Alvarado, R., & González Lutz, M. I. (2020). Efecto preemergente del extracto de *Pinus* sp., en *Arthraxon quartinianus* (A. Rich.), en invernadero. *Agronomía Mesoamericana*, 31(3):773-779.
- Portuguez García, M. P., Agüero Alvarado, R., & González Lutz, M. I. (2021). Actividad herbicida de tres productos naturales sobre cuatro especies de arvenses. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3): 991-999.
- Ramírez Campos, M. A. (2018). El uso de pesticidas en la agricultura y su desorden ambiental. *Rev. Enferm. Vanguard*. 6(2): 40-47.
- Soltys, D. (2013). Allelochemicals as Bioherbicides: present and perspectives. In: Prince, A.; Kelton, J. *Herbicides: Current Research and Case*. London: Intech Open, p.517-542.
- Tenorio, G. G., Rodríguez, D. A., & López, G. F. (2008). Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol. *Agrociencia* 42 (5): 585-593.
- Van Mólken, T., Jorritsma-Wienek, L. D., Van Hoek, P. H. W., & de Kroon, H. (2005). Only seed size matters for germination in different populations of the dimorphic *Tragopogon pratensis* ssp. *Pratensis* (Asteraceae). *American Journal of Botany* 92: 432-437.
- Verdeguer Sancho, M. (2011). Fitotoxicidad de aceites esenciales y extractos acuosos de plantas mediterráneas para el control de arvenses. [Tesis Doctoral. Universitat Politècnica de València]. España.

11

Diagnóstico de micronutrientes en suelos cultivados con caña de azúcar en Villa Clara

Diagnosis of micronutrients in soils cultivated with sugar cane in Villa Clara

Rafael Más Martínez¹

Email: rafael.mas@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8651-0655>

Yaquelin Cobo Vidal²

Email: yakelin.cobo@inicahl.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9377-2397>

Emma Pineda Ruiz¹

Email: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3060>

Iliá Lugo Ruiz¹

Email: ilia.lugo@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2185-5273>

¹Instituto de Investigaciones de la caña de azúcar, Villa Clara. Cuba.

²Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Holguín. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Más Martínez, R., Cobo Vidal, Y., Pineda Ruiz, E. y Lugo Ruiz, I. (2024). Diagnóstico de micronutrientes en suelos cultivados con caña de azúcar en villa clara. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 98-104. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La extracción continuada de micronutrientes y su escasa reposición en los agrosistemas cañeros, ha conllevado al agotamiento de estos elementos en los suelos y pudiera ser una de las causas de los bajos rendimientos y el deterioro actual de muchas plantaciones en la región. Con el objetivo de conocer la disponibilidad de micronutrientes que presentan los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en Villa Clara se realizó el presente trabajo, para ello se colectaron 170 muestras de suelo representativas de las diferentes regiones edafoclimáticas de la provincia y se les determinó el contenido de Zn, Cu, Fe, Mn y Ni disponibles. Se utilizó como solución extractiva el ácido dietilentriaminopentacético y la espectrofotometría de absorción atómica como método analítico. El análisis descriptivo de los datos se realizó mediante STATISTICA 12. Se confeccionaron mapas con la distribución espacial de micronutrientes en suelo, mediante QGIS. Análisis foliares de caña de azúcar se llevaron a cabo para complementar el diagnóstico. De los suelos estudiados el 24,9% presentaron deficiencia de hierro; 8,9% de cinc y 6,2% de cobre. Se demuestra la necesidad de continuar incorporando el diagnóstico de estos elementos en los programas de fertilización y mejoramiento de suelos.

Palabras clave:

DTPA, Edafología, Microelementos.

ABSTRACT

The continued extraction of micronutrients and their poor replacement in sugarcane agrosystems has led to the depletion of these elements in the soil and could be one of the causes of the low yields and current deterioration of many plantations in the region. With the objective of knowing the availability of micronutrients present in the soils dedicated to the cultivation of sugar cane in Villa Clara, this work was carried out. For this purpose, 170 soil samples representative of the different edaphoclimatic regions of the province were collected and determined the content of available Zn, Cu, Fe, Mn and Ni. Diethylenetriaminepentacetic acid was used as an extractive solution and atomic absorption spectrophotometry was used as an analytical method. The descriptive analysis of the data was carried out using STATISTICA 12. Maps were made with the spatial distribution of micronutrients in soil, using QGIS. Sugarcane foliar analyzes were carried out to complement the diagnosis. Of the soils studied, 24.9% presented iron deficiency; 8.9% zinc and 6.2% copper. The need to continue incorporating the diagnosis of these elements in fertilization and soil improvement programs is demonstrated.

Keywords:

DTPA, Soil Science, Microelements.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de la fertilidad de los suelos es una de las principales causas del decrecimiento de la producción agrícola. Un interés especial se les ha prestado a los macronutrientes (N, P, K), mientras que las investigaciones sobre el contenido de micronutrientes han sido relativamente poca abordadas.

Los micronutrientes son aquellos elementos que los cultivos requieren en bajas cantidades y su concentración en el tejido vegetal es del orden de mg kg⁻¹. Hasta el momento, se incluyen al boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), níquel (Ni) y cinc (Zn). El inadecuado suministro de micronutrientes en el suelo, puede limitar el crecimiento y rendimiento de cultivos y praderas, aunque todos los demás nutrientes esenciales estén en cantidades adecuadas (Vistoso y Martínez, 2019).

La generalidad de los micronutrientes se encuentra asociados con enzimas que regulan distintos procesos metabólicos, principalmente la respiración (Cu, Fe, Mn, Zn), la fotosíntesis (Cu, Mn) y la síntesis de clorofila (Cu, Fe, Zn). El Mn interviene, además, en el proceso de regulación enzimático y la permeabilidad de las membranas. El Ni interviene en el metabolismo del N, hidrólisis de la urea y favorece el crecimiento (Kirkby y Romheld, 2008; Yepes, 2019).

No obstante, al importante rol que desempeñan estos elementos en el metabolismo de las plantas, la falta de conocimiento acerca de su impacto en caña de azúcar se refleja en el poco uso en este sector (Silva y Ferreira, 2021; Santos y Ruiz, 2019).

La deficiencia de micronutrientes es llamada "hambre oculta" y puede causar desordenes en el metabolismo de las plantas visualmente expresada en forma de clorosis, necrosis y defoliación (Noreen *et al.*, 2018).

Con el avance de una agricultura más intensiva y extractiva han comenzado a presentarse carencias de micronutrientes debido a un bajo nivel de disponibilidad en el suelo y una alta extracción por las cosechas. El aumento de la pureza de los fertilizantes minerales, el menor empleo de los abonos orgánicos y el desarrollo de factores antropogénicos y naturales, intensificados en la actualidad por el cambio climático, son otras de las razones del incremento de estas deficiencias.

En numerosos países se han observado carencias de micronutrientes y respuestas significativas de los cultivos a la aplicación de los mismos. En la India la deficiencia de Zn en suelos agrícolas se ha incrementado en los últimos años entre un 44% a un 48% y se estima esta se incremente hasta un 63% en el 2025 (Panneerselvam and Palaniyandi, 2014).

Buffa y Ratto (2005) al estudiar 48 perfiles de suelos en la llanura cordobesa, franja occidental de la llanura pampeana Argentina, donde predominan los Molisoles,

detectaron deficiencias de Zn y Cu. Respuestas a la fertilización con cinc han sido obtenidas en ese país en maíz y trigo (Ferraris, 2013). Lopes y Abreu (2000), realizaron una caracterización de 518 muestras de suelos superficiales de Brasil y determinaron que el 70% de las muestras poseían deficiencia de Cu, el 95% de Zn y el 37% de Mn. Un resumen realizado sobre la frecuencia de ensayos con respuesta positiva a la aplicación de micronutrientes en caña de azúcar en Brasil mostró que hubo incrementos significativos a la adición de Cu, Mn, B y Fe (Malavolta, 1994; Yamada, 2019).

En suelos cultivados de maíz en Villaflores, Chiapas (México) se encontró que los micronutrientes más deficientes fueron el B y Zn en el 90 y 46% de los casos analizados, atribuido al bajo contenido de materia orgánica, su formación sobre rocas ígneas y lixiviación por la lluvia especialmente en suelos ácidos y de textura gruesa (López *et al.*, 2019).

Estudios de micronutrientes en suelos de agrosistemas ganaderos de la región central de Cuba, mostraron deficiencias de Cu, Mn y Zn, que provocaron una disminución significativa de la eficiencia reproductiva de los rebaños bovinos (Noval *et al.*, 2014). Deficiencias de cinc también han sido reportadas en Vertisoles cultivados con caña de azúcar de la región centro oriental de este archipiélago (Cobo, 2022).

La provincia de Villa Clara ubicada en la región central de Cuba posee aproximadamente unas 120 000 hectáreas dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, distribuidas en 10 empresas agroindustriales azucareras. La agroindustria azucarera produce azúcar, alcohol, energía, alimento animal, entre otros y constituye la base fundamental del desarrollo socioeconómico del territorio.

El cultivo continuado de la caña de azúcar extrae cantidades de nutrimentos que deben ser repuestos al suelo mediante los programas de fertilización establecidos en el país. Esta política se cumple para los macronutrientes N, P y K, no así para los micronutrientes los cuales han tenido una escasa o nula reposición y podrían generarse deficiencias de estos nutrimentos en algunas áreas.

El objetivo del estudio es realizar un diagnóstico de la disponibilidad de micronutrientes Zn, Cu, Mn, Fe y Ni en los agroecosistemas cañeros de la provincia Villa Clara.

Materiales y métodos

El estudio se realizó en las áreas de abastecimiento de caña de azúcar de las empresas agroindustriales azucareras (ingenios) de la provincia Villa Clara, limitadas por los meridianos -79,2990988° y -80,7594213° de longitud oeste y los paralelos 21,9520876° y 23,0586098° de latitud norte, con centroide (-80,0321161° O y 22,5070188° N) (Longitud/Latitud, WGS84).

Acorde a la clasificación climática de Köppen, el clima de la región se clasifica como Aw; tropical, estacionalmente húmedo, con dos estaciones, una lluviosa (mayo a

octubre) y otra seca (noviembre a abril), con promedios anuales de precipitación entre 1 400 y 1 600 mm. La temperatura media anual es de 24,5°C, la más baja ocurre en enero (20,9°C) y la más alta en agosto (26,9°C). La humedad relativa es alta, más del 80% de junio a enero y de febrero a mayo se registran valores entre 75 y 78%, según datos de la Estación Meteorológica del Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), municipio de Santo Domingo, de la referida provincia.

Se tomaron con el empleo de barrena agroquímica 170 muestras de suelos de los primeros 20 cm de profundidad, de las diferentes regiones edafoclimáticas de Villa Clara (Figura 1). Los principales agrupamientos de suelos se corresponden con los Ferralíticos (Ferralsols), Fersialíticos y Pardos Sialíticos (Cambisols), Vertisoles (Vertisols), Gleysoles (Gleysols) y Húmicos Sialíticos (Phaeozems), acorde a la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández *et al.*, 2015) y la Base referencial Mundial (IUSS Working Group WRB, 2015).

Las muestras estaban conformadas por 20 a 30 submuestras por la diagonal de cada unidad mínima de manejo (campos de caña) y así conformar una muestra compuesta de aproximadamente 1 kg. Las mismas fueron secadas, trituradas y tamizadas a 1mm, para su caracterización analítica. Se les determinó el contenido de micronutrientes disponibles, mediante extracción con dietilentriaminopentacético (DTPA) y trietanolamina (TEA) (Lindsay y Norvell, 1978).

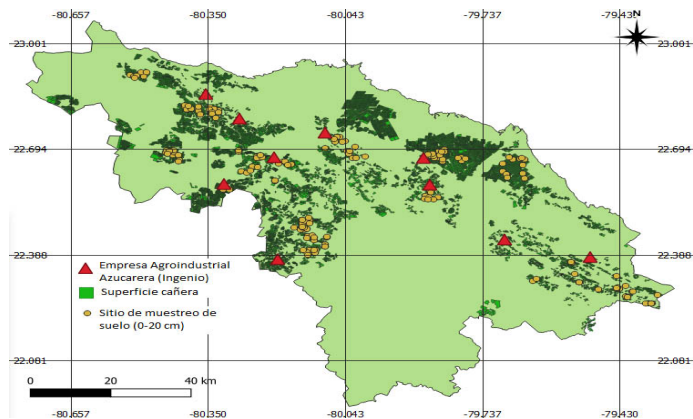
Los elementos se analizaron por la técnica de Absorción Atómica en un Espectrómetro Marca SOLAAR 929 de UNICAM. GB, empleando como fuente de radiación lámparas de cátodo hueco de cada elemento.

La caracterización química de las muestras incluyó además el grado de acidez (pH KCl), por el método potenciométrico, relación suelo:solución 1:2,5, materia orgánica del suelo (MOS) por digestión con $K_2Cr_2O_7$ y H_2SO_4 (Walkley & Black), el fósforo y potasio asimilables (P_{asim.} y K_{asim.}) mediante extracción con H_2SO_4 0,1 N.

Los análisis foliares de caña de azúcar se llevaron a cabo por digestión húmeda (HNO_3 65% y $HClO_4$ 70%, con una relación (2,5:1). Se tomó 1g de muestra y se llevó a volumen de 50 ml. Los elementos se analizaron por la técnica de absorción atómica.

Para el análisis descriptivo de los datos se utilizó el software STATISTICA 12 que permitió el cálculo de la media, mediana, mínimo, máximo, desviación estándar y coeficiente de variación. Se determinó además la normalidad (W) de cada variable mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El estudio de las relaciones entre los micronutrientes y otras propiedades químicas del suelo se realizó mediante la confección de una matriz de correlación.

Fig. 1. Localización geográfica de las áreas cañeras y sitios de muestreo de suelos, provincia Villa Clara, Cuba.



Fuente: Elaboración propia

Se realizaron análisis de comparación de medias entre los agrupamientos de suelo y los contenidos de micronutrientes en suelo, se utilizó un análisis de varianza de Fisher. Cuando existieron diferencias significativas, se empleó la prueba de comparación de medias Tukey.

Se confeccionaron mapas temáticos que muestran la distribución espacial de micronutrientes disponibles en suelo, se aplicó el método para interpolaciones espaciales de ponderación de distancias inversas (IDW: inverse distance weighting), mediante el Sistema de Información Geográfica QGIS.

Resultados y discusión

El análisis estadístico descriptivo de las 170 muestras de suelo se observa en la tabla 1. El contenido medio de micronutrientes disponibles en los suelos en orden decreciente fue: Mn > Fe > Zn > Ni > Cu. En estudios de micronutrientes en la región centro oriental de Cuba, donde predominan los Cambisoles y Vertisoles, el orden de abundancia fue Mn > Fe > Cu > Ni > Zn, existiendo diferencias con respecto a los elementos Cu y Zn, dado por los niveles más bajos de cinc detectados en los suelos de aquel territorio (Cobo, 2022).

Las propiedades en estudio mostraron una alta dispersión en la superficie agrícola, valores en el coeficiente de variación superiores al 60% indican alta variabilidad (Xavier y Déleg, 2018). Resultados similares fueron obtenidos por Noval *et al.* (2014) y Cobo (2022) en las regiones central y oriental respectivamente de Cuba, lo que denota la gran variabilidad edáfica del país.

Los suelos se caracterizaron por presentar un grado de acidez cercano a la neutralidad, con contenidos medios de materia orgánica, alta capacidad de intercambio catiónico, con predominio del Ca y Mg en el complejo de adsorción, medianamente abastecidos de fósforo y potasio asimilables, según las categorías del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas (SERFE)

del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba (INICA).

El 8,9 % de la superficie estudiada presentó deficiencia de cinc, acorde al valor crítico planteado en la literatura de 1 mg Kg⁻¹ (Ferraris, 2013), si tenemos en cuenta el rango crítico de 0,2 a 2 mg Kg⁻¹ (Buffa y Ratto, 2005), el área

afectada se incrementa a 9,4% (Figura 2). Deficiencias de Zn fueron reportadas en la región centro oriental de Cuba, asociadas a la formación de compuestos poco solubles (óxidos, carbonatos y fosfatos) con el aumento de la alcalinidad de los suelos (Cobo, 2022).

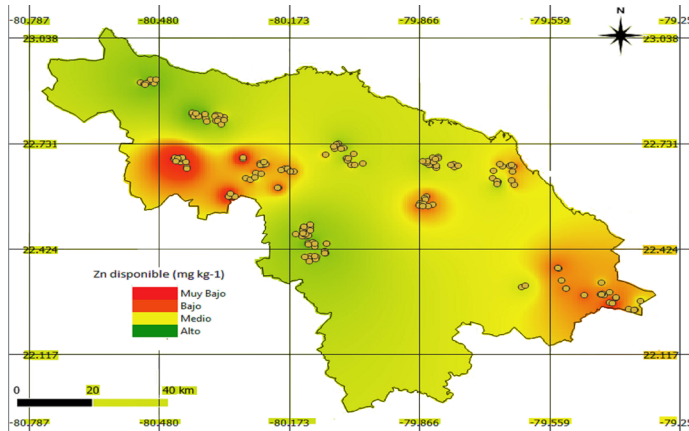
Tabla 1. Estadísticos calculados para las variables de suelo (n=170).

Estadígrafo	Unidad	Mínimo	Máximo	Media	Mediana	Desv. Est.	C.V (%)
pH KCl	-log10 (H+)	3,90	7,70	-	6,0	0,90	10,34
MOS	%	1,42	5,05	3,01	2,85	0,82	27,16
P2O5	mg 100 g-1	0,43	56,94	7,06	3,70	8,24	116,76
K2O		1,61	50,99	14,38	13,28	8,06	56,06
Ca2+	cmol (+) kg-1	5,34	89,49	40,68	40,12	20,68	50,83
Mg2+		0,86	52,90	7,63	5,06	8,73	114,53
K+		0,13	1,08	0,46	0,45	0,20	44,75
Na+		0,09	4,53	0,70	0,38	0,83	119,52
CIC		7,49	94,11	49,60	49,45	21,94	44,24
Fe		2,13	88,58	20,18	16,36	15,01	74,37
Mn		4,61	227,55	50,87	40,54	40,64	79,89
Cu	mg kg-1	0,35	25,20	4,16	2,48	4,12	99,06
Zn		0,32	34,68	12,36	9,74	8,45	64,34
Ni		0,96	39,84	9,08	7,39	6,56	72,27

Desv. Est.- Desviación Estándar C.V.- Coeficiente de variación

Fuente: Elaboración propia

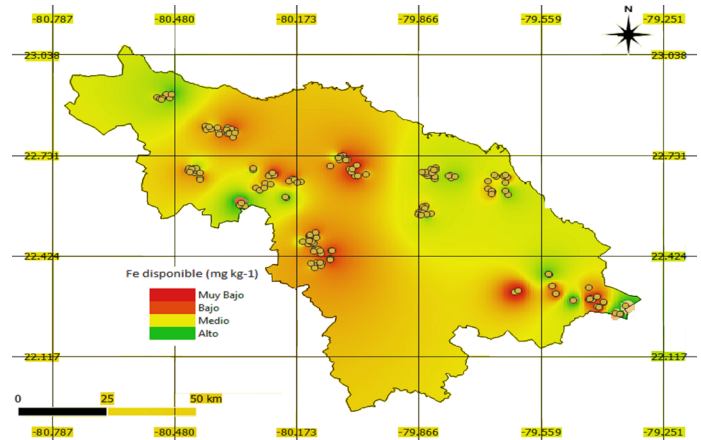
Fig. 2. Distribución espacial del contenido de cinc disponible en suelos de Villa Clara.



Fuente: Elaboración propia

El 24,9% de la superficie presentó deficiencia de hierro, acorde al valor crítico establecido en la literatura de 10 mg Kg⁻¹ (Buffa y Ratto, 2005) (Figura 3). Este resultado se corresponde con el obtenido por (Roca *et al.*, 2007) en la región noroeste de Argentina, donde un 30% de los suelos son deficientes en Fe.

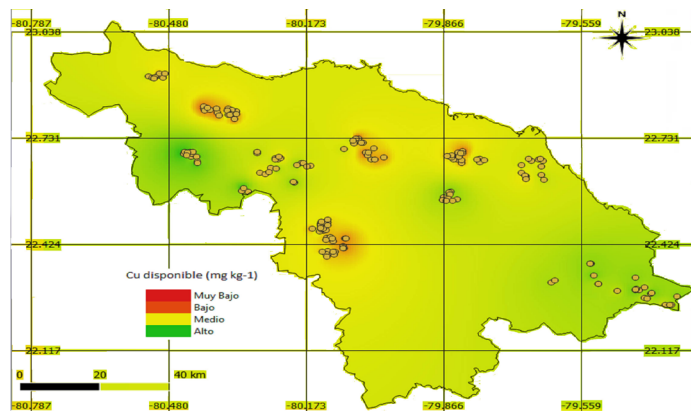
Fig. 3. Distribución espacial del contenido de hierro disponible en suelos de Villa Clara.



Fuente: Elaboración propia

El 6,2% de la superficie presentó deficiencia de cobre, acorde al valor crítico de 0,8 mg Kg⁻¹ obtenido por Buffa y Ratto (2005) (Figura 4). Este último valor fue inferior al detectado en Cambisoles de ecosistemas ganaderos del centro de Cuba, donde el 41,5% de las muestras presentaron deficiencias de cobre (Noval *et al.*, 2014).

Fig. 4. Distribución espacial del contenido de cobre disponible en suelos de Villa Clara.



Fuente: Elaboración propia

Con relación al manganeso disponible, sólo el 1,2% de la superficie estudiada presentó deficiencias, acorde al valor crítico de 5 mg Kg⁻¹ (Buffa y Ratto, 2005).

Los resultados mostraron una alta variabilidad espacial para el Ni disponible en los suelos.

La tabla 2 muestra la matriz de correlación entre los contenidos de micronutrientes disponibles y otras propiedades químicas del suelo. Se encontró que existe correlación negativa entre el pH KCl y los micronutrientes Fe, Mn y Cu. El aumento del pH, generalmente está asociado al aumento de carbonatos libres en la solución del suelo, los cuales forman compuestos poco solubles con los micronutrientes catiónicos, disminuyendo en sentido general su disponibilidad.

Una alta correlación negativa también fue encontrada entre el Zn y el Cu. Correlaciones positivas significativas se encontraron entre el Fe y el Mn, lo que sugiere que su variación en el suelo es condicionada por factores similares, como por ejemplo el pH, lo que quedó demostrado por la existencia de una correlación negativa (pH KCl vs Fe y pH KCl vs Mn).

Comparación de los contenidos de micronutrientes por agrupamiento de suelo

Al realizar el análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre el contenido medio de cinc disponible y los agrupamientos de suelo a un nivel de significación de 5% (Figura 5). Los Ferralsoles resultaron los de menor contenido de cinc disponible, esto puede estar asociado a que estos suelos se caracterizan por presentar arcillas del tipo 1:1 y sesquióxidos y poseen además los niveles más bajos de materia orgánica, factores que contribuyen a una menor fijación y adsorción de este elemento, lo que propicia su lavado y pérdida en el perfil de suelo.

Con relación al contenido medio de cobre disponible se encontraron diferencias significativas entre los agrupamientos de suelos a un nivel de significación de 5% (Figura 6). Los Gleysols y Phaeozems presentaron los valores más bajos con relación a los demás grupos, esto puede ser debido a que estos agrupamientos mostraron los mayores contenidos de materia orgánica, que, al asociarse con el cobre, forma quelatos complejos no solubles a pH alto, que son fuertemente adsorbidos por las arcillas del tipo 2:1, disminuyendo su disponibilidad para las plantas.

No hubo diferencias significativas para los demás elementos (Fe, Mn y Ni) a un nivel de significación de 5%.

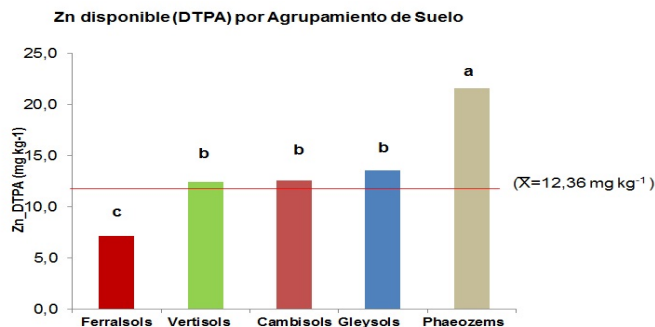
Tabla 2. Matriz de correlación entre los micronutrientes disponibles y otras propiedades edáficas.

	pH KCl	P asim.	K asim.	MO	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CIC	Ni*	Fe*	Mn*	Zn*	Cu*
pH KCl	1,00													
P(asim.)	0,28*	1,00												
K(asim.)	0,32*	0,34*	1,00											
MO	0,22*	0,24*	0,34*	1,00										
Ca	0,49*	0,31*	0,22*	0,23*	1,00									
Mg	-0,30*	-0,11	-0,18*	-0,42*	0,17	1,00								
Na	-0,12	-0,06	-0,06	-0,38*	0,24*	0,58*	1,00							
K	0,31*	0,16	0,51*	0,43*	0,47*	-0,08	-0,04	1,00						
CIC	0,28*	0,26*	0,18	0,05	0,87*	0,50*	0,41*	0,38*	1,00					
Ni_DTPA	-0,05	-0,13	-0,03	-0,06	0,06	0,10	0,07	0,00	0,08	1,00				
Fe_DTPA	-0,20*	-0,13	-0,12	-0,06	-0,06	0,03	-0,01	-0,07	-0,01	0,26*	1,00			
Mn_DTPA	-0,25*	-0,09	-0,09	-0,05	-0,13	0,04	0,04	-0,10	-0,01	0,26*	0,39*	1,00		
Zn_DTPA	0,20*	0,28*	0,36*	0,11	0,22*	-0,08	-0,09	0,14	0,15	0,24*	-0,06	-0,11	1,00	
Cu_DTPA	-0,19*	-0,18*	-0,27*	-0,15	-0,33*	0,00	0,12	-0,23*	-0,31	-0,16*	0,06	0,29*	-0,62*	1,00

Significativo al p<0.05

Fuente: Elaboración propia

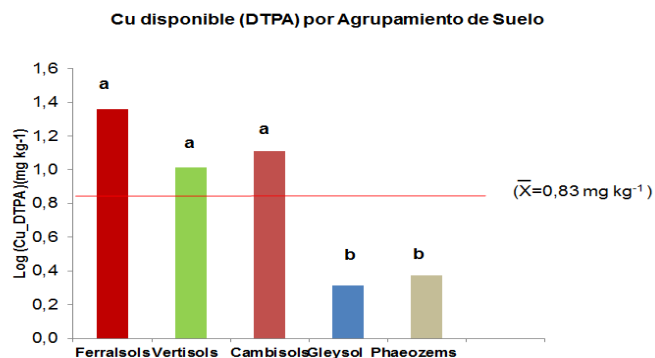
Fig. 5. Comparación entre las medias del contenido de Zn (DTPA) para los diferentes agrupamientos de suelo.



Letras diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) ($n = 170$).

Fuente: Elaboración propia

Fig. 6. Comparación entre las medias del contenido de Cu (DTPA) para los diferentes agrupamientos de suelo.



Letras diferentes sobre cada barra indican diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p < 0.05$) ($n = 170$).

Fuente: Elaboración propia

Diagnóstico foliar de microelementos en caña de azúcar (Villa Clara)

La tabla 3 muestra los estadígrafos de micronutrientes en muestras foliares de caña de azúcar.

Tabla 3. Estadígrafos de los contenidos foliares de micronutrientes en caña de azúcar ($n=26$).

Variabes	Unidad	Media	Mín.	Máx.	Desv. Est.	CV (%)
Fe	mg kg ⁻¹	127.27	37.50	346.20	89.01	69.94
Mn		49.94	35.00	67.10	9.89	19.80
Cu		6.89	0.10	8.50	1.59	23.01
Zn		32.58	20.40	45.80	8.67	26.61
Ni		7.39	4,69	12.49	2.67	36.13

Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; DS: desviación estándar; CV: coeficiente de variación.

Fuente: Elaboración propia

Valores críticos (mg kg⁻¹): Zn-15; Fe-40; Cu-3; Mn-25; Ni-4.

De forma general las plantaciones de caña de azúcar analizadas estaban medianamente abastecidas de Cu, Fe y Zn. Esta situación pudiera estar limitando la producción cañera en la región. Con relación al Mn y Ni la situación es más favorable ya que presentan contenidos superiores al límite crítico.

Conclusiones

- Existe alta variabilidad en los contenidos de micronutrientes disponibles en los suelos de la región central de Cuba.
- Los suelos estudiados presentaron un 24.9% de contenidos bajos de Fe, 8.9% de Zn y 6.2% de Cu.
- Los suelos representados por el agrupamiento Ferralsols presentaron los valores más bajos de Zn y los Gleysols y Phaeozems de Cu.
- Se demostró la necesidad de continuar incorporando y desarrollando el diagnóstico de estos elementos

en los programas de fertilización y mejoramiento de suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Buffa, EV & E Ratto. (2005). Disponibilidad de cinc, cobre, hierro y manganeso extraíble en DTPA en suelos de Córdoba (Argentina) y variables edáficas que la condicionan. *Ciencia del Suelo* 23(2): 1-8.

http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000200001&script=sci_arttext

Cobo, Y. (2022). Contenido de microelementos totales y asimilables en suelos plantados con caña de azúcar (*saccharum* spp.) de la región centro oriental de Cuba. [Tesis en opción al título de Doctora en Ciencias]. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Cuba.

- Ferraris, G. (2013). Simposio Fertilidad. Nutrición de Cultivos para la intensificación productiva sustentable. Micronutrientes en región pampeana Argentina. Posicionamiento y tecnología de aplicación. IPNI.
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba.
- IUSS Working Group WRB. (2015). Base referencial mundial del recurso suelo 2014, Actualización 2015. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de Suelos, FAO, Roma, 106 p.
- Kirkby E. Y V. Romheld. (2008). Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad. Rev. Informaciones Agronómicas. No.68. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Micronutrientes-enlaFisiologia.pdf>
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. (1978). Development of a Dtpa Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428. <https://doi.org/10.2136/sssaj1978.03615995004200030009x>
- Lopes, A.S.; Abreu, C.A. (2000). Micronutrientes na agricultura brasileira: evolução histórica e futura. In: Novais, R.F.; Alvarez V., V.H.; Schaefer, C.E.G.R. (Ed.).
- López, B. W.; Reynoso, S. R.; Villar, S. B.; López, M. J.; Camas, G. R. y García, S. J. O. (2019). Caracterización físico-química de suelos cultivados con maíz en Villaflores, Chiapas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(4). <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i4.1764>
- Malavolta, E. (1994). Fertilizantes e seu impacto ambiental: Micronutrientes e metais pesados, Mitos, mistificação e fatos. São Paulo: Produquímica, 153
- Noreen, S.; Fatima, Z.; Ahmad, S.; Athar, H.U.R.; Ashraf, M. (2018). Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants. In: Hasanuzzaman, M.; Fujita, M.; Oku, H.; Nahar, K.; Hawrylak-Nowak, B. (Eds.) Plant nutrients and abiotic stress tolerance. *Switzerland: Springer* 1, 95-81.
- Noval, A. E; García, D. J.R; García, L. R.; Quiñones, R. R y Mollineda, T. A. (2014). Caracterización de algunos componentes químicos, en suelos de diferentes agroecosistemas ganaderos. *Centro Agrícola*, 41(1): 25-31.
- Panneerselvam, S. P. and Palaniyandi, S. (2014). Response of Maize to Soil Applied Zinc Fertilizer under Varying Available Zinc Status of Soil Indian. *Journal of Science and Technology*, 7(7), 939–944.
- Roca, N.; Pazos, M.S. & Bech, J. (2007). Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, cinc en suelos del no argentino. *Ciencia del Suelo* 25(1) 31-42. <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v25n1/v25n1a05.pdf>
- Santos Junior, P.R.A.; Ruiz, J.G.C.L. (2019). Produtividade e qualidade tecnológica da cana-de-açúcar em função de adubação foliar com micronutrientes aditivados. *Science and Technology Innovation in Agronomy*. 3 (1):163-170. <https://www.unifafibe.com.br/revistasonline/arquivos/revistastia/sumario/59/05022020162009.pdf>
- Silva, L. D; Ferreira, J.M. (2021). Micronutrient nutrition in sugarcane: A brief review. *Scientia Agraria Paranaensis*. 20 (4): 214-218. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20220271873>
- Vistoso, E.M.; Martínez, J. (2019). Los micronutrientes del suelo. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA Remehue. Ministerio de la Agricultura. Chile. Ficha técnica 18.
- Xavier, R.; Déleg, P. (2018). Determinación de la variabilidad espacial de las características físicas del suelo en la parcela Experimental Irquis. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/30227/1/Trabajo%20de%20Titulacion%20C3%B3n.pdf> .
- Yamada, T. (2019). Deficiências de micronutrientes, ocorrência, detecção e correção: o sucesso da experiência brasileira. Encarte Técnico. Potafos. *Informações Agrônomicas* Nº 105. 12p. [http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8792536F27663E-7B03257967004AC571/\\$FILE/AA%209.pdf](http://lacs.ipni.net/ipniweb/region/lacs.nsf/0/8792536F27663E-7B03257967004AC571/$FILE/AA%209.pdf)
- Yepes, R. H. (2019). Nutrición y fertilización con micronutrientes y su efecto en palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jack). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 4(2): 93-110.

12

La agricultura de precisión en la detección de áreas infectadas con Roya en Villa Clara

Precision agriculture in the detection of rust-infected areas in Villa Clara

Irenaldo Delgado Mora¹

Email: ireinaldo.delgado@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-8625>

Osmany Aday Díaz¹

Email: osmany.aday@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9128-8120>

Ilia Lugo Ruiz¹

Email: ilia.lugo@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2185-5273>

Rolando Orozco Morales²

Email: rorozco@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6240-1569>

Luis Hernández Santana²

Email: luishs@uclv.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0558-3690>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC). Cuba.

²Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Delgado Mora, I., Aday Díaz, O., Lugo Ruiz, E., Lugo Ruiz, I., Orozco Morales, R. y Hernández Santana, L. (2024). La agricultura de precisión en la detección de áreas infectadas con Roya en Villa Clara. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 105-111. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba, desarrolló el servicio fitosanitario destinado a los productores cañeros. Elaborar un sistema de Infraestructura de Datos Espaciales, que permita la integración de toda la información agrícola disponible en una sola base de datos y que facilite su utilización por parte de los directivos y técnicos de la base productiva, es una prioridad en el trabajo del cultivo. El objetivo del presente documento fue mostrar la aplicación de la agricultura de precisión en la detección de áreas infectadas con roya en Villa Clara y su implementación en las recomendaciones de los Servicios Científicos Técnicos del INICA. El estudio se desarrolló en áreas experimentales del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara y áreas de producción de diferentes Empresas Agroindustriales Azucareras. Como resultados se obtuvo que el uso de las imágenes hiperespectrales del satélite Sentinel-2, permitieron obtener información sobre la situación de esta enfermedad en el momento que se necesite, de manera rápida y confiable. La detección de áreas infectadas con roya parda, a través de técnicas de agricultura de precisión, perfeccionan la recomendación de los Servicios Científicos Técnicos.

Palabras clave:

Agricultura de precisión, Sistema de información, Sistema de soporte a decisiones.

ABSTRACT

The Cuban Sugar Cane Research Institute developed the phytosanitary service for sugarcane producers. Developing a Spatial Data Infrastructure system, which allows the integration of all available agricultural information in a single database and facilitates its use by managers and technicians of the productive base, is a priority in the work of cultivation. This work aimed to show the application of precision agriculture in rust-infected area detection in Villa Clara and its implementation in the recommendations of the Technical Scientific Services of INICA. The study is carried out in experimental areas of the Villa Clara Sugarcane Research Institute and production areas of different Agroindustrial Sugar Companies. As a result, the use of hyperspectral images of the Sentinel-2 satellite allowed obtaining information on the situation of this disease at the time it is needed, quickly and reliably. The detection of areas infected with brown rust, through precision agriculture techniques perfect the recommendation of the Technical Scientific Services.

Keywords:

Precision agriculture, Information system, Decision support system.

INTRODUCCIÓN

Las plagas y enfermedades constituyen uno de los factores principales que inciden negativamente sobre la producción de caña de azúcar (Chinea *et al.*, 2019). Se consideran de importancia económica por la distribución nacional y las pérdidas que ocasionan, las enfermedades como el carbón (*Sporisorium scitamineum* (Syd.) M. P.), roya parda (*Puccinia melanocephala* H. Syd. & P. Syd.), raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli* (Davis *et al.*) Evtushenko), y la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson) (Rodríguez *et al.*, 2014).

El Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Cuba (INICA), desarrolló por más de 50 años investigaciones en el control integral de plagas del cultivo, cuyos resultados fueron utilizados para diseñar y desarrollar el servicio de corte fitosanitario destinado a los productores cañeros. El Servicio Fitosanitario de la Caña de Azúcar, por sus siglas "SEFIT", fue creado por el INICA en el año 2000 sobre la base de los resultados de la investigación, la automatización del proceso de captura y el análisis de las variables soporte de decisiones, (Santana *et al.*, 2007).

El SEFIT está soportado en el sistema automatizado "SAFIT" primero de su tipo en Cuba, diseñado en ambiente web (Matos, 2004; 2010). Asimismo, procesa una "interface" diseñada y desarrollada también por el sistema, para la captura de la incidencia de los principales organismos nocivos. El software genera reportes de incidencia de las plagas y las necesidades de insumos fitosanitarios para su control. Permite introducir la información primaria de los muestreos que se ejecutan en las unidades de producción. Además, tiene incorporada facilidades para la generación de gráficos y mapas temáticos en formato digital a escala 1:10000 que se actualizan a partir del vínculo con el sistema automatizado MapInfo Profesional. Estos elementos facilitan la confección de los planes técnicos económicos y la creación de mapas temáticos a partir de vínculos establecidos con la plataforma MapInfo Profesional v8.0., de utilidad para análisis y toma de decisiones (Piñón *et al.*, 2001; Rodríguez *et al.*, 2004, 2013).

En Villa Clara, desde el año 2003 se implementa el SEFIT en las 10 Empresas Agroindustriales Azucareras y en 101 Unidades Productoras Cañeras (UPC) y 38 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS). Aspecto, que ha permitido el muestreo de más del 90% del área planificada y la ejecución de las encuestas de plagas y enfermedades; realizando con éxito la planificación anual de las necesidades de insumos fitosanitarios, entre ellos la producción de medios biológicos.

Las recomendaciones han incidido directamente en la composición de cultivares, planificación de las demoliciones, rehabilitación de áreas y otras prácticas utilizadas en el control de plagas.

Las pesquisas realizadas, determinaron la presencia de la roya parda (*Puccinia melanocephala* H. Sydow and P. Sydow), la cual mantiene un Índice de Infección a nivel

de provincia en grado Ligero. Esto indica, que la severidad de la enfermedad disminuyó con la aplicación de las recomendaciones del SEFIT.

Sin embargo, en los últimos cinco años a pesar de mantener cubierta más del 90% de la estructura fitosanitaria de las unidades productoras con técnicos para esta actividad, es un indicador crítico a resolver por el éxodo y emigración del personal especializado para la misma. Aspecto este, que también perjudica la calidad de la ejecución de las encuestas de plagas y enfermedades, y el muestreo al área planificada.

La estimación de la severidad de la infestación con roya se realiza mediante inspección visual, lo cual requiere que el personal especializado recorra extensas áreas realizando muestreos esporádicos o esparcidos cuyos resultados están condicionados por la subjetividad característica de la estimación humana. De esta forma, el resultado depende de la experticia y la agudeza de la estimación realizada por el personal disponible en cada lugar, lo cual puede variar entre amplias zonas distantes entre sí.

Elaborar un sistema de Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), que permita la integración de toda la información agrícola disponible en una sola base de datos y que facilite su utilización por parte de los directivos y técnicos de la base productiva, es una prioridad en el trabajo del cultivo y mitigaría los problemas anteriormente señalados. La IDE, es un sistema informático que combina las potencialidades de los SIG, y la accesibilidad y disponibilidad de la web, para buscar y acceder a información geográfica (IG) y servicios geográficos asociados a través de Internet (Iniesto y Nuñez, 2014).

Otra alternativa para perfeccionar los métodos tradicionales de muestreo de campo, sería a través de la espectrometría; ya sea mediante tecnologías geoespaciales, aéreas o a nivel de laboratorio, en el estudio de la infección de la caña de azúcar (*Saccharum* spp.) con roya parda (*Puccinia melanocephala*) y naranja (*Puccinia kuehnii*) (Soca *et al.*, 2020), a través del procesamiento de imágenes aéreas multiespectrales en la agricultura de precisión (Kharuf *et al.*, 2018a) y el análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados (VANT) (Kharuf *et al.*, 2018b).

Los VANT pueden estar limitados por recursos y adecuados conocimientos para su utilización, lo que abarca desde la planificación del vuelo hasta el procesamiento de las imágenes y el elevado costo inicial de la inversión. Sin embargo, los satélites brindan imágenes que pueden cubrir grandes áreas de manera regular con una resolución temporal estable y con una resolución espectral que permite obtener imágenes en múltiples bandas. No obstante, la resolución espacial de las imágenes satelitales puede ser muy inferior a la obtenida por un VANT volando a baja altura (Caasi *et al.*, 2020).

El Grupo Azucarero (AZCUBA) de Villa Clara, posee un Geoportal de la IDE, el cual está disponible desde la dirección (<https://azcuba.geocuba.cu>). El mismo, constituye

el elemento integrador para buscar conjuntos y servicios de datos espaciales; así como, sirve como plataforma para la gestión de los resultados de variables cañeras obtenidas de los Servicios Científicos Técnicos del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC).

El objetivo del presente trabajo es mostrar la aplicación de la agricultura de precisión en la detección de áreas infectadas con roya parda en Villa Clara y su implementación en las recomendaciones de los Servicios Científicos Técnicos del INICA, para la toma de decisiones de los directivos y unidades productoras de la provincia de Villa Clara.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en áreas experimentales del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara (INICA VC) en Ranchuelo (Figura 1), y áreas de producción de la Empresas Agroindustriales Azucareras (EAA) de Héctor Rodríguez (HR), Abel Santamaría (AS), Ibraín Alfonso (IA) y Perucho Figueredo (PF), provincia de Villa Clara, Cuba. Se plantaron 11 cultivares en explotación comercial, seleccionados por su importancia agrícola y diferente reacción ante la roya parda. Estos representaron en diciembre 2022 el 46,30 % del área cañera provincial (INICA, 2022).

Fig. 1. Áreas experimentales del INICA Villa Clara.



Fuente: Elaboración propia

Los cultivares seleccionados fueron: C1051-73, C132-81, C266-70, C323-68, C86-12, C86-503, C86-56, Co997, C88-380, C90-530 y SP70-1284. Además, se emplearon como patrones de resistencia a la enfermedad los cultivares PR980 (AR, altamente resistentes), Ja64-11 (R, resistentes) C334-64 (MR, moderadamente resistentes), Ja60-5 (S, susceptibles), My5514 (S, susceptibles) y B4362 (AS, altamente susceptibles), (Jorge *et al.*, 2011).

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas. Cada cultivar contó con un área de 9,60 m² (hileras de seis metros de longitud y 1,60 entre ellas (ancho)). Cada dos cultivares y como borde de los experimentos se plantó B4362 para incrementar y homogenizar la presión de inóculo, de acuerdo con Jorge *et al.* (2011). Los ensayos se plantaron en el mes de junio del 2019 y evaluados hasta julio de 2020; así como, las imágenes fueron adquiridas en este último mes y año.

Evaluación en áreas experimentales

Las evaluaciones se realizaron a partir de los tres meses posteriores a la plantación del experimento, cada 30 días hasta los 13 meses de edad de las plantas. Para determinar la severidad de la enfermedad se eligieron, por réplica, 10 plantas al azar de cada cultivar. En cada una se evaluó toda la lámina de las hojas +1 [con el primer labio visible (*TVD Top-Visible Dewlap Leaf*)], y en ese mismo orden las hojas +3, +5 y +7 (Jorge *et al.*, 2011).

Para la selección de muestras de hojas infectadas, en cada caso se adoptó primero un diagnóstico foliar, se recolectaron las hojas +3 (tercera hoja con cuello visible), utilizando la escala de cinco grados de severidad del ataque (estimando el porcentaje de área foliar afectada por pústulas), según (Alfonso *et al.*, 2000), donde: grado 1 se aplica cuando el área foliar afectada (AFA) alcanza hasta el 5% ($AFA \leq 5\%$), grado 2 ($5\% < AFA \leq 15\%$), grado 3 ($15\% < AFA \leq 25\%$), grado 4 ($25\% < AFA \leq 50\%$) y grado 5 ($50\% < AFA$).

La confirmación del diagnóstico visual (distribución, el tamaño, forma y color de las pústulas), de la enfermedad se realizó por microscopía óptica para la observación de las características particulares de las uredosporas del hongo (Comstock *et al.*, 2015), en los Laboratorios Provinciales de Sanidad Vegetal y los laboratorios de las estaciones experimentales del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Los cultivares con grado 1 se consideraron resistentes a la roya parda y a la roya naranja, y los de grado 5 se consideraron altamente susceptibles (Aday *et al.*, 2018).

Se tomaron en cada réplica 2 cm² del tercio medio de cada hoja de 10 tallos. Se utilizó para ello una lupa graduada a 2 cm² (Tamayo *et al.*, 2012). Con la media de los datos de severidad registrados de las cuatro hojas evaluadas por cultivar se elaboraron las curvas de progreso de la enfermedad, permitiendo determinar su forma y tendencia (Alfonso *et al.*, 2000) (Figura 2).

Fig. 2. Hojas de caña infectadas con roya parda con diferentes grados de severidad de ataque.

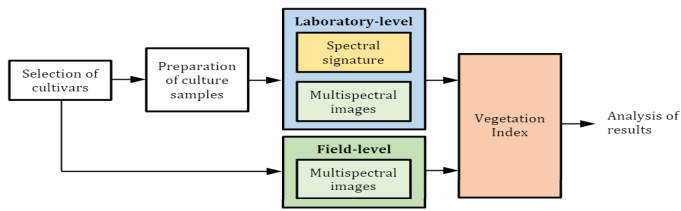


Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del índice espectral de la manifestación de roya parda se desarrolló un intenso trabajo de laboratorio que sigue los pasos mostrados en la Figura 3 (Soca *et al.*, 2020). Además, las firmas espectrales se desarrollaron solo a partir de hojas del cultivar B4362, sometidos

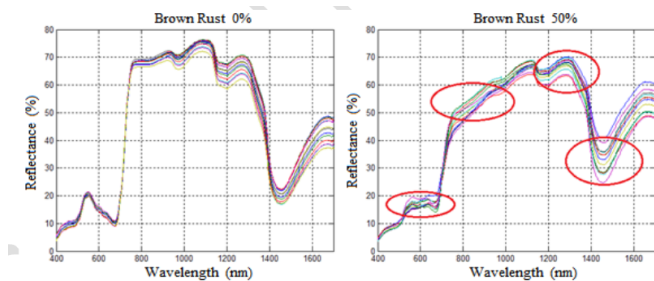
a un análisis hiperespectral en el laboratorio, donde se determinaron las longitudes de onda más sensibles al nivel de infección, mediante el espectrofotómetro Corona Plus, Figura 4. (Soca *et al.*, 2020).

Fig. 3. Metodología experimental para el índice espectral de la manifestación de la roya parda.



Fuente: Elaboración propia

Fig. 4. Firma espectral de la roya parda en caña de azúcar con el espectrofotómetro Corona Plus.



Fuente: Elaboración propia

Evaluación en áreas de producción

Se recopiló toda la información de las encuestas supervisadas por el Servicio Fitosanitario de la Caña de Azúcar del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Las evaluaciones se realizaron mediante muestreos sistemáticos en plantaciones comerciales, pruebas de validación comercial y áreas de semilla comercial, donde se evaluaron en la diagonal del campo, 10 tallos al azar. Para evaluar la incidencia de la enfermedad desde el punto de vista de la severidad de los síntomas, y la confirmación del diagnóstico visual de la enfermedad, se realizó por las metodologías descritas anteriormente en la evaluación de las áreas experimentales.

Las imágenes a nivel de campo se realizaron con la cámara multiespectral ParrotSequoia camera (<https://www.parrot.com/business-solutions-us/parrot-professional/parrot-sequoia>). La Figura 5 muestra las cuatro bandas de la cámara multiespectral en hojas infestadas con roya parda, así como los valores de reflectancia que muestran un punto en una región sana y en otra infectada.

Sobre la base de los análisis realizados se determinó un índice de vegetación, vinculado con la infección con roya parda (Figura 6). Por ello, para identificar mejor la severidad de la infestación se utilizaron las bandas espectrales en el intervalo de 700 nm a 1500 nm (Soca, *et al.*, 2020).

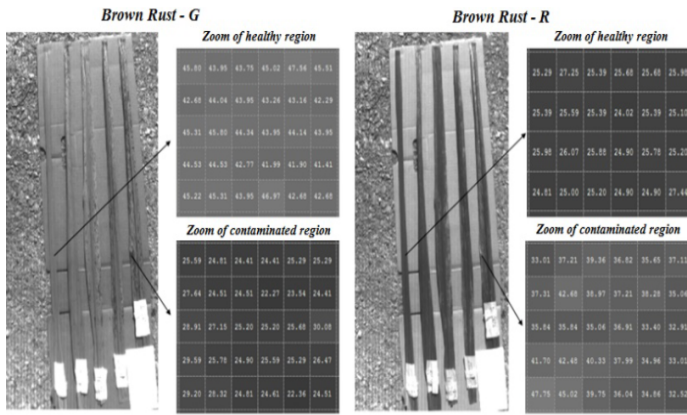
Resultados y discusión

A partir de las imágenes hiperespectrales del satélite Sentinel-2 con fecha 25 de enero del 2021, en la Infraestructura de Datos Espaciales de Azcuba, <https://azcuba.geocuba.cu/visor>, se calculó de forma automática el índice de infección de roya parda en el área plantada con caña de azúcar. El resultado se visualizó en un mapa del área evaluada (Figura 7), donde el 16 % de los campos presentaron una infestación intensa y el 10 % están en el rango de moderado a baja infestación. Aspecto este, coincidió con evaluaciones realizadas *in situ* por especialistas, dado que el mes de enero es favorable para el desarrollo de la enfermedad.

Estos resultados, perfeccionan la ejecución y calidad de las recomendaciones del SEFIT, al evitar implicaciones del factor humano en la inspección visual de los muestreos, las encuestas y evaluación emitida.

Fig. 5. Imágenes de las cuatro bandas de la cámara multiespectral en hojas sanas y en hojas infestadas por roya parda.

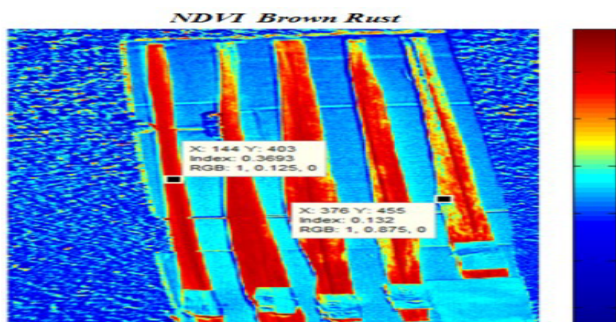




Brown Rust – G (imágenes de la roya parda a la izquierda), **Brown Rust – R** (imágenes de la roya parda a la derecha), **Zoom of healthy region** (ampliación de la región sana), **Zoom de región contaminada**, **Zoom of contaminated region** (ampliación de la región contaminada).

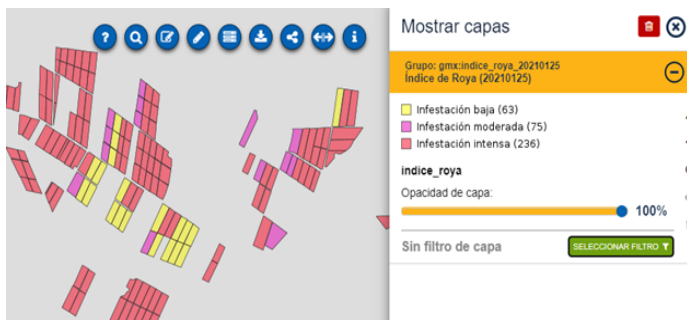
Fuente: Elaboración propia

Fig. 6. Índice calculado a partir de las imágenes multi-espectrales para roya parda indicando el valor numérico del índice en un píxel de una región sana y en otro de una región infectada de la hoja NDVI **Brown Rust** (Índice NDVI de la roya parda).



Fuente: Elaboración propia

Fig. 7. Capa de salida de la IDE de Azcuba, con un mapa con los campos del área evaluada y su índice de infección por roya parda.

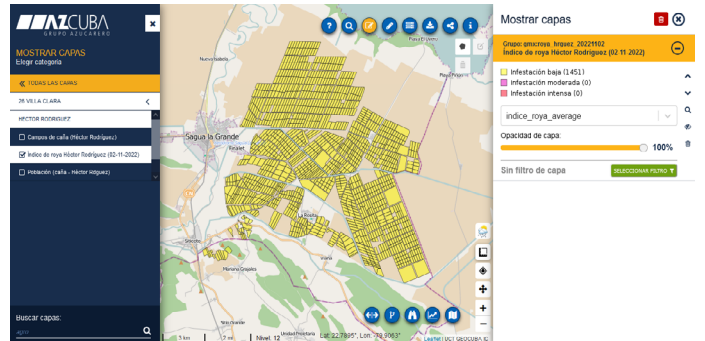


Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en las imágenes adquiridas en las Empresas Agroindustriales Azucareras (EAA) de Héctor Rodríguez (HR), Abel Santamaría (AS), Ifraín Alfonso (IA) y Perucho Figueredo (PF), el día 2 de noviembre del 2022, ofrecieron baja infestación de roya parda en el cultivo (Figuras 8, 9,

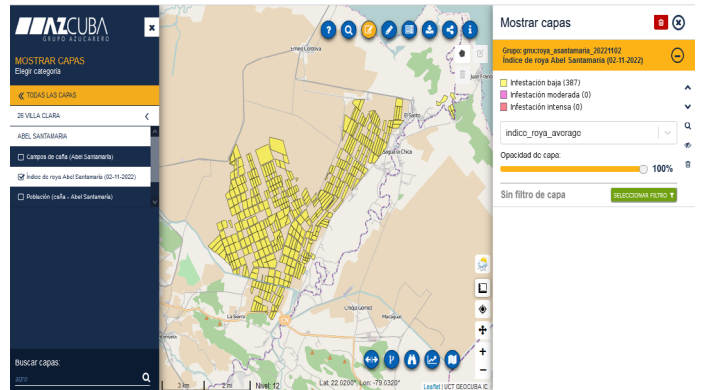
10 y 11). Estos resultados, coinciden con la información que el Servicio Fitosanitario (SEFIT) recomienda a los productores, dado que de noviembre es un mes en que las condiciones aún no son óptimas para desarrollo de la enfermedad. [Auravant \(2020\)](#), señaló que con la utilización de las imágenes se ponen de manifiesto las características de los cultivos, en espectros no visibles para el ojo humano.

Fig. 8. Índice de infestación de roya en la IDE de Azcuba, en la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) de Héctor.



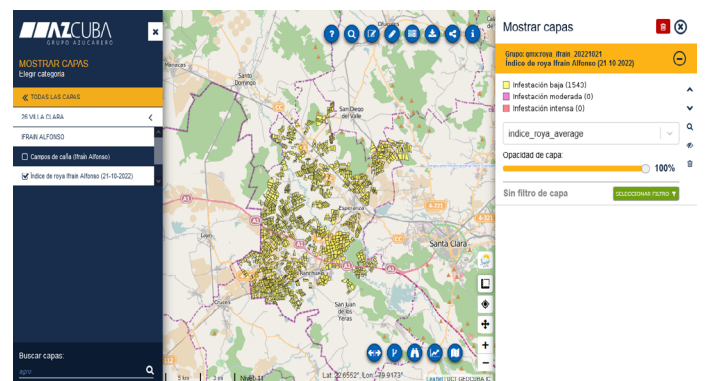
Fuente: Rodríguez (HR), del día 2 de noviembre del 2022

Fig. 9. Índice de infestación de roya en la IDE de Azcuba, en la Empresa Agroindustrial Azucarera.



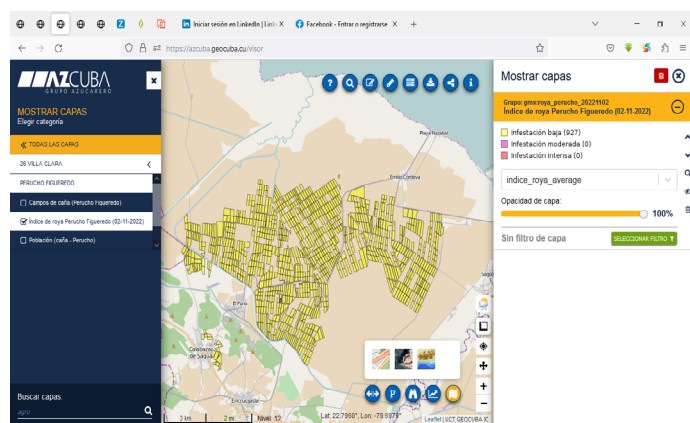
Fuente:(EAA) de Abel Santamaría (AS), del día 2 de noviembre del 2022.

Fig. 10. Índice de infestación de roya en la IDE de Azcuba, en la Empresa Agroindustrial Azucarera (EAA) de Ifraín.



Fuente: Alfonso (IA), del día 2 de noviembre del 2022.

Fig. 11. Índice de infestación de roya en la IDE de Azcuba, en la Empresa Agroindustrial Azucarera.



Fuente: (EAA) de Perucho Figueredo (PF), del día 2 de noviembre del 2022.

La aplicación de los resultados de la agricultura de precisión en la detección de áreas infectadas con roya parda en Villa Clara, mostró como ventajas que el resultado de la evaluación no depende de la experticia y la agudeza de la estimación realizada por el personal disponible en cada lugar. La información es más confiable y precisa que la obtenida por otros medios.

El servicio Fitosanitario (SEFIT), entrega la información y las recomendaciones una vez al año, en el mes de octubre. Por medio de la IDE y la aplicación del índice de roya, se pudo conocer cuál es la situación de la enfermedad en cualquier momento o mes del año. Así como, la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), permite la integración de toda la información agrícola disponible en una sola base de datos y facilita su utilización por parte de los directivos y técnicos de la base productiva.

Conclusiones

El uso de las imágenes hiperespectrales del satélite Sentinel-2 y la aplicación del índice de infección para la detección de la roya parda en la IDE de Azcuba, permite obtener información sobre la situación de esta enfermedad en el momento que se necesite, de manera rápida y confiable.

La detección de áreas infectadas con roya parda, a través de técnicas de agricultura de precisión se perfecciona la recomendación del SEFIT a la base productiva de la provincia de Villa Clara.

No existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada.

“La investigación que da origen a los resultados presentados en la presente publicación recibió fondos de la Oficina de Gestión de Fondos y Proyectos Internacionales del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba bajo el código **PN223VC004-004**”.

Agradecimientos

A GEOCUBA por facilitar obtención de las imágenes multispectrales con el UAV.

Referencias bibliográficas

- Aday O, Rodríguez E, Montalván J, Martínez E y Alfonso I. (abril-junio 2018). Estado de la roya naranja de la caña de azúcar en Cuba. *Revista Centro Agrícola*. Vol.45, No.2, 61-68. Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas.
- Alfonso I, Cornide MT, Sandoval J, Rodríguez I, Ojeda E, y Vallina J. (2000). Sistema evaluativo de la resistencia a las principales enfermedades de la caña de azúcar en Cuba. *Roya (Puccinia melanocephala H. y P. Sydov)*. *Cuba & Caña*, pp: 33-42.
- Auravant. (2020). ¿Qué es GNDVI?, [en línea], Auravant: <https://auravant.com/knowledge-base/que-es-gnd>, [Consulta: 20 de enero de 2020].
- Caasi O, Hongo C, Wiyono S, Giamerti Y, Saito D, Homma K, y Shishido M. (2020). The potential of using Sentinel-2 satellite imagery in assessing bacterial leaf blight on rice in West Java, Indonesia. *Journal of ISSAAS (International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences)*, 26(1): 1-16.
- Chinae Martín, A., E. Zayas, S. Bruner. (2019). Inventario de enfermedades de la caña de azúcar en cuba: tercera etapa. *Revista Cuba & Caña*, 22(3): 8-14.
- Comstock JC, Ovalle W, Chavarría E, Glynn NC, Castlebury LA. (2015). La roya naranja de la caña de azúcar, una enfermedad emergente: su impacto y comparación con la roya marrón. *Ciencia y Tecnología de los Cultivos industriales*, 5 (7): 12-26.
- INICA. (2022). [Los agroazucareros villaclareños despiden el 2022 con el plan de azúcar de la zafra chica](https://www.azcuba.cu/2022/12/). <https://www.azcuba.cu/2022/12/>
- Iniesto M y Núñez A. (2014). «Introducción a las infraestructuras de datos espaciales». Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG)–Dirección General del Instituto Geográfico Nacional (IGN). <https://docplayer.es/16574006-Introduccion-a-las-infraestructuras-de-datos-espaciales-maria-iniesto-amparo-nunez.html>.
- Jorge H, González R, Casas M y Jorge I. (2011). Normas y Procedimientos del Programa de Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Cuba: Publica.
- Kharuf S, Orozco R, Aday O, y Pineda E. (2018^a). Multi-spectral aerial image processing system for precision agriculture. *Sistemas & Telemática*, 16(47): 45-58.

- Kharuf S, Hernández L, Orozco R, Aday O, Delgado I. (2018b). Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados. *Ingeniería Electrónica Automática y Comunicaciones*, 39: 79–91.
- Matos GJ. (2001). Sistema Automatizado para el SEFIT (SAFIT). Publicinica.
- Matos GJ. (2010). Manual de usuario Interface Fitosanitaria (SEFIT). Publicinica.
- Piñón GD. (2001). Programa para el Manejo y Control de Enfermedades de la Caña de Azúcar SEFIT - Servicio Fitosanitario a la Producción. Junio 2001. INICA.
- Rodríguez M, Rodríguez EL, Alfonso I y Fuentes A. (2014). Enfermedades y plagas. Capítulo 8. *En: Instructivo técnico para el manejo de la caña de azúcar*, 2da Ed. Santana, I., M. González, S. Guillén, R. Crespo (Eds.). Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, Cuba: 209-255.
- Rodríguez M, Rodríguez EL, Alfonso I y Acevedo R. (2013). Actualización del Manual de procedimientos del SEFIT. Publicinica.
- Rodríguez M, Rodríguez EL, Alfonso I y Acevedo R. (2004). Manual de procedimientos del SEFIT. Publicinica.
- Santana I, Santos JC, Guillen S. (2007). Instructivo Técnico del cultivo de la caña de azúcar. Publicinica.
- Soca JL, Rodríguez E, Aday O, Hernandez L y Orozco R. (2020). Spectral signature of brown rust and orange rust in sugarcane. *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Antioquia*, 96: 9-20.
- Tamayo M, Puchades Y, Rodríguez R, González R, Jorge H, Alfonso I, Rodríguez E y La O M. (2012). Modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa aplicado a la evaluación de la roya parda de la caña de azúcar. *Fitosanidad* 16(3): 129-135.

13

Estudio del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del Central Azucarero Ciudad Caracas

Study of ratoon stunting disease in two agroecosystems of the Sugar Mills Ciudad Caracas

Lisvany Rodríguez Pérez¹

Email: rodguezlisvany@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0049-2679>

Héctor García Pérez²

Email: hector.gaciaperez5922@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8310-0650>

Geraldo Blas Martín Martínez³

Email: geraldoblas482@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-8073-156X>

Felipe Del Sol González³

Email: delsolloli028@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9473-2789>

Laritzia Machado García¹

Email: larizamachado338@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1938-4150>

¹ Estación Territorial de Protección de Plantas Lajas. Cienfuegos. Cuba.

² Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Villa Clara. Cuba.

³ Empresa Agroindustrial Azucarera Ciudad Caracas. Lajas. Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Rodríguez Pérez, L., García Pérez, H., Martín Martínez, G. B., Del Sol González, F. y Machado García, L. (2024). Estudio del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del Central Azucarero Ciudad Caracas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 112-117. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Se presentan los resultados del estudio de la incidencia y severidad del raquitismo de los retoños en dos agroecosistemas del central azucarero Ciudad Caracas. Se utilizó el método de Tinción por Transpiración para su detección, así como se determinaron las pérdidas en el rendimiento agrícola. La enfermedad estuvo presente en todos los campos encuestados con mayor intensidad en La Lima y diferencias significativas entre variedades e incremento con el número de cosechas. Se requiere ampliar la prospección y asumir una mayor percepción de riesgo ya que las pérdidas pueden alcanzar desde el 39,6 % hasta el 55,1 %.

Palabras clave:

Raquitismos de los retoños, Severidad, Pérdidas.

ABSTRACT

The results of the study of the incidence and severity of shoot rickets in two agroecosystems of the Ciudad Caracas sugar mill are presented. The Transpiration Staining method was used for its detection, as well as losses in agricultural yield were determined. The disease was present in all the fields surveyed with greater intensity in La Lima and significant differences between varieties and increase with the number of harvests. It is necessary to expand prospecting and assume a greater perception of risk since losses can reach from 39.6% to 55.1%.

Keywords:

Shoot rickets, Severity, Losses.

INTRODUCCIÓN

El raquitismo de los retoños se informó por primera vez en 1945 en Queensland, Australia sobre el cultivar Q28 (Steindl, 1949). Muy rápidamente se diseminó por diferentes países, quizás por su fácil propagación a partir de semilla infestada. Hasta el presente, ha sido detectado en 70 países productores de caña de azúcar (Davis & Bailey, 2000; Rott & Davis, 2000; Yglesia, 2006; Chinea & Rodríguez, 2010).

Está presente en Cuba y a pesar de las afectaciones que produce la patología en el rendimiento, no está considerada dentro de las enfermedades mayores como el carbón (*Sporisorium Scitamineum* (Piepenbr) Sydow), roya marrón (*Puccinia melanocephala* Sydow y P. Sydow), escaladura foliar (*Xhantomonas albilineans* (Ashby) Dowson) y virus del mosaico.

La enfermedad es de origen bacteriano, *Leifsonia xyli subsp. xyli* es el organismo causal, quien obstruye los haces fibrovasculares de la xilema, como consecuencia de la producción de un fluido viscoso que interfiere el transporte de agua y nutrientes, afecta la fotosíntesis y retrasa el crecimiento de la planta. Los entrenudos se hacen más cortos y los tallos más delgados, con la consiguiente disminución del rendimiento agrícola.

La identificación del raquitismo de los retoños en condiciones de campo es muy difícil, debido a que sus síntomas pueden estar asociados a otros factores, como deficiencias nutricionales, prácticas culturales inadecuadas (Gillaspie & Teakle, 1989; Comstock & Lentini, 2005), así como por la presencia de estrés ambiental por sequía, salinidad y la competencia con arvenses. Cuando aparecen asociados con otras enfermedades, pueden también adelantar la aparición respecto a otros tallos no afectados por estos tipos de estrés (Taher-Kani, 2010).

Comúnmente se presenta enanismo generalizado en las plantaciones, acompañado por el desarrollo raquíptico de varios tallos de un plantón o de plantones completos, que se incrementa de forma paulatina, a medida que aumenta el número de cosechas (Comstock, 2008).

Desafortunadamente y quizás por razones económicas o por una baja percepción de riesgo, la detección masiva no ha sido sistemática, y los estudios realizados no han sido todo lo representativo que se necesita, tanto desde el punto de vista de la propagación, severidad, así como de las afectaciones. Se presume que la enfermedad esté entre los disímiles factores que actualmente inciden en la depresión de los rendimientos.

El agroecosistema del central azucarero Ciudad Caracas se caracteriza por su elevado potencial de rendimiento 84,5 t. ha⁻¹ de caña, según estudios de la evaluación de la aptitud física de sus tierras (Villegas & Beniez, 2003), sin embargo, los resultados del último decenio (2014-2023) indican un descenso en la producción de caña de 61 % y 50 % del rendimiento agrícola que significa que se aproveche apenas el 49 % del potencial de los suelos. Se

requiere entonces confirmar cuánto de ese resultado está asociado a la incidencia del raquitismo de los retoños.

La presente investigación se diseñó con el objetivo de examinar la presencia de dicha patología en dos de sus agroecosistemas, desde el punto de vista de su incidencia, severidad y afectaciones que inciden en su desempeño productivo.

Materiales y métodos

Las evaluaciones, recolección de datos y procesamiento estadístico se desarrolló en el periodo comprendido entre el mes de abril de 2022 y 2023. En ese tiempo el comportamiento de las variables climáticas se enmarcó dentro de los promedios históricos, de manera que las variaciones fueron las mismas y no influyeron en los resultados.

Se tuvieron en cuenta dos agroecosistemas del central, que responden a las unidades productoras de caña Yumurí y La Lima en las que fueron rastreados todos los bloques de más de una cosecha (cepa retoño) con edades entre 11 y 13 meses, para totalizar entre el 78 % y el 81 % del área de los mismos, en la que estuvieron representados cuatro cultivares. (Tabla 1).

Tabla 1. Unidades de Tierra que participaron en el estudio.

Cultivar	Agroecosistema	Cepa	Bloque	Campo
B80250	Yumurí	R1	324	4
B80250	Yumurí	R2	328	4
C86-12	Yumurí	R1	324	1
C86-12	Yumurí	R2	331	3
C90-469	Yumurí	R1	334	2
C90-469	Yumurí	R2	315	1
C86-156	La Lima	R1	106	2
C86-156	La Lima	R2	109	1
C90-469	La Lima	R1	104	1
C90-469	La Lima	R2	104	4

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

Fuente: Elaboración propia

Para determinar la incidencia y severidad se aplicó el muestreo de juicio o selección intencionada (Casal & Mateu, 2003), para ello en cada campo, en cinco estaciones de muestreo, todas a 20 m hacia el interior de los campos, se tomaron muestras de 10 tallos primarios, a los que se les determinó por el método de Tinción por transpiración (Chagas & Tokeshi, 1994; Giglioti, Comstock, Davis, Matsuoka, & Tokeshi, 1997) el porcentaje de colonización por el organismo causal de la enfermedad de los vasos del xilema.

La incidencia se determinó sobre la base del porcentaje de tallos infestados, para lo cual se consideraron sanos cuando tenían más de 90 % de los vasos funcionales, mientras que para la severidad se tuvieron en cuenta tres clases: baja en los casos que menos de 15 % de los vasos estuvieran no funcionales, media entre 15 y 30 % y

alta con más de 30 % (Taher-Kani, 2010). En análisis estadístico aplicado fue el de Tablas de Contingencia con el estadígrafo Ji cuadrado ($p=0,05$), de manera particular por agroecosistemas y variedades.

También fueron estimadas las pérdidas causadas por la enfermedad sobre el rendimiento agrícola ($t. ha^{-1}$ de caña). Para dicho objetivo en las unidades de muestreo también fueron contados el número de tallos molibles en una longitud de 10 m de hilera para finalmente expresarlos en tallos. ha^{-1} y estimar el rendimiento agrícola a partir del peso promedio de un tallo. Los tallos utilizados para la tinción por transpiración fueron pesados y medidos en longitud según lo establecido en las Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento del INICA (Jorge et. al., 2011), lo que permitió la comparación entre enfermos y sanos y así cuantificar las pérdidas.

En todos los casos para el procesamiento estadístico se utilizó el paquete InfoGen (Balzarini & Di Rienzo, 2012).

RESULTADOS

En el agroecosistema Yumuri la enfermedad estuvo presente en todos los campos y variedades muestreados, lo que confirmó la alta capacidad de reinfección de la misma; o bien a través de la semilla con presencia de la bacteria, o mediante los medios de corte usados en la cosecha. No es práctica común en el mismo la desinfección de machetes y cosechadoras en su tránsito en el corte de un campo a otro, por razones organizativas y más aún por la baja percepción de riesgo de dicha enfermedad (Tabla 1).

Tabla 1. Valores de Ji cuadrado para la comparación de la incidencia entre variedades, agroecosistema Yumurí.

Variedad		B80250	C90-469	C86-12	B80250	C90-469	Incidencia (%)
	Cepa	R2	R2	R1	R1	R1	
C86-12	R2	0,0	0,0	2,2	6,6	8,6	100A
B80250	R2		0,0	2,2	6,6	8,6	100A
C90-469	R2			2,2	6,6	8,6	100A
C86-12	R1				1,9	3,3	80A
B80250	R1					0,2	50B
C90-469	R1						40B

Ji cuadrado (tab). = 3,84 Valores superiores a Ji cuadrado (tab). refieren diferencias significativas $p=0,05$

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

Fuente: Elaboración propia

En el caso de la semilla, son posibles los escapes del saneamiento a través de la hidrotermoterapia, medida que solo está implementada en las categorías de Básica y Registrada I del sistema de semilla categorizada, dado los altos volúmenes que son necesarios para la categoría Certificada y las plantaciones comerciales.

De acuerdo al análisis estadístico las variaciones en los porcentajes de incidencia fueron significativas en variedades y cepas, con un comportamiento contrastante en C90-469 ubicada en los grupos de mayor y menor incidencia, lo que es un indicio de lo complejo que resulta obtener resistencia genética en las nuevas variedades. Se hace razonable de esa forma que las vías de control más efectivas están en las medidas profilácticas, como la desinfección de los medios de corte y el uso de semilla

categorizada, donde se cumplen las exigencias fitosanitarias. Igual situación, pero menos acentuada presentó B80250 con valores de incidencia de 100% y 50%.

La situación en el agroecosistema La lima se presentó más compleja, no se detectaron tallos sanos y la infección no tuvo diferencias ni entre variedades ni cepas (100 % de incidencia), lo que ratificó el alto poder de transmisión que caracteriza la patología y la necesidad de establecer todas las practicas que se requieran, para evitar o disminuir la transmisión y asumir y concientizar el riesgo de la misma.

Respecto a la severidad también fueron significativas ($p=0,05$) las diferencias entre variedades y cepas en el agroecosistema Yumurí. (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de Ji cuadrado para la comparación de la severidad entre variedades.

Variedad	Cepa	B80250	C90-469	C86-12	B80250	C90-469	Incidencia (%)
		R2	R2	R1	R1	R1	
C86-12	R2	0,0	0,0	3,06	13,20	16,80	100A
B80250	R2		0,0	3,06	13,20	16,80	100A
C90-469	R2			3,06	13,20	16,80	100A
C86-12	R1				10,73	14,00	53,50A
B80250	R1					1,09	19,25B
C90-469	R1						13,50B

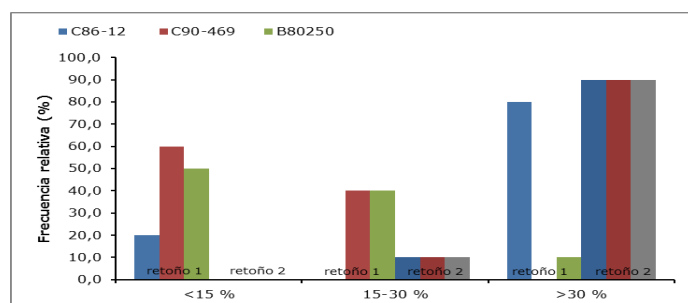
Ji cuadrado (tab). = 5,99 Valores superiores a Ji cuadrado (tab). refieren diferencias significativas $p=0,05$

R1. Primer retoño R2. Segundo retoño

Fuente: Elaboración propia

Las mayores frecuencias correspondieron al estrato de más de 30 % de los vasos de la xilema colonizados por la bacteria (Figura 1). De ese modo fueron más los casos en que la infección se consideró alta. Las tres variedades estudiadas tuvieron más de 90 % de los tallos analizados en esa categoría, con la coincidencia de corresponder a los campos de mayor número de cosechas (tres, segundo retoño), así se ratificó la hipótesis de la infección y reinfección a través de los medios de corte.

Fig. 1. Distribución de frecuencias de la severidad agroecosistema Yumurí.



Fuente: Elaboración propia

La alta percepción de riesgo de la enfermedad quedó realizada con el resultado de que, C86-12 independientemente del número de cosechas, tuvo prevalencia de tallos con alta severidad (más de 30 % de haces vasculares colonizados por la bacteria), al sumar el 80 % y 90% respectivamente en las cepas de primer y segundo retoño.

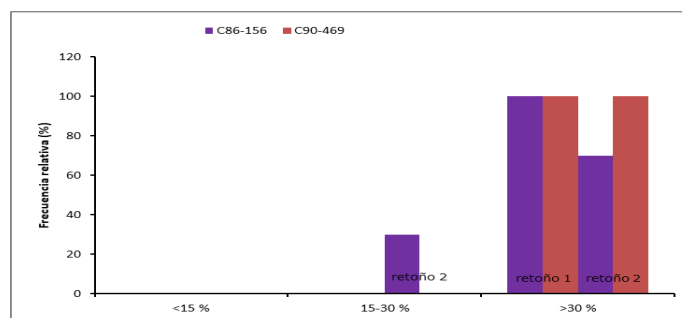
Otra razón del incremento de la enfermedad a medida que aumenta el número de cortes se constató en que el estrato de menor severidad (<15 % de vasos no funcionales), solo se encontró en la cepa de primer retoño y en frecuencias siempre inferiores a los de mayor severidad.

Además de las medidas preventivas para evitar la propagación de la enfermedad, como el uso de semilla sana y la desinfección de los medios de corte, el uso de variedades

resistentes o tolerantes constituye un paliativo; ya que no significa que no puedan infestarse, sino que la severidad no es tan intensa. Los resultados de C90-469 así lo ratifica, la cual no tuvo afectaciones de más de 30 % de vasos no funcionales, con prevalencia de infección baja.

Coincidentemente con los resultados de la incidencia de la enfermedad, el agroecosistema La lima se caracterizó por presentar una severidad. Todas variedades independientes del número de cosechas presentaron el 100 % de los tallos analizados con severidad alta (más de 30 % de vasos de la xilema no funcional), excepto C86-156 en primer retoño que registró frecuencias de 30 % y 70 % en los estratos de severidad media y alta respectivamente (Figura 2).

Fig. 2. Distribución de frecuencias de la severidad, agroecosistema La lima.



Fuente: Elaboración propia

Este resultado es reiterativo del peligro que representa la enfermedad, pues en cosechas sucesivas la infección se hace irreversible, de ahí la importancia de las medidas encaminadas a su prevención y a evitar su propagación. Dicha percepción de riesgo se hace más clara cuando se determinan las afectaciones y pérdidas del rendimiento que ocasiona.

Como era de esperar las pérdidas en el rendimiento agrícola se acrecientan en la medida que aumenta el número de cosechas, así quedó demostrado en el agroecosistema Yumurí (Tabla 3).

Las mermas de las t. ha⁻¹ de caña a causa de la enfermedad en segundo retoño, fueron desde 39,6 % hasta 41,0 % en las variedades C86-12 y C90-469, que representaron de 22,74 a 23,5 t. ha⁻¹ de caña menos que en las plantas sanas; respecto a 19,4 - 32,8 % rango de las mismas en primer retoño.

Tabla 3. Pérdidas en el rendimiento agrícola por el raquitismo de los retoños agroecosistema Yumurí.

Variedad	Cepa	Tallos Sanos	Tallos Enfermos	Pérdidas Absolutas (t. ha ⁻¹ de caña)	Pérdidas Relativas (%)
C90-469	Retoño 2	57,45	33,87	23,58	41,04
B80250	Retoño 2	57,45	34,28	23,17	40,33
C86-12	Retoño 2	57,45	34,71	22,74	39,59
C86-12	Retoño 1	56,39	37,88	18,51	32,83
B80250	Retoño 1	57,52	43,07	14,44	25,11
C90-469	Retoño 1	58,45	47,08	11,36	19,44
Promedio general		57,77	38,48	19,29	33,39

Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas de este agroecosistema tanto en valores absolutos como relativos (%) fueron inferiores a las que se registraron en la Lima que fueron de 37,56 % hasta 55,11 % (Tabla 4). Pareciera contradictorio que dicho rango correspondiera a un solo cultivar C86-156, pero coincidentemente ratifica resultados anteriormente presentados, de que la infección se hace más severa donde se hayan ejecutado mayor número de cosechas.

Tabla 4. Pérdidas en el rendimiento agrícola por el raquitismo de los retoños agroecosistema La lima.

Variedad	Cepa	Tallos Sanos	Tallos Enfermos	Pérdidas Absolutas (t. ha ⁻¹ de caña)	Pérdidas Relativas (%)
C86-156	Retoño 2	57,45	25,79	31,66	55,11
C90-469	Retoño 2	57,45	29,94	27,51	47,88
C90-469	Retoño 1	57,45	31,82	25,63	44,61
C86-156	Retoño 1	57,45	35,87	21,58	37,56
Promedio general		57,77	30,86	26,92	46,59

Fuente: Elaboración propia

DISCUSIÓN

A partir de la determinación de la incidencia de la enfermedad en plantaciones comerciales de 13 ingenios azucareros de Cuba, Delgado et al. (2018) alertaron de la necesidad de ampliar el sondeo de la enfermedad en un mayor número de agroecosistemas, dado su alta peligrosidad. Confirmaron su presencia mediante la inmuno impresión directa de tejidos en el 74,3 % de las 350 muestras analizadas, correspondientes a solo 35 campos. De

los 12 cultivares comerciales estudiados, en siete el porcentaje de infección superó el 90 %, entre los mismos C86-12 y C90-469, resultados que están en correspondencia con los de la presente investigación.

Si se tienen en cuenta los mismos, que provienen de solo abarcó dos agroecosistemas de uno de los cinco centrales del macizo cañero del centro sur de la isla (provincia Cienfuegos), urge indagar respecto a la propagación y severidad real del raquitismo de los retoños, que pueda servir de base para el establecimiento de una estrategia para atenuar su propagación y disminuir las pérdidas que ocasiona.

En el sentido de aumentar la percepción de riesgo de esta patología sería conveniente también conducir estudios que conlleven a la estimación de las pérdidas, en ese caso los aportes de este estudio se corresponden con otras investigaciones como por ejemplo en Fiji Johnson & Anand, (2010), informaron un notable efecto de la enfermedad sobre el rendimiento agrícola con pérdidas que podían llegar hasta 29 % sin embargo, fue insignificante su efecto sobre el contenido azucarero. En Louisiana, Estados Unidos consideraron como alta la infección con más de 50 % de vasos no funcionales la cual ocasionó una reducción de 24 % del rendimiento en caña y azúcar, de 15 a 50 % moderadamente alta y menos de 15 % baja sin pérdidas en el rendimiento, no obstante, en todos los casos sugirieron como medida preventiva el uso de semilla sana (Grisham et. al., 2009).

Al respecto Comstock, (2002) enunció que las pérdidas dependen de la variedad y las condiciones de cultivo y coincide de la fácil propagación de la misma, en su estudio las pérdidas alcanzaron 30 %, con la propuesta como medidas de control saneamiento por hidrotermoterapia

de la semilla, uso de semilla sana y transitar al uso de variedades tolerantes.

Más recientemente y también con total correspondencia con los aportes de esta investigación Chakraborty et. al. (2023), resaltan que el raquitismo de los retoños es una enfermedad de importancia económica global, que ocasiona graves pérdidas en el rendimiento por su alto nivel de contagio. Que, a causa de la falta de síntomas visuales para su fácil detección, se hace necesario un diagnóstico rápido del patógeno.

Conclusiones

El raquitismo de los retoños es una enfermedad que pasa desapercibida por lo difícil de su detección visual, pero no por ello deja de ser importante. La incidencia y severidad aquí confirmada, así como las pérdidas significativas en el rendimiento, sugieren asumir una mayor percepción de riesgo, para lo cual se requiere de una pesquisa más representativa y de la adopción de manera inmediata de las medidas profilácticas recomendadas como el uso de semilla categorizada y la desinfección de los medios de cosecha.

Referencias Bibliográficas

- Balzarini, M. G. y Di Rienzo, J. A. (2012). *InfoGen versión 2012 FCA, Universidad Nacional de Cordova*. Obtenido de <http://www.info-gen.com.ar>
- Casal, J. y Mateu, E. (2003). Tipos de muestreo. *Rev. Epidemiol. Med. Prev.* (1), 3-7.
- Chagas, P. R. y Tokeshi, H. (1994). Stainig by Transpiration Method for the diagnosis of ratoon stunting disease in sugarcane . En G. P. Rao, J. P. Gillaspie, P. Upadhyaya, A. Bergamin, V. P. Agnihotri, & C. T. Chen, *Current Trends in sugarcane Pathology* (págs. 159-162). New Delh.
- Chakraborty, M., Ford, R., Soda, N., Strachan, S., Ngo, C., Bhuiyan, S. y Shiddiky, M. (2023). Ratoon Stunting Disease (RSD) of Sugarcane: A Review Emphasizing Detection Strategies and Challenges. *Phytopathology*.
- Chinea, A. y Rodríguez, E. (2010). *Enfermedades de la caña de azúcar*: IMAGO.
- Comstock, J. (2002). Ratoon Stunting Disease. *Sugar Tech*, 1-6.
- Comstock, J. C. (2008). Sugarcane yield loss due to ratoon stunt. *Sugar Tech* 28, 22-31.
- Comstock, J. C. y Lentini, R. S. (2005). Sugarcane Ratoon Stunting Disease. Agronomy of Department Florida Cooperative Extension. *Institute of Food and Agric. Sci, University of Florida, SS-AGR-202*.
- Davis, M. y Bailey, R. A. (2000). Ratoon stuning. En P. Rott, R. Bayley, J. Comstock, J. Croft, & A. Saumtally, *A Guide to sugar cane diseases* (págs. 49-54): CIRAD.
- Delgado, J., Pérez, J., Aday, O., Casas, M., Casero, T., Pardo, L. y La O, M. (2018). Distribución del raquitismo de los retoños (*Leifsonia xyli* subsp. *xyli*) en caña de azúcar en Cuba. *Protección Vegetal vol 33 no. 1*.
- Giglioti, E. A., Comstock, G., Davis, M. J., Matsuoka, S. y Tokeshi, H. (1997). A comparison of staining by transpiration method and tissue blot immunoassay to screen sugarcane genotypes for resistance to ratoon stunting disease. *ISSCT pathology an molecular biology. Workshop*, 56.
- Gillaspie, A. G. y Teakle, D. S. (1989). Ratoon stunting disease . En C. Ricaud, B. T. Egan, A. G. Gillaspie y C. G. Hughes, *Disease of sugarcane. Major Diseases*. (págs. 59-80): Elsevier Sci Publishers.
- Grisham, M. P., Johnson, R. M. y Viator, R. V. (2009). Effect of RSD on yield of recently released sugarcane cultivars in Louisiana. *Sugar Cane Technologists* 29, 119-127.
- Johnson, S. y Anand, P. (2010). Efecto de la enfermedad del raquitismo de los retoño (RSD) en el rendimiento de la caña de azúcar en Fiji. *Ciencias Naturales y Aplicadas del Pacífico Sur* 28 (1), 69-73.
- Jorge, H., Jorge, I., Mesa, J. M. y Bernal, N. (2011). *Normas y Procedimientos del Programa de Fitomejoramiento de la caña de azúcar en Cuba. Boletín especial, 2, 151-155*. INICA.
- Rott, P. y Davis, M. (2000). Ratoon stunting disease. En P. Rott, R. A. Bailey, J. C. Comstock, B. J. Croft y A. S. Saumtally, *A guide to sugarcane diseases* (págs. 38-44): CIRAT-ISSCT.
- Steindl, D. R. (1949). Q28 disease. *Cane Growers, Quart. Bull.*, 191-193.
- Taher-Kani, K. (2010). *Bases metodológicas para el manejo integrado del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Irán*. [Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas], Universidad Central de Las Villas, Santa Clara.
- Villegas, R. y Beniez, L. (2003). *Evaluación de la aptitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, base para la diversificación de su agroindustria*: INICA-MINAZ.
- Yglesia, A. (2006). *Estudio del raquitismo de los retoños de la caña de azúcar en Cuba*. [Tesis Doctoral CENSA]. Universidad de la La Habana.

14

Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo

Vinasse application effects on soil and sugarcane growing at initial stages of developments

Juan Miguel González Rodríguez¹

E-mail: jmiguel@gesacf.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7651-322X>

Emma Pineda Ruiz²

Email: emma.pineda@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9880-3060>

José Luis Lago González²

E-mail: jose.lago@inicavc.azcuba.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-5673-9410>

Minerva Almogueva Fernández³

E-mail: mafernandez@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7430-8214>

¹Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Cienfuegos. Cuba

²Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar. INICA Villa Clara. Cuba

³Universidad de Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

González Rodríguez, J. M., Pineda Ruiz, E., Lago González, J. L. y Almogueva Fernández, M. (2024). Influencia de la aplicación de Vinaza sobre el suelo y la caña de azúcar en su etapa inicial de desarrollo *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 118-124. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

Entre los productos residuales que genera la agroindustria azucarera la vinaza, procedente de la destilación de alcohol, ha recibido especial atención debido a las ilimitadas posibilidades para su reutilización y disposición, reportándose efectos beneficiosos como aumento en el rendimiento de los cultivos y mejoras en las propiedades físicoquímicas del suelo como incremento de pH, aumento de la disponibilidad de nutrientes y retención de cationes por el suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad, mejoramiento de la estructura física del suelo y proliferación intensa de la población y actividad microbiana, entre otras, por lo que el trabajo tuvo como objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico rojo en la etapa inicial de desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*). Se montó y condujo un experimento en condiciones semi controladas en diseño aleatorizado donde se emplearon cuatro tratamientos: testigo absoluto, dosis recomendada de NPK, y dosis de vinaza de 60 y 120 m³ ha⁻¹. Se caracterizó la composición química de la vinaza y del suelo y se evaluó el crecimiento de las plantas en diferentes momentos hasta los 60 días de su desarrollo. Los indicadores evaluados de la química del suelo y los fenológicos del cultivo de la caña de azúcar a edades tempranas demostraron que con la aplicación de vinaza estos pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo.

Palabras clave:

Vinaza, Caña de azúcar, Indicadores fisiológicos, Suelo.

ABSTRACT

Sugarcane vinasse, among all agro-industry wastes, has been target of special attention because its unlimited uses, vinasse has been fertilizer substitute and physico-chemical improver of soil properties as pH, nutrients availability, cations and moisture retention in soil as well as microorganism activity. In order to know the pure vinasse application effect in growing plants indicators and chemical parameters in a red Ferralitic soil in the initial development stage of sugarcane plant (*Saccharum spp.*) a semi-controlled conditions experiment was carried out. A random design with four treatments consisting in NPK recommended, two vinasse doses (60, 120 m³ ha⁻¹) and control. The chemical characterization of vinasse and chemical analysis of soil properties were obtained, and development was evaluated in different stages until 60 days of post-germinated plants. The results of experiment showed that chemical of soil properties and growing plants indicators at initial stages if don't were improved don't were negative modified either.

Keywords:

Vinasse, Sugarcane, Physiological indicators, Soil.

INTRODUCTION

La agroindustria de la caña de azúcar ha sido objeto de cuestionamientos de ambientalistas y de la comunidad científica, incluso se han dictado normas para reducir su impacto ambiental. Dentro de los productos residuales que genera esta agroindustria la vinaza, procedente de la destilación de alcohol, ha recibido especial atención debido a las ilimitadas posibilidades para su reutilización y disposición, Aparecida *et al.* (2013).

El sector azucarero de Cuba gestiona 11 destilerías distribuidas en gran parte del país con un potencial de generación de más de dos millones de metros cúbicos de vinaza anualmente según Rodríguez, *et al.* (2022). Las alternativas tecnológicas para el aprovechamiento de las vinazas que se generan en la producción de etanol en Cuba han sido ampliamente expuestas por varios autores entre ellos, Chanfón *et al.* (2014).

La fertirrigación o el uso de vinaza no tratada como fertilizante en el cultivo de la caña es una de las mejores alternativas para su reúso y disposición. Sin embargo, el bajo pH, conductividad eléctrica y elementos químicos presentes en la vinaza de la caña de azúcar puede causar cambios en las propiedades químicas y fisicoquímicas de los suelos, bajo frecuentes descargas por un periodo largo de tiempo con efectos adversos Aparecida *et al.* (2013).

Según Rodríguez, *et al.* (2022) en Cuba existe un potencial de 47 000 ha dedicadas al cultivo de caña de azúcar que pueden beneficiarse con el fertirriego con vinaza con el correspondiente ahorro de fertilizantes químicos por el aporte de nutrientes de este residual. En la propuesta estos autores demuestran con un estudio de caso que se conocen los efectos beneficiosos sobre la disponibilidad de nutrientes que produce la aplicación controlada de la vinaza.

Takata, (2020) citando a otros autores expresó que la aplicación de vinaza en el suelo produce efectos variables, según el tipo de suelo y/o las condiciones climáticas. La fertilización con vinaza puede causar efectos negativos, como la salinización, lixiviación de nutrientes, deterioro de la calidad del suelo por desbalance de nutrientes, reducción de la alcalinidad y aumento de la fitotoxicidad. En contraste, se reportan efectos beneficiosos como aumento en el rendimiento de los cultivos y mejoras en las propiedades fisicoquímicas del suelo como incremento de pH, aumento de la disponibilidad de nutrientes y retención de cationes por el suelo, incremento de la capacidad de retención de humedad, mejoramiento de la estructura física del suelo y proliferación intensa de la población y actividad microbiana.

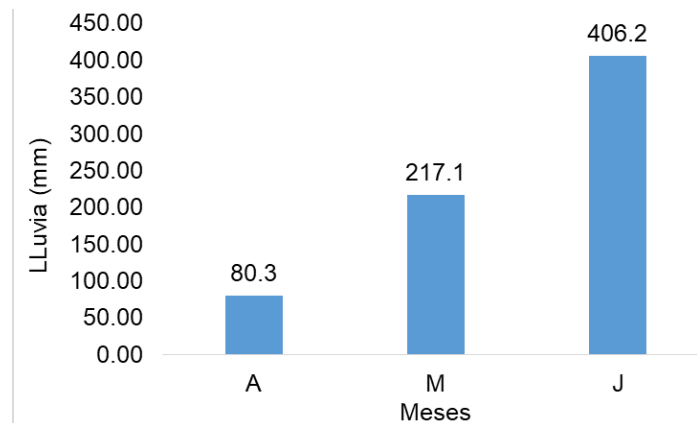
Atendiendo a lo expuesto anteriormente el trabajo realizado tuvo como objetivo conocer el efecto de la aplicación de vinaza pura en indicadores de crecimiento de las plantas y de parámetros químicos en un suelo Ferralítico

rojo en la etapa inicial de desarrollo de la caña de azúcar (*Saccharum spp.*).

Materiales y métodos

El experimento se desarrolló en condiciones semicontroladas en la estación del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ubicada en el municipio Ranchuelo, provincia de Villa Clara, Cuba. La investigación tuvo lugar durante los meses de abril a junio de 2023. El suelo utilizado fue Ferralítico rojo según Hernández *et al.* (2015) el que se colocó, en 12 recipientes de 10 dm³ de capacidad y en cada uno de ellos se plantaron tres yemas aisladas del cultivar de caña de azúcar C97-445, el cual es de reciente incorporación a la explotación comercial en Cuba. La lluvia fue un factor registrado, por el pluviómetro establecido en el área, la Figura 1 muestra la lluvia durante los meses de desarrollo del experimento en el año 2023. c

Fig. 1. Lluvia recibida durante la duración del experimento en el año.



Fuente: Elaboración propia

El diseño empleado fue completamente al azar, se emplearon un total de cuatro tratamientos con tres repeticiones, los que se describen a continuación:

Testigo Absoluto

NPK recomendado por el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la caña de azúcar (SERFE)

60 m³ ha⁻¹ de vinaza pura

120 m³ ha⁻¹ de vinaza pura

La vinaza fue analizada por el Laboratorio del ICIDCA y las determinaciones realizadas correspondieron a la demanda química de oxígeno (DQO), por el micro método de reflujó con el dicromato de potasio, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mediante Oxitop Box WTW; pH (método potenciométrico), contenidos de nitrógeno (método de Kjeldahl), fósforo por el método colorimétrico, calcio por absorción atómica, potasio y sodio por fotometría de llama; conductividad eléctrica por el método conductimétrico y sólidos totales, por determinación de sólidos.

Se tomaron muestras de suelo al inicio y al final del experimento para realizar determinaciones de pH en KCl por el método potencimétrico (relación suelo - solución 1:2,5; contenido de materia orgánica (método de Walkley-Black); fósforo y potasio asimilables por el método de Oniani; los que se realizaron según se describen en el manual del laboratorio del INICA, (2015).

Las evaluaciones realizadas fueron brotación en diferentes momentos 25, 30, 35, 45 y 60 días. Además, a todas las plantas se le determinó el número de hojas totales y activas, a los 30,35 y 45 días; altura y diámetro del tallo, largo de la hoja +1, a los 45 y 60 días, así como el estado fitosanitario del cultivo.

Para procesar la información obtenida de las variables estudiadas se utilizó el paquete estadístico STATISTICA versión 8. La normalidad de los datos de cada variable se comprobó con la Prueba de Shapiro Wilk, se realizó el análisis de varianza entre tratamientos (Anova) y se compararon las medias mediante la prueba de Tukey para $p \leq 0.05$.

Resultados y discusión

Aportes de la residual vinaza de destilería

El análisis de los componentes químicos de la vinaza aparece en la tabla 1 y mostró resultados similares a los determinados por varios autores, entre ellos Arzola et al. (2012). El contenido de nutrientes como el nitrógeno y el potasio, especialmente este último, se considera elevado, el fósforo se encuentra en concentraciones relativamente inferiores, aunque su aporte no es despreciable cuando se aplican volúmenes elevados de vinaza, Takata, (2020).

Aunque no se determinó en este trabajo se conoce que la vinaza es rica en materia orgánica, llegando en algunos casos hasta 17 kg m^{-3} lo que es suficiente para que los microorganismos edáficos se desarrollen y mineralicen los compuestos químicos que contienen a los nutrientes, Quiroz, I. y Guerrero¹ y Pérez, A. (2013) citando a varios autores.

Tabla 1. Caracterización de la vinaza de caña de azúcar.

Método de Ensayo	Unidad de medida	Valores
DQO	mg L ⁻¹	41 097,00
DBO	mg L ⁻¹	19 444,40
Nitrógeno	mg L ⁻¹	400,00
Fósforo	mg L ⁻¹	63,28
pH	-	4,45
Conductividad eléctrica	mS cm ⁻¹	11,21
Sólidos totales	mg L ⁻¹	36 970,00
Calcio	ppm	200,00
Potasio	ppm	2 450,00
Sodio	ppm	140,00

Fuente: Elaboración propia

Influencia sobre parámetros químicos del suelo

La caracterización química del suelo inicialmente mostró un pH neutro, según las categorías establecidas en el Manual del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas para la caña de azúcar, SERFE, (2013); contenido de materia orgánica inferior al 2%, considerado bajo, mientras que los elementos fósforo y potasio asimilables no mostraron deficiencias de estos, como se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Caracterización química del suelo.

pH en agua	pH en KCl	MOS (%)	P2O5	K2O
			(mg 100g ⁻¹)	
8,0	7,4	1,22	7,77	17,68

Fuente: Elaboración propia

En lo relacionado a los parámetros químicos determinados, al concluir el experimento, como muestra la tabla 3, se detectaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes tratamientos empleados, se pudo apreciar que el grado de acidez del suelo mostró los valores más bajos con la aplicación de la dosis de $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ de vinaza, no obstante sigue manteniéndose en la misma categoría de neutro, estos resultados coinciden con los de Pineda et al. (2020), quienes al muestrear durante varios años campos cultivados con caña de azúcar encontraron, que la aplicación de la vinaza no influyó de forma negativa en el grado de acidez del suelo.

Tabla 3. Influencia de los diferentes tratamientos sobre los parámetros químicos evaluados al concluir el experimento.

Tratamientos	pH en KCl	MOS (%)	P2O5	K2O
			(mg 100g ⁻¹)	
I-Testigo Absoluto	7,47 a	1,22 c	6,78 a	17,00 b
II-NPK (SERFE)	7,50 a	1,36 bc	7,91 a	18,33 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	7,63 a	1,53 ab	7,98 a	18,03 ab
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	6,53 b	1,66 a	8,44 a	23,10 a
n	12	12	12	12
media	7,28	1,44	7,78	19,12
p	<0,0001	0,0039	0,1791	0,0460
EE	0,13	0,19	0,29	0,90
CV	1,10	6,12	10,41	11,06

Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y $p < 0,05$

Fuente: Elaboración propia

El contenido de materia orgánica mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos utilizados, mostrando los mejores resultados aquellos que contemplan la aplicación de vinaza, coincidiendo estos resultados con otros autores, entre ellos, Armengol, et al. (2003), que encontró que la vinaza es un residuo orgánico capaz de inducir modificaciones en los contenidos de materia orgánica de los suelos y producir un efecto residual hasta

al menos cinco cosechas, lo que contribuye al aumento de la fertilidad de los suelos, y posibilita el empleo de la vinaza como mejorador orgánico a la vez que contrarresta la degradación a que los suelos están expuestos, debido al cultivo intensivo y al mal manejo.

Jiménez, (2017) encontró que la vinaza aportó materia orgánica al suelo, incrementando en un 0.02 % el contenido de esta en el suelo en comparación con el tratamiento control a una profundidad de 0 - 20 cm; que, aunque no fue un incremento considerable, sí mejoró la fertilidad y las propiedades del suelo y sus efectos positivos se pudieron ver en su integración con otras variables. Incremento significativo con la aplicación de vinaza en el contenido de materia orgánica, también con valores bajos en todos los casos, entre el 1 y el 2 %, obtuvieron Villar, (2016).

El fósforo asimilable no mostró diferencias entre tratamientos, estos resultados coinciden con Takata, (2020), que considera poco influyente el aporte de fósforo con la aplicación de vinaza por la poca movilidad de éste y porque transita a formas cada vez menos solubles con el paso del tiempo. El que no existieran diferencias en el contenido de fósforo antes y después de la aplicación de vinaza coincide también con Pineda *et al.* (9) quienes consideran bajo el aporte como fertilizante de este elemento por su pobre concentración en este producto residual. Aunque igualmente Jiménez, (2017) tampoco encontró diferencias significativas en el contenido de fósforo, observó un efecto importante en la disminución de la inmovilización de este elemento lo que puede deberse al incremento en la materia orgánica en las parcelas donde se aplicó vinaza.

Para el potasio asimilable, todos los tratamientos superaron al testigo absoluto, lo que evidencia la factibilidad de la vinaza para aportar este nutriente al suelo, al mostrar resultados similares a la fertilización mineral. La influencia en los resultados relacionados con el aporte de potasio al aplicar vinaza también es reconocida por Takata, (2020) que afirma que este se encuentra inmediatamente disponible para las plantas. Arzola *et al.* (2017), afirmaron que el potasio no se requiere como complemento de la vinaza y debe servir como indicador sobre la posibilidad de continuar aplicando la misma en las áreas cañeras, lo que se explica por las elevadas cifras que de este nutrimento se suministran al suelo. Otoyá, (2022) observó que las concentraciones de los elementos de la química del suelo no tuvieron variaciones significativas, excepto el potasio que, si se incrementó no solo con concentraciones mayores de vinaza si no también con el paso de los días, por otra parte, Pineda *et al.* (2015) en estudios realizados encontraron que las aplicaciones de vinaza incrementaron el contenido de potasio asimilable en el suelo, lo que coincide con los resultados alcanzados en este estudio.

Efecto de los diferentes tratamientos en el crecimiento vegetativo de las plantas

Las evaluaciones realizadas a los indicadores seleccionados del crecimiento de la caña de azúcar mostraron la respuesta diferenciada del cultivo a la aplicación de

fertilizantes químicos y las diferentes dosis de vinaza pura.

Brotación

La brotación como componente importante de la productividad de la caña, evaluada como el número de plantas brotadas a los 25, 30, 35, 45 y 60 días mantuvo una dinámica favorable, de manera significativa, a la aplicación de la vinaza en ambas dosis (60 y 120 m³ha⁻¹) (Tabla 4).

Tabla 4. Efecto de la aplicación de fertilizantes químicos y de diferentes dosis de vinaza pura sobre el número de plantas brotadas.

Tratamientos	Plantas Brotadas				
	25	30	35	45	60
	(días)				
I-Testigo Absoluto	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 a	1.00 b
II-NPK (SERFE)	2.00 a	2.00 a	2.33 a	2.00 a	2.33 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2.33 a	2.33 a	2.33 a	2.33 a	3.00 a
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2.00 a	2.00 a	2.00 a	2.00 a	3.00 a
n	12	12	12	12	12
media	1.83	1.83	1.92	1.92	2.33
p	0.0701	0.0701	0.0990	0.0990	0.0267
EE	0.24	0.24	0.26	0.26	0.31
CV	27.27	27.27	31.35	31.35	27.66

Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y p<0,05

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados coinciden con Kulasekara, *et al.* (2021) que evaluaron los efectos de la vinaza sobre las propiedades químicas del suelo y en el crecimiento inicial de la caña de azúcar, utilizaron yemas aisladas colocadas en recipientes que previamente recibieron diferentes dosis de vinaza pura. A los 30 días después de plantadas encontraron incrementos relativos en la brotación de las yemas (longitud y peso de los brotes) para la aplicación de dosis de 40 y 60 m³ha⁻¹ de vinaza pura. Además, Ferteco (2023) en las Memorias del Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar realizado en Cali, Colombia plantea que los efectos de la aplicación de vinaza se traducen en aumentos de producción (biomasa), y su utilización hasta 20 días después del corte da como resultado una adecuada brotación de la soca e incrementos en la longevidad de los cañaverales.

Número de hojas totales y activas

A la edad de 30 días en lo relativo al número de hojas totales, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, superando todos los tratamientos al testigo absoluto, mientras que a las edades posteriores en que se

evaluó este indicador no se encontraron diferencias entre los tratamientos empleados, similares resultados fueron obtenidos por Tuesta (2017) que no observó diferencias significativas en este indicador en plantas de maíz, después de tres meses de riego con vinaza. Por otra parte

se observó que el número de hojas activas, mostró diferencias estadísticas significativas, entre tratamientos y edades evaluadas, ya que se aprecia en la tabla 6 que para todos los casos el testigo absoluto es superado por todos los tratamientos utilizados.

Tabla 6. Efecto comparativo de la aplicación de fertilizantes químicos y diferentes dosis de vinaza pura sobre las hojas totales y activas.

Tratamientos	Hojas totales por edades			Hojas activas por edades		
	30 días	35 días	45 días	30 días	35 días	45 días
I-Testigo Absoluto	1,33 b	2,33 a	4,00 a	1,33 b	1,33 b	3,67 b
II-NPK (SERFE)	1,67 ab	4,00 a	5,00 a	1,67 ab	3,33 ab	4,67 ab
III-60 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	2,33 ab	4,00 a	5,33 a	2,33 ab	4,00 a	4,67 ab
IV-120 m ³ ha ⁻¹ de vinaza	3,00 a	4,00 a	5,33 a	3,00 a	4,00 a	5,00 a
n	12	12	12	12	12	12
media	2,08	3,58	4,83	2,08	3,58	4,58
p	0,0391	0,1327	0,2627	0,0391	0,0228	0,0624
EE	0,26	0,31	0,27	0,26	0,31	0,23
CV	26,53	24,17	15,80	26,53	26,38	12,60

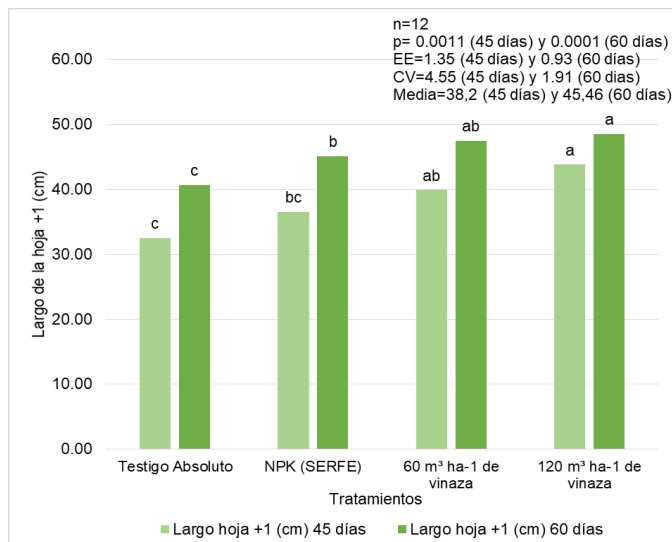
Número de observaciones (n), EE (Error Estándar), CV (Coeficiente de Variación) y p<0,05

Fuente: Elaboración propia

Longitud de la hoja +1

Este tejido, resulta expresión de la condición nutricional de las plantas de caña de azúcar, Chávez, (1999). Las mediciones de este carácter, realizadas los días 45 y 60 d.d.p. expresaron que las longitudes de la hoja +1 fueron siempre mayores de manera significativa en los tratamientos con vinaza, como se muestra en la Figura 2.

Fig. 2. Influencia de los tratamientos sobre la longitud de la hoja +1.



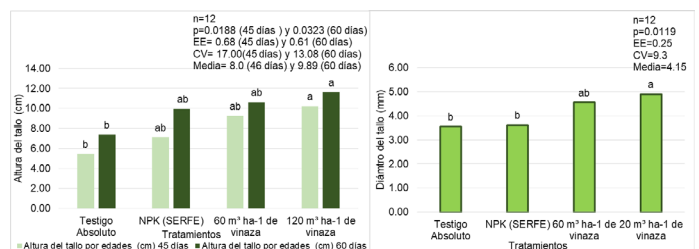
Fuente: Elaboración propia

Altura y diámetro del tallo

La altura y el diámetro de los tallos son unos indicadores importantes del crecimiento de las plantas en sus etapas iniciales, ambos resultaron igualmente favorecidos de manera significativa por la aplicación de vinaza pura, en

ambas dosis. La Figura 3, muestra los resultados obtenidos en lo relacionado con estos indicadores, donde se aprecia que para la altura, todos los tratamientos superan al testigo, lo que evidencia la factibilidad de emplear cualquiera de las fuentes de aporte de nutrientes evaluadas al respecto, destacándose la dosis de 120 m³ ha⁻¹ por mostrar los mayores valores en lo relacionado con la altura de las plantas a las edades evaluadas, mientras que para el diámetro las diferencias estadísticas resultan significativas. Destacándose los tratamientos que contemplan la aplicación de vinaza.

Fig. 3. Efecto de los tratamientos sobre la altura y el diámetro de los tallos.



Fuente: Elaboración propia

Los resultados obtenidos con la aplicación de vinaza en indicadores del crecimiento de la caña de azúcar son similares a los de Maradiaga, *et al.* (2018). Estos autores dividieron el estudio en cuatro fases de desarrollo del cultivo e igualmente encontraron efectos significativos de la vinaza mezclada con un concentrado de alga *Lithothamnium* sobre la altura y el grosor del tallo, así como sobre el índice de área foliar. Por otra parte, Mejía, (2012), coincide con los resultados obtenidos al plantear de acuerdo a lo obtenido en sus investigaciones, que la vinaza puede ser usada como abono y mejorador de los suelos en cultivos de alta demanda de potasio como la caña de azúcar

pues su uso fomenta el crecimiento vigoroso de la planta, aumenta la altura, número y diámetro de los tallos, lo cual incide en una mayor producción del campo.

Conclusiones

- La vinaza mostró una composición adecuada para ser aplicada al suelo, donde se destaca su aporte nutricional en relación con el potasio.
- Los indicadores evaluados de la química del suelo demuestran que con la aplicación de vinaza estos pueden si no mejorarse, al menos permanecer en rangos que no afectan al suelo ni al cultivo.
- La fertilización mineral y la aplicación de vinaza mostraron sobre la brotación, sólo a los 60 días una influencia favorable sobre este indicador.
- La aplicación de vinaza favoreció el desarrollo de la hoja + 1 (tejido indicador) en aquellos tratamientos que recibieron vinaza, mostrando los valores más elevados la dosis de 120 m³ ha⁻¹.
- La altura de los tallos fue favorecida con la aplicación de la fertilización mineral y la vinaza a las edades de 45 y 60 días mientras que la aplicación de vinaza resultó favorable para el desarrollo del diámetro del tallo a los 60 días.
- La vinaza constituye una fuente alternativa, para ser aplicada en caña de azúcar en edades tempranas capaz de beneficiar indicadores químicos del suelo y fenológicos del cultivo.

Referencias Bibliográficas

- Aparecida C., Pedro J., Evangelista J., Fernanda J., Silvia C. (2013). Sugarcane vinasse: Environmental implications of its use. *Waste Management* 33, p 2752-2761.
- Armengol, J., Lorenzo, R. y Fernández, N. (2003). Utilización de la vinaza como enmienda orgánica y su influencia en las propiedades químicas de Vertisoles y en los rendimientos de la caña de azúcar. *Cultivos Tropicales*, Vol. 24, No. 3, pp. 67-71. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Arzola, N., Rodríguez, J., González, J., Hernández, E., Muñiz, A. (2012). Conceptualización de los elementos técnicos esenciales para la elaboración en fase de inversión de la tarea técnica para la aplicación de residuos de la agroindustria azucarera en las áreas agrícolas de Antonio Sánchez, provincia Cienfuegos (Primera Aproximación), 36 p.
- Arzola, N. Pineda, E., Vidal, M., Rodríguez, J., Osorio, N., Reyes, E. (2017). Conceptualización de los elementos técnicos esenciales para la elaboración del proyecto de aplicación del residuo líquido vinaza de la producción de alcohol en la UEB-Destilería "Antonio Guiteras" en las áreas dedicadas a caña de azúcar. Provincia Las Tunas. 28 p.

Chanfón, J., Lorenzo Y. (2014). Alternativas de tratamiento de las vinazas de destilería. Experiencias nacionales e internacionales. *Revista Centro Azúcar Vol. 41*, abril-junio. ISSN: 2223 - 4861.

Chávez, M. (1999). Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (LAICA) XI Congreso Nacional Agronómico.,22 p

FERTECO. (2023). Beneficios de la aplicación de la Vinaza en los cultivos. Memorias del Seminario Internacional de Fertilización y Nutrición de la Caña de Azúcar realizado en Cali, Colombia

Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D., Castro, S. N. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Mayabeque, Cuba. 91 p. ISBN 978-959-7023-77-7.

INICA. (2015). Manual de prácticas de laboratorio y campo. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 242 p.

Jiménez, R. (2017). Evaluación del efecto de aplicación de vinazas sobre las propiedades fisicoquímicas y actividad biológica en un suelo de orden Inceptisol cultivado con caña de azúcar en la vereda la primavera – municipio de Villarica norte del Cauca. [Tesis para optar al título de Magister en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente Universidad de Manizales Facultad de Economía Cali - Colombia.].

Kulasekara, B.R. and Weerasinghe, H.A.S. (2021). A preliminary study: Effects of sugarcane by-products, vinasse on chemical properties of soil and initial grow of sugarcane variety SL 83 06 and SL 96 128. Geneva Eurosoil., poster

Maradiaga, W., Rodríguez, Wagner Pêgo, A., Junior, J. and Bernardes, R. (2018=). Effects of vinasse and Lithothanmium application on the initial growth of sugar cane (*Saccharum* sp. cv. RB 86-7515) irrigated and not irrigated. *Acta Agron.* 67 (2) p 252-257. ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118.

Mejía, S. (2012). Evaluación del impacto potencial de incorporación de vinazas en el agua de riego utilizada por la unidad de riego Alfredo V. Bonfil. Veracruz. Nota informativa sobre innovación en materia de productividad del sector. Vinazas alternativas de uso. 10 p.

Otoya Z, Anonio M. (2022). Efecto de la vinaza en el suelo de cultivo de *Saccharum officinarum* L. "caña de azúcar". *Revista Ciencia y Tecnología. Rev. Cienc. Tecnol.* 18 (2): 141 – 146.

- Pineda, E., Chico, Y., Vidal M., Becerra, E., Acosta, F., Fernández, I., Lugo, I. (2015). Uso alternativo de la vinaza en la fertilización de la caña de azúcar, efectos sobre el cultivo y el suelo. *Revista Centro Agrícola* 42 (1): 31-36; enero-marzo, ISSN papel: 0253-5785 ISSN on line: 2072 – 2001.
- Pineda E., Arzola N. (†), Vidal M., de León M., Rodríguez J., Lugo I., Fernández I., Mora, R., Más, R., Díaz, R., Fernández, O., Delgado, I., Díaz, T., González, J., Guillén, S., Pérez, T., Cordero, A. (2020). Aplicación de vinaza como fuente alternativa para la fertilización de la caña de azúcar bajo un esquema efectivo de monitoreo. Caso: UEB “Heriberto Duquesne” en Villa Clara. 2020. Logro AZCUBA 29 p.
- Quiroz, I. y Pérez, A. (mayo -junio 2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Pub. Esp. Núm. 5* 16, pp. 1069-1075
- Rodríguez, J., Pineda, E., Vidal, M., Lugo, I., González, M, Becerra, E. (2022). Resultados de la aplicación de vinaza en caña de azúcar (*Sacharum officinarum*). Memoria digital. Evento AGROPAT. p 221-229.
- SERFE. (2013). Manual de Procedimientos del Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Enmiendas de la caña de azúcar. SERFE. p. 49
- Takata, V. (2020). Aplicación de vinaza al suelo. [Tesis de Maestría en Ciencias Agrarias. Opción Ciencias del Suelo. Unidad de Posgrado y Educación.] Permanente de la Universidad de la República Uruguay.
- Tuesta, I. (2017). Efecto de la aplicación de vinazas de la industria del tequila en el cultivo del maíz y en la asociación planta-hongo micorrízicos orbiculares (HMA). [Tesis para obtener el grado académico de maestro en ciencias y tecnología en la especialidad de ingeniería ambiental]. Guadalajara. México. 101p.
- Villar, P., Villar, J. (2016). Guía de la fertilidad de suelos y nutrición vegetal de producción agrícola. 30 p.

15

Incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de ecosistemas de montañas

Impact of economic activities on the environmental situation of mountain ecosystems

Lliley Portela Peñalver¹

E-mail: lpenalver@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3843-5830>

Lliley Portela Peñalver

E-mail: llportela@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2167-1607>

Arabella Martín Rey

E-mail: armartin@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-4295-9711>

¹Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Portela Peñalver, L., Portela Peñalver, L. y Martín Rey, A. (2024). Incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de ecosistemas de montañas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 125-131. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La conservación del medio ambiente y su aplicación a partir de políticas públicas es requisito indispensable para que el crecimiento económico se traduzca en desarrollo sostenible. Sin embargo, los procedimientos de evaluación de impacto ambiental (EIA) y evaluación ambiental estratégica (EAE), son instrumentos importantes de las políticas ambientales preventivas. El descuido de los ecosistemas y sus actividades económicas tiene implicaciones importantes que van desde la desaparición de especies hasta el consumo indiscriminado de los recursos naturales. Para tratar este tema, la presente investigación propone un sistema de indicadores dirigidos a medir la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental en ecosistemas de montaña. Para ello, se sistematizan los fundamentos teóricos y metodológicos que sustentan la propuesta de indicadores por actividades económicas y el daño ambiental para ecosistemas de montaña. Dentro de los métodos empleados destacan el histórico-lógico, el analítico – sintético, el inductivo-deductivo y el método Delphi.

Palabras Clave:

Ecosistema de montaña, Actividad económica, Impacto ambiental.

ABSTRACT

Environmental conservation and its application through public policies is an essential requirement for economic growth to translate into sustainable development. However, the environmental impact assessment (EIA) and strategic environmental assessment (SEA) procedures are important instruments of preventive environmental policies. The neglect of ecosystems and their economic activities has important implications that range from the disappearance of species to the indiscriminate consumption of natural resources. To address this issue, this research proposes a system of indicators aimed at measuring the impact of economic activities on the environmental situation in mountain ecosystems. To this end, the theoretical and methodological foundations that support the proposal of indicators for economic activities and environmental damage to mountain ecosystems are systematized. Among the methods used, the historical-logical, the analytical-synthetic, the inductive-deductive and the Delphi method stand out.

Keywords:

Mountain ecosystem, Economic activity, Environmental impact.

INTRODUCCIÓN

A lo largo de los años ha existido un fuerte debate, sobre las posibilidades del mercado de hacer una asignación óptima y equitativa de los recursos naturales. El escaso conocimiento acerca del daño ambiental generado por las actividades económicas en determinado ecosistema se convierte en el “pretexto” perfecto, para que los actores y entidades encargadas de la toma de decisiones a nivel nacional y regional, hagan concesiones o simplemente consuman intencionadamente los recursos naturales; en búsqueda del mayor beneficio económico posible.

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

También han sido diversos los esfuerzos de entidades gubernamentales para incorporar al medio ambiente en los planes de desarrollo, como resultado de esto se celebró en 1972 la Conferencia de Estocolmo, analizándose temas relacionados con la degradación ambiental y la contaminación que sobrepasa los límites fronterizos, afectando a los pueblos más allá de su punto de origen. En los inicios de la década del noventa del siglo pasado, se desarrolló La Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992, que estableció un modelo de desarrollo que armonizara la dimensión económica con el bienestar social y ambiental.

Cuba presta especial atención a la protección de los ecosistemas y los procesos ecológicos que en ellos se desarrollan. Un ejemplo de ello resulta la creación del Centro de Investigación de la Montaña, que ha ayudado al diseño de programas y estudios sobre el desarrollo socioeconómico de estos espacios geográficos.

Los sistemas montañosos de Cuba, por su extensión y distribución, tienen una decisiva importancia socioeconómica y se localizan, básicamente, en tres regiones: Occidental (Cordillera de Guaniguanico): Central (Montaña Guamuhaya) y Oriental (Sierra Maestra y Macizo Baracoa).

En estas zonas es donde se producen los mayores módulos de escurrimiento, y a ellas están relacionadas las mayores cuencas hidrográficas del país. Las aguas de los ríos que aquí se originan son la garantía de gran parte de la actividad humana en el llano. Se localizan en estas zonas, el 37% de los bosques existentes en el país y el 55% de las plantaciones. El café constituye la principal actividad económica, por tanto, casi la totalidad de este rubro exportable se adquiere de esas zonas montañosas, siendo igualmente, su principal fuente de empleo. Por su parte el cacao, procede en su totalidad de estas regiones. La actividad ganadera se caracteriza, de manera general, por llevarse a cabo en suelos no aptos para el ganado mayor, por lo que, en la propuesta de desarrollo,

se predice dedicar una parte de estas áreas a otras actividades como el café, la silvicultura y agrosilvopastoreo y el desarrollo del ganado menor.

Se hace referencia a las Montañas de Guamuhaya, que está distribuido en tres de las provincias centrales: Villa Clara, Santi Spíritus y Cienfuegos. El área de estudio se localiza en el municipio de Cumanayagua perteneciente a la provincia Cienfuegos. Cuenta con un área de 416 km², que representa el 61% del área del municipio, y el 16% del territorio cienfueguero. (Asamblea Provincial del Poder Popular, 2019). Es el grupo montañoso más importante del centro de Cuba, su punto más alto es el Pico San Juan con 1140 metros sobre el nivel del mar. Se caracteriza por hondos valles, la exuberancia de la vegetación, el endemismo de especies de flora y fauna, los rápidos de montaña con sus saltos de agua y pocetas, así como los cafetales que adornan estos paisajes.

La economía de la zona está sustentada en la producción cafetalera, el cultivo de tabaco y cítrico, la actividad forestal, así como la ganadería y en menor medida el turismo de naturaleza. El territorio cuenta con gran valor paisajístico que sirve como opción de interés turístico (APPP, 2019).

El trabajo que se presenta tiene como objetivo general, validar un sistema de indicadores dirigidos a evaluar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental en ecosistemas de montaña.

Para lograr este fin se emplearon métodos de investigación científica como:

- **Histórico-lógico:** Permite hacer una búsqueda detallada interpretando los hechos esenciales limitados a la actualidad internacional y nacional, buscando las interrelaciones para poder diseñar el esquema metodológico, fundamentar y relacionar las diferentes etapas.
- **Analítico - sintético:** Permite analizar la bibliografía sobre la incidencia de las actividades económicas sobre el medio ambiente y sintetizar los aspectos consultados, los cuales facilitan la elaboración del marco teórico conceptual para construir un sistema de indicadores.
- **Inductivo-deductivo:** Inducir los aspectos generales en el proceso de investigación a lo particular, en las diferentes etapas del procedimiento que se construye, llegando a la deducción de los elementos hallados durante el desarrollo de este trabajo.

Materiales y métodos

Se desarrolló una investigación no experimental, con aplicación del método Delphi, donde se diseñaron varios instrumentos para la recogida de información, todo en función de cumplir el objetivo del trabajo, la validación del sistema de indicadores para diagnosticar la situación ambiental en ecosistemas de montaña, y empleando el paquete SPSS en su versión 23.0.

Resultados y discusión

El factor económico juega un papel fundamental frente a la contaminación del medio ambiente, pues el aumento del poder económico provoca un mayor consumismo y disminuye la conciencia frente a la responsabilidad medioambiental. El hecho concreto es que el poder individual del ser humano en diversos casos conlleva a transformarse en un ser que no es prudente, frente al uso excesivo (Sánchez y Acosta, 2018)

En consecuencia, Sánchez y Acosta (2018), señala que el hombre no tendrá conciencia ni responsabilidad frente a su estilo de vida, pues este problema aumenta y se transforma en emergencia social cuando no es una persona quien comete dichos actos, sino cuando es todo un gobierno el que desconoce su responsabilidad y conciencia ambiental.

Teniendo en cuenta la realidad de las afirmaciones anteriores y las diferentes razones abordadas por los autores sobre medio ambiente se precisa que:

Es importante entender que el medio ambiente es imprescindible tanto para la subsistencia de cualquier ser con vida, como para la coexistencia de los seres que viven en él; pues son excesivos los recursos naturales que pueden ser alcanzados, debido al papel que desempeña para el desarrollo y evolución de la vida. González (2019) expresa que su conservación y equilibrio, se enfrenta a una serie de retos, que deben analizarse desde los distintos niveles de responsabilidad política en materia ambiental. (p.11)

Luego de haber realizado un análisis de los diferentes procedimientos metodológicos elaborados por otros autores, esta investigadora, toma una serie de indicadores, los cuales conforman el sistema de indicadores para la evaluación de la incidencia de las actividades económicas sobre el medio ambiente. Para la presente investigación, se propone la validación del sistema de indicadores a partir del método de expertos Delphi, lo cual va a permitir en futuras investigaciones, el diagnóstico de la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental del ecosistema.

El método Delphi se ha clasificado tradicionalmente como un método de pronóstico con carácter cualitativo o subjetivo, debido esencialmente a la capacidad de predicción fundamentada en el juicio intuitivo de un grupo de expertos que expresan sus criterios sobre un tema de interés, a través de la implementación de cuestionarios sucesivos y de la interacción iterativa, obteniendo un consenso de opiniones.

Es definido según Helmer y Rescher (1959) y citado por Zartha y otros, (2014) como un método sistemático e interactivo que depende de un panel de expertos independientes, usando una serie de opiniones de expertos en comunicación anónima con retroalimentación; es una herramienta flexible para enriquecer consensos, en la cual los juicios son resumidos y enviados de nuevo con el fin de refinar el problema en un amplio rango de campos.

Este concepto deja entrever las principales características que se deben cumplir para el desarrollo del método y que son reconocidos por Rowe y Wright, (1999) como el anonimato de los participantes y de sus respuestas, iteración y retroalimentación controlada por parte del grupo coordinador, el empleo de técnicas estadísticas para analizar las respuestas y la heterogeneidad de los participantes. La necesidad de implementar este método para la selección y validación de un sistema de indicadores para evaluar la incidencia de las actividades económicas en ecosistemas de montañas es provocada por el amplio marco conceptual, con carácter multidimensional y multi-sectorial, que ilustra y reconoce la complejidad en cuanto a la temática.

Por lo antes mencionado, para la validación del sistema de indicadores para evaluar la incidencia de las actividades económicas en ecosistemas de montañas, se aplica el método Delphi. Para ello, inicialmente se selecciona el grupo de expertos, la selección la realiza el grupo coordinador, teniendo en cuenta los criterios de investigadores como Landeta (1999), que señala como necesario un mínimo de siete expertos, pero no más de 30. Okoli y Pawlowski (2004), sostienen que la literatura recomienda entre 10 y 18, y al respecto, Yáñez y Cuadra (2008), opinan que este rango en el número de expertos es razonable.

Entre los candidatos se contó con especialistas y científicos con dominio del tema, representantes de instituciones de diferentes sectores productivos, dígame, trabajadores de la delegación provincial del CITMA, la Delegación Provincial de Ordenamiento Territorial y Urbanismo, la Empresa Procesadora de Café Eladio Machín, la Delegación Territorial del Ministerio de la Agricultura en la provincia, encargados todos de la protección de los recursos naturales.

Para conseguir el objetivo de la investigación, en concordancia con lo que plantea el método Delphi en sus postulados teóricos, se conformaron dos grupos encargados de validar el sistema de indicadores diseñado, en este caso el grupo coordinador y el grupo de expertos.

1. Conformación del grupo de expertos

Serán seleccionados los expertos que muestren un mayor coeficiente de competencia según su propia autoevaluación. Se organizarán sesiones de trabajo donde el equipo podrá brindar elementos importantes para la construcción de cada una de las etapas que se definan como parte del procedimiento. Se pueden efectuar talleres, seminarios, o simplemente tormentas de ideas hasta completar el estudio. Todos tendrán la posibilidad de ofrecer su criterio de forma flexible y abierta.

Para seleccionar el equipo que formará parte de la investigación, se utilizará el método de selección de expertos que el investigador considere más apropiado para el estudio. En la selección del grupo de expertos el primer paso fue fijar como criterio fundamental de selección la competencia de los candidatos en el área de las investigaciones y el postgrado, sobre la base de su currículo personal. Se identificaron 32 posibles candidatos y se

descartó la mitad por falta de disposición a participar. Del total inicial quedaron 16 expertos, para determinar el coeficiente de competencia en el tema de investigación.

Posteriormente, el grupo coordinador seleccionó los posibles candidatos en función de dos dimensiones: cualitativa, atendiendo al dominio y experiencia en el tema, la posición, responsabilidad, voluntad y compromiso de participar en todas las rondas y cuantitativa, donde se define el tamaño de la muestra, en función de los recursos medios y tiempo disponible. El coeficiente de competencia promedio del grupo es de 0.84, lo que implica un grado alto e incluyen a todos los candidatos con un coeficiente medio de competencia. (Ver tabla 1)

La expresión para analizar la inclusión de expertos que clasifican coeficiente medio de competencia es:

$$K \text{ promedio} = K_i/n$$

$$K \text{ promedio} = 12.61/15 = 0.84$$

$0.8 < 0.81d \ll 1$. Implica K promedio alto. (Ver tabla 2)

El desarrollo del método Delphi transitó por varios momentos hasta obtener la selección de indicadores definitiva. Para ello se basó en los referentes teóricos proporcionados por Crespo, (2007). En la fase preliminar se conformaron dos grupos de trabajo para validar los indicadores diseñados: el grupo coordinador y el grupo de expertos.

Tabla 1. Resultados del procesamiento para la determinación del coeficiente de competencia de los expertos.

Expertos	Kc	Ka	K	Clasificación
E1	0.80	0.91	0.86	Alto
E2	0.80	0.90	0.85	Alto
E3	0.80	0.89	0.85	Alto
E4	0.90	0.90	0.90	Alto
E5	0.80	0.70	0.75	Medio
E6	0.90	0.72	0.81	Alto
E7	0.70	0.93	0.82	Alto
E8	0.90	0.71	0.81	Alto
E9	0.90	0.82	0.86	Alto
E10	0.80	0.80	0.80	Alto
E11	0.80	0.72	0.76	Medio
E12	0.90	0.83	0.87	Alto
E13	0.90	0.92	0.91	Alto
E14	0.80	0.91	0.86	Alto
E15	0.90	0.95	0.93	Alto

Leyenda	
E_n:	Experto n - ésimos
Kc:	Coefficiente de conocimiento (resultado del producto de la autovaloración del experto en una escala de 0 a 10 multiplicado por 0,1).
Ka:	Coefficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto (resultado de la suma de los puntos alcanzados a partir de la asociación que se establece entre el grado de influencia seleccionado por el experto en cada fuente y la puntuación que le corresponde en la tabla 2 de los patrones preestablecidos).
K:	Coefficiente de competencia $K = (Kc + Ka) / 2$ Si $0,8 \leq K \leq 1,0$ entonces K es alta; E_n : tiene competencia alta Si $0,7 \leq K \leq 0,8$ entonces K es media; E_n : tiene competencia media Si $0,5 \leq K \leq 0,7$ entonces K es baja; E_n : tiene competencia baja

Tabla 2. Patrones preestablecidos para cada grado de influencia en cada fuente de argumentación.

Fuentes de argumentación	Grado de influencia		
	Alto	Medio	Bajo
Investigaciones teóricas	0.5	0.5	0.3
Experiencia práctica acumulada	0.2	0.1	0.05
Análisis de la literatura nacional	0.1	0.07	0.06
Análisis de la literatura extranjera	0.1	0.05	0.03
Conocimiento del estado actual de la problemática en el país y en el extranjero	0.05	0.04	0.03
Intuición	0.05	0.04	0.03
Total	1	0.8	0.5

Fuente: Cabero y Barroso, (2013).

Fuente: Elaboración propia

2. Validación del sistema de indicadores por el método Delphi

El objetivo de esta etapa es validar una propuesta de sistema de indicadores con mayor excelencia. Se toman en consideración los problemas identificados en la Estrategia Ambiental Nacional (2016-2020).

Para la validación del sistema de indicadores, se considerará el método Delphi, inicialmente se debe definir el tema, problemática o contexto a abordar y el tiempo de aplicación del método. El tema tratado en el estudio es la propuesta de indicadores ambientales para diagnosticar la situación ambiental en ecosistemas de montaña.

Siguiendo los criterios de un grupo de autores que han aplicado el método Delphi en sus investigaciones (Oñate, Ramos y Díaz, 1998; Cruz, 2006; López, 2008; Blasco y López, 2010), se estableció la secuencia metodológica a seguir, compuesta de tres fases fundamentales: preliminar, exploratoria y final.

En esta etapa se presenta el listado de los indicadores más importantes, que fueron seleccionados por la comisión de expertos, divididos según el problema ambiental al que responden, luego se procede a validarlo a partir de método Delphi, lo cual le dio un carácter participativo al proceso, teniendo en cuenta que estos indicadores son aplicables al desarrollo local.

Se establece un rango en la encuesta, con valores entre 1 y 5, una vez logrado el acuerdo entre los expertos, la autora propone para su investigación considerar como indicadores más significativos el (1) muy significativo, (2) bastante significativo que constituyen la base de análisis posteriores.

Al terminar el proceso detallado anteriormente, se contará con un listado de los indicadores ambientales más característicos, que constituyen la base para la validación del sistema de indicadores, con la intención de evaluar la incidencia de las actividades económicas sobre el medio natural.

El listado inicial de indicadores contemplaba 36 para evaluar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de los ecosistemas de montaña, los cuales se sometieron al juicio de los expertos en una primera ronda enviada por correo electrónico, con el objetivo de valorar cualitativamente la relevancia, importancia

y factibilidad del indicador en una escala de estimación de cuatro puntos, donde uno equivale a alto, dos a medio, tres a bajo y cuatro a ninguna.

Esta fase se desarrollan tres rondas de consulta para la validación del sistema de indicadores obtenido como resultado del análisis realizado. Una vez modificado o ratificado el sistema de indicadores a partir de las consideraciones obtenidas como resultado de la primera ronda, se somete a una segunda ronda de consulta al grupo de expertos, cuyos resultados de las valoraciones realizadas se procesarán mediante análisis estadístico.

El envío y la recepción del cuestionario se realizó por correo electrónico en archivo adjunto, el cual estaba conformado por una primera página con una breve introducción al tema de investigación, la explicación clara del objetivo de la investigación, el método que se utiliza, la fase en que se encontraba el proceso de investigación, las instrucciones para cumplimentar el cuestionario, seguido del correspondiente instrumento para la validación. Este último consta de una escala de respuesta tipo Likert con 5 categorías, además de una pregunta abierta para recoger las valoraciones cualitativas de cada experto acerca de los ítems planteados o la introducción de alguno nuevo. El plazo máximo dado para responder fue de 20 días. Se le asignó un número a cada experto para garantizar el anonimato.

En otra sección del cuestionario, se les solicitó opiniones respecto a:

- Valoración de la selección de los componentes.
- Sugerencia de eliminación de conjuntos de variables que agrupan los indicadores o algún indicador en particular.
- Incorporación de algún indicador dentro de los componentes definidos.

En el caso de las preguntas abiertas que posibilitan la incorporación de otros criterios, se aplicó el cálculo de frecuencia relativa, para su análisis. Después de modificar la propuesta, teniendo en cuenta las aportaciones de los expertos, se redujo el listado a un total de 30 indicadores. El levantamiento de las evaluaciones realizadas en la segunda ronda permitió obviar el procesamiento de los resultados en cuanto al criterio de relevancia, donde el juicio de los expertos fue homogéneo, otorgándoles la categoría de alta y media a la propuesta de indicadores. En cuanto a la importancia y factibilidad, se obtuvo una categoría alta de 87.5 % y 74.3 %, respectivamente, comprobándose el consenso en las respuestas de los expertos por lo que no fue necesario someterlos a una tercera ronda.

La tercera ronda de consulta para la validación por parte del grupo de expertos, consistió en opinar sobre el sistema de indicadores con las sugerencias de los expertos participantes. Se presentaron los resultados estadísticos de la segunda ronda tabulados y el cuestionario modificado teniendo en cuenta las propuestas realizadas por ellos. Al repetir el mismo análisis estadístico utilizado de

la segunda ronda, así como los resultados cualitativos en respuesta a la pregunta abierta, se mantuvo la estabilidad de los criterios en el 100% de los expertos consultados, que valoraron los 10 problemas ambientales y los 30 indicadores como muy adecuados. Se consideró que la estructura del sistema de indicadores para evaluar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de los ecosistemas de montaña, en la forma que están estructurados, son consistentes para la investigación.

En la última fase se solicita la valoración por parte de los expertos en cuanto a relevancia, pertinencia y coherencia del sistema de indicadores para evaluar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de los ecosistemas de montaña. Se sintetizan también los resultados de todo el proceso de validación mediante consulta interactiva a los expertos en la propuesta definitiva de los indicadores para su posterior aplicación en el proceso de investigación. En la fase final, una vez que los expertos han presentado su conformidad en relación con la propuesta de sistema de indicadores, se concluyó que es válida desde el método Delphi.

Una vez que los expertos han llegado a un consenso en relación con la validez del sistema de indicadores para diagnosticar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de los ecosistemas de montaña, a partir de su consulta interactiva aplicando el método Delphi, el grupo coordinador de la investigación estableció la estructura definitiva del mismo. Tabla 3.

Tabla 3. Indicadores para diagnosticar la incidencia de las actividades económicas en la situación ambiental de los ecosistemas de montaña.

Problemas	Indicadores ambientales
Cambio climático	1. Emisiones de gases de efecto invernadero.
	2. Emisiones de CO ₂ .
Contaminación atmosférica	3. Incremento del parque industrial y automotriz.
	4. Emisiones de metales pesados.
	5. Emisiones de compuestos orgánicos volátiles.
Contaminación de agua	6. Escasez de los recursos hídricos.
	7. Descarga de agua residual proveniente de los hogares.
	8. Vertido de sustancias tóxicas en el agua proveniente del sector industrial.
Biodiversidad y paisaje	9. Alteración del hábitat y conservación de tierras desde estado natural.
	10. Producción de maderas.
	11. Consumo de leña.
	12. Tráfico y comercialización ilegal de especies endémicas.
Residuos	13. Generación de residuos industriales y radioactivos peligrosos.

Eutrofización	14. Consumo de pesticidas.
	15. Emisiones de N y P en agua y suelos.
	16. Uso de N y P en alimentos de cultivos acuáticos.
	17. Uso de N y P en agricultura y Ganadería.
Acidificación del agua y de los suelos	18. Índice de sustancias acidificantes.
	19. Emisiones de SOx y NOx.
Calidad ambiental urbana	20. Tasa de crecimiento de población urbana.
	21. Emisiones en el aire urbano (SOx, NOx, COV).
	22. Grado de urbanización.
	23. Niveles de ruido.
Degradación de la tierra y del suelo (desertificación y erosión)	24. Riesgos de erosión.
	25. Uso actual del suelo para la agricultura.
	26. Capacidad de carga (cabezas de ganado por superficie).
Forestal	27. Patrimonio Forestal.
	28. Intensidad del aprovechamiento forestal.
	29. Presencia de incendios
	30. Cambio en la superficie de bosques

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

- Con la finalidad de contribuir a la protección del medio ambiente, se pudieron estudiar conceptos, metodologías, herramientas, procedimientos resultantes de investigaciones de todo el mundo.
- Se valida un sistema de indicadores para evaluar la incidencia de las actividades económicas en ecosistemas de montaña.

Referencias bibliográficas

- Cabrera, E. (2019). *Análisis de Los Tres Sectores Productivos*. <http://es.scribd.com>
- Cepero Dávila, D. (2018). "Auditoria de Desempeño al Sistema de Gestión Ambiental en la Unidad Empresarial de Base Central Azucarero "Antonio Sánchez"" (Trabajo de diploma). Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos.
- Cruz Ramírez, M. (2009). *El método Delphi en las investigaciones educativas*. Editorial Academia.
- Cuba, Asamblea Provincial del Poder Popular. (2019). *Plan Especial de Montaña, Cienfuegos*. APPP
- Cuba, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (1997) *Ley de Medio Ambiente*. CITMA.

Cuba, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2016). *Estrategia Ambiental Nacional 2016/2020*. CITMA <https://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2727/1/Estrategia%20Ambiental%20Nacional%202016-2020.pdf>

Díaz Gispert, L. I. (2011). *Evaluación del desarrollo sostenible para los ecosistemas de montañas* (Tesis doctoral). Universidad de La Habana.

González Molina, P. (2019). *Impactos ambientales en las actividades humanas*. Tutor Formación.

Huanca Belito, R., & Salazar Taipe, S. (2018). *Actividades económicas y el desarrollo cultural del Centro Poblado Pantachi Sur del distrito de Yauli-Huancavelica* (Tesis de Grado). Universidad Nacional de Huancavelica. <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ce7cebd3-e450-4d3d-bf32-0d9241a1d989/content>

Laguna Sánchez, C. C., Sánchez Arencibia, A., & Laguna Cruz, J. (2019). "Los costos medioambientales en la gestión de la sostenibilidad de los recursos naturales de las empresas que realizan inversiones constructivas". *Revista de Investigación Latinoamericana en Competitividad Organizacional (RILCO)*. 1 (4). <http://www.eumed.net/rev/rilco/04/costos-ambientales.html>

Luo, et al., (2017). Indicators for environmental dispersion in a two-layer wetland flow with effect of wind. *Ecological Indicators* 78, 421-436. <http://10.1016/j.ecoind.2017.03.027>

Molina Murillo, S. A. (2020). "Calidad Ambiental en Costa Rica: Análisis y perspectiva desde la UNA" *Ambiéntico: Revista trimestral sobre la actualidad Ambiental*. 274, 2-79. <http://www.ambientico.una.ac.cr>

Muñoz, A., & Páramo, P. (2018). "Monitoreo de los procesos de educación ambiental: Propuesta de estructuración de un sistema de indicadores de educación ambiental". *Revista Colombiana de Educación*. 74, 81-106. <http://biblat.unam.mx>

Muñoz Chalen, A. I., & Menéndez Chávez, J. A. (2020). "Manejo de las calderas industriales y su impacto en el medio ambiente en la de Guayaquil" (Opción de titulación: Artículos profesionales de alto nivel). Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19836>

Muralikrishna, I. V., & Manickam, V. (2017). *Sustainable Development*. Elsevier Science.

Orgaz Agüera, F. (2018). "Reflexiones en torno al concepto, clasificación e importancia de los recursos de los recursos naturales y biodiversidad". *Revista DE-LOS Desarrollo Local Sostenible*. <https://www.eumed.net/rev/delos/32/francisco-orgaz.htm/hdl.handle.net/20.500.11763/delos32francisco-orgaz>

- Peñate Marrero, R. (2017). "Los problemas ambientales en la CTE Carlos Manuel de Céspedes de Cienfuegos;" Universidad Central «Marta Abreu» de las Las Villas. Departamento de Sociología. Villa Clara <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/123456789/8158>
- Pereiras García, E. (2014). *Procedimiento para la evaluación del desempeño ambiental como instrumento para la toma de decisiones* (Tesis de maestría) Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. <http://dspace.uclv.edu.cu:8089/handle/123456789/7638>
- Perevochtchikova, M. (2013). La evaluación del impacto ambiental y la importancia de los indicadores ambientales. *Gestión y política pública*, 22(2). https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792013000200001
- Rico Gaviria, S. (2020). "Automatización y optimización del modelo de indicadores de gestión ambiental para la compañía Invesa S.A" (Tesis de grado). Universidad de Antioquia. <http://hdl.handle.net/10495/15961>
- Rodríguez García, A. (2019). La protección del medioambiente en Cuba, una prioridad gubernamental. *Revista Novedades en Población*, 15(30). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-40782019000200113#:~:text=La%20protecci%C3%B3n%20del%20medioambiente%20en%20Cuba%20constituye%20una%20prioridad%20del,el%20territorio%20y%20el%20medioambiente.
- Sánchez Torres, A. M., & Acosta González, V. A. (2019). *Proyecto ambiental universitario (PRAU)—Por una educación consciente entorno al desarrollo sostenible: Enfocado desde y para el centro de atención universitario CAU Chiquinquirá (Boyacá) Universidad Santo Tomás*. <http://hdl.handle.net/11634/15364>
- Toledo, J. M. (2017). Diseño de indicadores ambientales para la gestión sostenible de los recursos del macizo montañoso Guaniguanico. *Avances*, 19(4). <http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/300>

Conflicto de intereses

Los autores se responsabilizan con el contenido del artículo y declaran no tener asociación personal o comercial que pueda generar conflicto de intereses en relación con este. Además, certifican que todos los documentos presentados son libres de derecho de autor o con derechos declarados y, por lo tanto, asumen cualquier litigio o reclamación relacionada con derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la revista Agroecosistemas.

Contribución autoral

16

Las prácticas circulares en la gestión de recursos para el desarrollo local sostenible. Consideraciones teóricas

Circular practices in resource management for sustainable local development. Theoretical considerations

Yenisey Álvarez Rodríguez ¹

E-mail: jeni@estc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-7936-3098>

Elia N. Cabrera Álvarez ¹

E-mail: elita@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7661-5894>

Milagros de la C. Mata Varela¹

E-mail: mmata@ucf.edu.cu

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

Ayaney Stuart Morales¹

E-mail: ayaneystuart@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-2084-8685>

Roque Soriano Echevarría²

E-mail: roque@estc.cu

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1192-8387>

¹Universidad de Cienfuegos. Cienfuegos. Cuba.

²Empresa de Servicio a Trabajadores Cienfuegos, Cuba.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Álvarez Rodríguez, Y., Cabrera Álvarez, E. N., Mata Varela, M. C., Stuart Morales, A. y Soriano Echevarría, R. (2024). Las prácticas circulares en la gestión de recursos para el desarrollo local sostenible. Consideraciones teóricas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 132-138. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>

RESUMEN

La Economía Circular (EC) se presenta como una alternativa innovadora y eficaz para el desarrollo local sostenible al promover la optimización de recursos, el cierre de ciclos productivos y la gestión responsable de residuos. De ahí la importancia para una unidad agropecuaria debido a sus amplias implicaciones en términos de sostenibilidad, eficiencia y resiliencia. El estudio que se presenta expone bajo un enfoque descriptivo, las generalidades del modelo de EC, como alternativa para el desarrollo local desde el aprovechamiento de residuales. Dicho estudio se centra en el necesario vínculo entre la EC, las inversiones y la gestión de proyectos de residuos. En este sentido se realizó una caracterización de la Unidad Estatal de Base (UEB) Agropecuaria de la Empresa de Servicios a Trabajadores de Cienfuegos. Los argumentos sustentan a la EC como punto de partida de las prácticas circulares para promover la gestión sostenible de residuos y generar un impulso para las inversiones en proyectos que favorecen la transición hacia la gestión sostenible y consiente de los recursos y la minimización de residuos en sistemas cerrados. Se caracterizó el modelo de EC para el aprovechamiento de residuales, en la UEB Agropecuaria, Empresa de Servicios a Trabajadores de Cienfuegos.

Palabras clave:

Economía circular, Desarrollo local sostenible, Gestión de residuos.

ABSTRACT

The Circular Economy (CE) is presented as an innovative and effective alternative for sustainable local development by promoting the optimization of resources, the closure of production cycles and the responsible management of waste. Hence the importance for an agricultural unit due to its broad implications in terms of sustainability, efficiency and resilience. The study presented presents, under a descriptive approach, the generalities of the CE model, as an alternative for local development from the use of residuals. This study focuses on the necessary link between CE, investments and waste project management. In this sense, a characterization of the Agricultural State Base Unit (UEB) of the Cienfuegos Workers Services Company was carried out. The arguments They support CE as a starting point for circular practices to promote sustainable waste management and generate momentum for investments in projects that favor the transition towards sustainable and conscious management of resources and waste minimization in closed systems. The CE model for the use of residuals was characterized in the UEB Agropecuaria, Workers Services Company of Cienfuegos.

Keywords:

Circular economy, Sustainable local development, Waste management.

INTRODUCCION

El desarrollo local en Cuba constituye una política pública de importancia estratégica dentro del Modelo económico y social cubano de desarrollo socialista. Las políticas de desarrollo local consideran al territorio como un conjunto de relaciones, donde los actores juegan un papel decisivo en la formación y consolidación de los procesos de desarrollo. En este sentido, dicho modelo concentra un grupo de transformaciones estructurales y funcionales desde la economía cubana y hacia el interior del país. (PCC, 2021).

Promover el desarrollo local desde el municipio, requiere acciones de transformación del territorio hacia una estrategia de desarrollo que armonice recursos endógenos y exógenos para generar efectos multiplicadores desde el punto de vista de la creación de nuevas actividades y empresas (Alburquerque, 1999). Estos cambios estructurales posibilitan la incorporación de conocimiento para el crecimiento económico y la inclusión social en armonía con el medio ambiente.

El cuidado del medio ambiente, los niveles de consumo y la capacidad de carga del planeta están intrínsecamente interconectados. A medida que la población mundial crece y el consumo de recursos naturales y energía aumenta, la presión sobre el medio ambiente y la capacidad de la Tierra para regenerar sus recursos se vuelve cada vez más evidente.

La EC surge como una estrategia para cambiar de un modelo lineal a uno circular, con la intención de cerrar ciclos y que la mayoría de los residuos vuelvan a la etapa de producción. Uno de los instrumentos para avanzar en la economía circular son las leyes de responsabilidad extendida del productor, donde los fabricantes recolectan sus productos al final de la vida útil, luego de una apropiada gestión (Van Hoof, Núñez y De Miguel, 2022).

América Latina y el Caribe, tiene experiencias en la aplicación de estas leyes específicas en países como Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Costa Rica, Ecuador y Honduras. Otros países han implementado este principio dentro de políticas relacionadas con la gestión general de residuos.

En los países del Caribe, es necesario fortalecer las políticas para mejorar la gestión de residuos y revertir parte de la degradación ambiental (Van Hoof, Núñez y De Miguel, 2022).

El desarrollo industrial ha dado lugar al aumento de áreas urbanas lo que conlleva a mayores retos para la gestión de residuos sólidos y aguas residuales. Esta situación demanda la urgente transición hacia un modelo económico más sostenible con enfoque multidimensional.

Cuba, no es está exenta de esta peculiaridad, y para su implementación requiere entre otras, la articulación multi actoral y para ello un papel clave lo juega el municipio, reconocido así en el sistema socio político del país, según define la Constitución de la República aprobada en el año 2019.

Cuando se evalúan proyectos de residuos desde el enfoque de la economía circular, varios aspectos son esenciales para garantizar que se promueva de manera efectiva la sostenibilidad y se maximicen los beneficios económicos, ambientales y sociales. Algunos de los aspectos fundamentales en la evaluación de proyectos de residuos desde la EC se centran en el Análisis del Ciclo de Vida, la valorización de residuos, las consideraciones económicas esenciales para evaluar la viabilidad económica de los proyectos de residuos, la innovación y la tecnología, así como los aspectos regulatorios y políticos. De aquí se deduce la necesidad de integrar desde la teoría estos aspectos como bases para el accionar desde la práctica.

Es propósito de este estudio, caracterizar las generalidades del modelo de EC, como alternativa para el desarrollo local desde el aprovechamiento de residuales.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio descriptivo con diseño no experimental, para especificar las características fundamentales de la Economía Circular, (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014), sustentado en los métodos de nivel teórico Histórico-lógico, de utilidad para analizar los avances teóricos en los estudios de residuales hasta llegar a la Economía Circular, el Analítico-sintético para analizar las referencias bibliográficas referentes al tema, sintetizándolas en aspectos esenciales a tener en cuenta para establecer las bases teóricas sobre el análisis de residuos y su gestión mediante proyectos y el Inductivo-deductivo, necesario para establecer relaciones de lo particular a lo general.

El estudio está organizado en epígrafes que describen aspectos teóricos integrados para establecer las generalidades teóricas necesarias, las que fueron sistematizadas para realizar la caracterización del modelo de EC para el aprovechamiento de residuales, en la UEB Agropecuaria de la Empresa de Servicios a Trabajadores de Cienfuegos.

RESULTADOS

La articulación entre la economía, la sociedad y el medio ambiente desde las metas de la Agenda 2030 para el desarrollo local sostenible.

En la Política para impulsar el desarrollo territorial (Decreto 33/2021), que define al desarrollo local de manera precisa e integral como:

“(…) un proceso esencialmente endógeno, participativo, innovador y de articulación de intereses entre actores, territorios y escalas (municipal, provincial y sectorial/nacional). Se sustenta en el liderazgo de los gobiernos municipales y provinciales para la gestión de sus estrategias de desarrollo dirigidas, desde la gestión del conocimiento y la innovación, al fomento de proyectos que generen transformaciones económico-productivas, socioculturales, ambientales e institucionales, con el objetivo de elevar la calidad de vida de la población”. (MEP, 2020, p. 3).

Al decir de Mateo (2003), el Desarrollo Local Sostenible “(...) *debe renunciar a: la creencia de un crecimiento económico exponencial ilimitado; el ritmo creciente de la degradación ambiental; la fe indiscriminada en el progreso a través de la ciencia y de la tecnología; mantener los altos niveles de consumo*”. Sobre sus objetivos enfatiza en el fortalecimiento del papel social y del poder político y económico de la comunidad, la restauración del tejido social activo, la mejoría de la calidad de vida de la población local, la creación de condiciones para la construcción de comunidades sustentables, con realce de la identidad cultural y ambiental del espacio local. Además de estos aspectos, considera de vital importancia el crecimiento de la producción y la transformación del sistema productivo local para mejorar los niveles de empleo de la población y su bienestar.

Dichas reflexiones se asientan en el aseguramiento de los equilibrios ambientales, sociales y económicos de conjunto con el fortalecimiento del papel social y el poder político y económico de la comunidad. Este enfoque equilibrado en las dimensiones económica, social y ambiental se desagrega en la Agenda 2030, través de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible, abordando desafíos interrelacionados que deben ser abordados de manera integral. El logro de un desarrollo sostenible requiere un enfoque holístico que abarque tanto las dimensiones económica, social y ambiental, reconociendo las complejas interconexiones entre estas áreas y la institucionalidad para ponerlas en práctica, (figura 1).

Fig. 1. Articulación de los ODS



Fuente: https://www.researchgate.net/figure/The-SDG-Wedding-cake-shows-the-biosphere-as-the-foundation-of-economies-and-societies_fig1_349110621

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son un llamado mundial a la acción para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad para 2030. Estos objetivos abordan tres dimensiones interconectadas y complementarias del desarrollo sostenible: la dimensión económica, social y ambiental.

En la dimensión económica buscan promover el crecimiento inclusivo y sostenible, así como el empleo pleno y productivo para todos. Esto incluye actividades como la erradicación de la pobreza (ODS 1), que pretende asegurar que las personas tengan los recursos necesarios para satisfacer sus necesidades básicas y participar plenamente en la economía. El trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8), promueve la creación de empleo digno, el emprendimiento y el crecimiento económico inclusivo, mientras el tratamiento a la industria, la innovación e infraestructura (ODS 9), plantea el fomento de la industrialización sostenible, la innovación y la expansión de infraestructuras resilientes, mientras un aspecto relevante en el tratamiento de las disparidades sociales y económicas entre los países, se aborda en el (ODS 10), reducción de las desigualdades.

La dimensión social se centra en el aseguramiento del bienestar para todos, así como la promoción de la educación y la igualdad de género. Esto incluye actividades para garantizar una vida saludable y promover el bienestar para todas las edades (ODS 3): Buena salud y bienestar, la Educación de calidad (ODS 4) para garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos y el (ODS 5), que trata sobre la igualdad de géneros y el empoderar a todas las mujeres y niñas.

En la dimensión ambiental, los ODS buscan preservar el equilibrio ecológico y mitigar el cambio climático, así como la gestión sostenible de los recursos naturales. Entre otras se incluyen actividades enfocadas a la energía asequible y no contaminante (ODS 7), para garantizar el acceso a fuentes de energía asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos, la acción por el clima (ODS 13), que propone medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos y la vida de ecosistemas terrestres y acuáticos (ODS 15) para proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y acuáticos.

Es importante destacar que estas dimensiones no existen de forma aislada, sino que están intrínsecamente conectadas. Un progreso incuestionable en cualquier dimensión depende del progreso en las demás.

El cuidado del medio ambiente implica la protección y preservación de los sistemas ecológicos que sostienen la vida en la Tierra, así como la gestión responsable de los recursos naturales. Los niveles de consumo están estrechamente ligados a cómo utilizamos los recursos naturales para satisfacer nuestras necesidades humanas, desde alimentos y agua hasta energía, materiales y bienes de consumo. En este sentido, la capacidad de carga del planeta hace referencia a la capacidad de los ecosistemas para absorber los impactos humanos y regenerar recursos de manera sostenible.

Para desarrollar estrategias de sostenibilidad a nivel global, que aborden los desafíos de la explotación insostenible de recursos, el agotamiento de la biodiversidad y

los impactos del cambio climático es necesario promover pautas de consumo responsables, invertir en tecnologías sostenibles, fomentar la economía circular y adoptar prácticas de gestión ambiental son algunas de las estrategias que buscan equilibrar las necesidades humanas con la capacidad regenerativa de la Tierra.

La Economía Circular. Algunas particularidades en procesos agropecuarios, para inversiones y la gestión de proyectos de residuos.

La Economía Circular se presenta como alternativa innovadora y eficaz para el desarrollo local sostenible al promover la optimización de recursos, el cierre de ciclos productivos y la gestión responsable de residuos. Este enfoque se centra en la transformación de los sistemas productivos y la gestión de residuos para minimizar la generación de desechos, reducir la extracción de materias primas y fomentar la reutilización, el reciclaje y la valorización de subproductos.

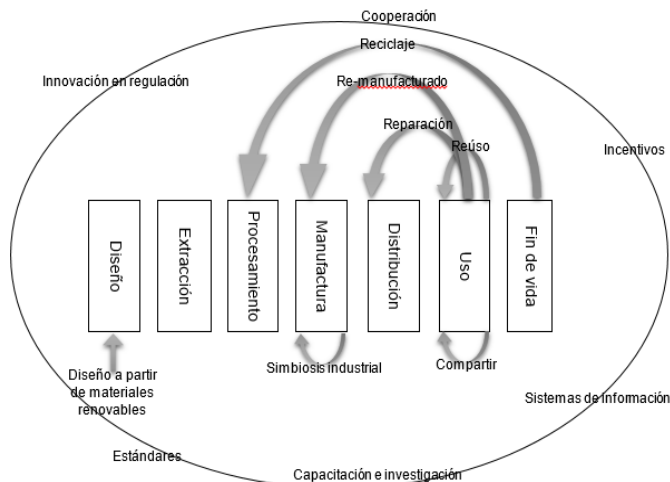
La EC como modelo de desarrollo no cuenta con un marco teórico unificado. Su sustento proviene de diversas interpretaciones de propósitos del desarrollo resaltando contribuciones a la sociedad. Citando al Panel Internacional de Recursos (2020), la CEPAL destaca la circularidad como un modelo que permite dissociar la actividad económica del uso de recursos y de la generación de desechos, al tiempo que promueve nuevos modelos de negocios y empleos (Van Hoof, Núñez y De Miguel, 2022).

Varios son los enfoques para definir a la EC, entre ellos es posible encontrar diversidad de categorías en la gestión de residuos, la perspectiva sistémica de la implementación a diversos niveles (micro, meso, macro), las cuatro erres (reducir, reutilizar, reciclar y recuperar) y las limitaciones de la economía circular a partir de la termodinámica y las dinámicas sociales.

En Van Hoof, Núñez y De Miguel, 2022, se destacan otros principios de la economía circular referentes al valor agregado de los recursos y energía según "(...) Ellen MacArthur, 2017: (i) eliminar residuos y contaminación desde el diseño, (ii) mantener productos y materiales en uso, y (iii) regenerar sistemas naturales". Al decir de estos autores, los principios priorizan la efectividad y la optimización en el uso de recursos.

Desde el enfoque de la cadena de valor, se presenta el modelo de economía circular a partir de modelos de innovación para mejorar el uso eficiente de recursos a partir de modelos tales como el reciclaje, el reuso, el rediseño y modelos de simbiosis entre empresas como el de compartir infraestructura o el intercambio de subproductos (figura 2).

Fig. 2. Modelo de Economía Circular con enfoque de cadena de valor.



Fuente: Van Hoof, Núñez y De Miguel, 2022.

Los diferentes eslabones de la cadena en el diagrama, representan el poder del círculo interno para maximizar el valor que se mantiene en cada producto, facilitando las transiciones hacia la economía circular. Se identifican también algunos mecanismos del entorno como la innovación en regulación, incentivos, otros de capacitación formación de capacidades desde la investigación, mecanismos de cooperación y sistemas de información.

En el contexto de las inversiones y la gestión de proyectos de residuos, la economía circular ofrece numerosas oportunidades y beneficios concretos. A los efectos del presente estudio se destacan los siguientes aspectos:

- El cierre de ciclos productivos: La EC se fundamenta en el cierre de ciclos productivos, lo que implica diseñar productos y procesos de producción que minimicen residuos y maximicen la reutilización y el reciclaje de materiales. Se destaca en este enfoque que no solo se reduce la presión sobre los recursos naturales, sino que también se promueve la eficiencia y la rentabilidad al transformar los desechos en recursos útiles dentro de la cadena productiva.
- La gestión Sostenible de Residuos: Dicha gestión se logra a través de la implementación de estrategias como la prevención, la reutilización, el reciclaje y la valorización de subproductos. Estas prácticas abren oportunidades para transformar los residuos en recursos, ya sea a través de la creación de nuevos productos, la generación de energía renovable o la producción de materias primas secundarias.
- El fomento de inversiones sostenibles: El enfoque de la sostenibilidad del desarrollo se imprime lógicamente a los procesos de EC. Al promover tecnologías y procesos, inevitablemente se atraen inversiones y modelos de negocio innovadores que contribuyen a la

gestión eficiente de los recursos y a la reducción del impacto ambiental. Las inversiones en infraestructuras para el reciclaje, la valorización de residuos y la producción sostenible se alinean con los principios de la economía circular y promueven la transición hacia un modelo de desarrollo más sostenible.

- La generación de empleo y oportunidades económicas: Uno de los aspectos esenciales del desarrollo local sostenible es la generación de empleos, en este contexto la EC facilita la promoción de sectores como el reciclaje, la remanufactura, la gestión de residuos y la innovación en procesos circulares. Esto no solo contribuye al impulso económico local, sino que también fortalece la resiliencia de la comunidad al diversificar sus fuentes de ingresos.

La economía circular, como alternativa para el desarrollo local sostenible, no solo aborda los desafíos asociados con la gestión de residuos y la escasez de recursos, sino que también presenta una visión renovada para un futuro más próspero, equitativo y ambientalmente consciente. Es un marco que equilibra las necesidades económicas con la protección del medio ambiente, generando beneficios económicos, sociales y ambientales significativos.

El fomento de la economía circular y la inversión en proyectos de gestión de residuos contribuye a la construcción de una comunidad más sostenible y resistente, sentando las bases para un desarrollo local que armoniza el progreso económico con la protección del entorno natural. En este propósito, se requiere implementar indicadores que midan la circularidad, políticas directas de EC y gestionar financiamientos para acciones circulares (Gamboa, Salinas, Vega y Salcedo, 2023).

- Generalidades de Modelos de Economía Circular en Procesos agropecuarios

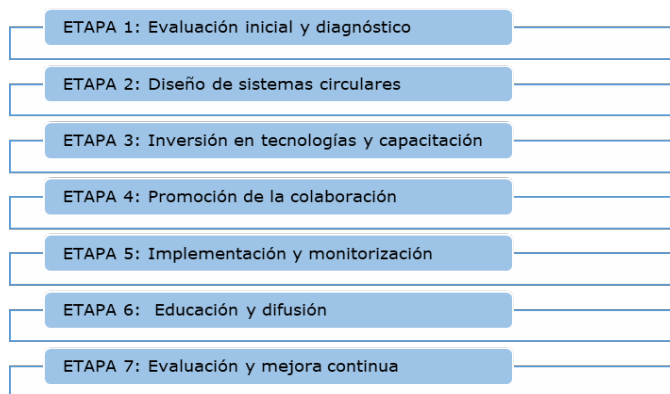
La implementación de modelos de economía circular en procesos agropecuarios implica un enfoque holístico centrado en el uso eficiente y sostenible de los recursos, la reducción de residuos y la optimización de los procesos productivos. De manera general para implementar un modelo de economía circular en el contexto agropecuario deben tenerse en cuenta los siguientes aspectos:

1. Diversificación de prácticas agrícolas: Es necesario implementar sistemas agroecológicos y prácticas sostenibles que minimicen el uso de agroquímicos, fomenten la biodiversidad y promuevan la salud del suelo
2. Gestión de residuos orgánicos: Tiene en cuenta el fomento de la recolección y valorización de desechos orgánicos a través del compostaje para la producción de abonos naturales.
3. Eficiencia energética: La adopción de fuentes de energía renovable y prácticas que minimicen el consumo energético en las operaciones agropecuarias.

4. Asociaciones entre los sectores industrial y agrícola: Fomentar la colaboración entre industrias y explotaciones agrícolas para establecer circuitos de intercambio y aprovechamiento mutuo de residuos y subproductos.

En particular para los procesos agropecuarios, la operacionalización de un modelo de EC puede sintetizarse en las siguientes siete etapas (figura 3):

Fig. 3. Procedimiento para planificar un modelo de EC.



Fuente: Elaborada por los autores.

En las tres primeras etapas parten de una evaluación integral de las prácticas actuales, el consumo de recursos, la generación de residuos, cuya gestión estratégica revisite gran potencial, por sus efectos positivos tanto a nivel social como económico, relacionado con las llamadas economías verdes (Da Costa, 2022), así como la gestión de la energía con el fin de identificar áreas de oportunidad. Posteriormente se diseñan sistemas basados en la circularidad para identificar oportunidades para la optimización de procesos, la reutilización de subproductos, el reciclaje de residuos y el aprovechamiento de recursos naturales. La inversión en tecnologías y capacitación tiene el propósito de adquirir las tecnologías necesarias para la valorización de residuos, la generación de energía renovable y la implementación de prácticas sostenibles, junto con la capacitación del personal en su uso.

Es necesario también la promoción de la colaboración, de manera que se impulsen asociaciones con otras actividades agrícolas, industrias y entidades locales para facilitar la simbiosis industrial y agrícola, así como la cooperación en la gestión de recursos y residuos. Por su parte la implementación y monitorización permite llevar a cabo la implementación gradual de las prácticas y tecnologías circulares, asegurando un monitoreo continuo del rendimiento y la eficacia de las medidas adoptadas.

La educación y difusión es una etapa muy importante que requiere convocatorias para informar y educar a los trabajadores y la comunidad sobre los beneficios de la economía circular, para lograr más participación y conciencia sobre la importancia de las prácticas sostenibles.

Por último, la evaluación y mejora continua es vital para conocer de manera sistemática, los resultados obtenidos, identificar áreas para la mejora y el refinamiento de estrategias, con el fin de fortalecer el modelo de EC.

La economía circular en procesos agropecuarios no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que contribuye a equilibrar el resto de las dimensiones del desarrollo sostenible a escala local y también puede mejorar la rentabilidad a largo plazo, la resiliencia y la calidad de los productos. La operacionalización de estos modelos implica un cambio de paradigma hacia la eficiencia y la armonía con el entorno natural.

- Modelo de EC para el aprovechamiento de residuales, en la UEB Agropecuaria de la Empresa de Servicios a Trabajadores de Cienfuegos.

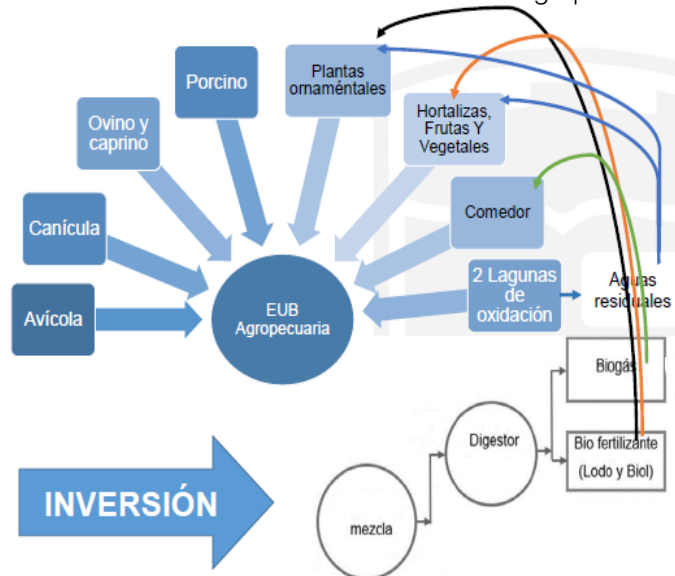
Breve caracterización de la UEB Agropecuaria.

La UEB Agropecuaria de la Empresa de Servicios a Trabajadores de Cienfuegos, es una empresa consolidada, que brinda servicios competitivos e inocuos a los trabajadores del Sector de la Construcción y a otros clientes autorizados, que satisfagan sus exigencias en cuanto a calidad y precio. Las producciones agropecuarias están dirigidas a respaldar producciones intermedias que se realizan en las mini industrias pertenecientes a la UEB de Aseguramiento y Logística. La UEB prioriza el aprovechamiento óptimo de las materias primas generadas desde la actividad agrícola y destinadas a producciones intermedias donde los residuales se emplean en alimento alternativo para consumo animal, lo que minimiza el impacto de la inestabilidad y déficit de pienso.

Se estableció un proceso productivo escalonado al incrementar la producción de yogur de yuca, pienso B Criollo, siendo la fuente de abastecimiento la yuca cultivada en la propia UEB, los desperdicios generados en las producciones intermedias, así como los generados en la panadería dulcería y los comedores, lo que permite el sostenimiento de la masa básica. Además, la preparación de abonos orgánicos a partir del estiércol generado en las diferentes áreas de crianzas animal permite mantener la vitalidad y desarrollo de los cultivos frutales, hortalizas vegetales.

La UEB Agropecuaria cuenta con una estrategia productiva dirigida a la actividad agropecuaria, sostenida a partir de la búsqueda de soluciones al déficit de alimento consumo animal y a la EC, donde estas producciones respaldan las producciones intermedias de embutidos masas cárnicas y conformados y derivados de la harina de trigo, y a su vez los residuales generados se destinan a alimentos alternativos. Los procesos productivos de la UEB y su tratamiento desde la EC se resumen en la figura 4.

Fig. 4. Síntesis del modelo de EC para el tratamiento de residuales en la UEB Agropecuaria.



Fuente. Elaborada por los autores

A partir de los procesos productivos de la UEB, y su contribución al desarrollo local sostenible, entre las investigaciones propuestas en dicha entidad se han identificado las siguientes:

- Estudios para la reutilización de las aguas residuales en riego a plantas ornamentales, pastos y forrajes.
- Construcción de un biodigestor.
- Estudio para la introducción de materias primas alternativas sustitutas a la harina de trigo que permitan la estabilidad en la producción de alimentos tales como embutidos conformados, repostería y panes.
- Estudios de factibilidad para el empleo de energías renovables en procesos claves como es las producciones agropecuaria y centro de elaboración de embutidos, en ambos procesos necesariamente se requiere de consumo constante de energía eléctrica aspecto que incide de forma negativa en el proceso, siendo la posibilidad de implementar en los mismos las energías renovables una solución a la problemática latente.
- A partir de proyectos de desarrollo gestionar una mini industria de frutas y vegetales.

Las diversas interpretaciones de la EC como modelo de desarrollo, se sustenta en interpretaciones de diversos propósitos para la innovación y el desarrollo local sostenible.

Conclusiones

Para el aseguramiento de los equilibrios ambientales, sociales y económicos de conjunto con el fortalecimiento del papel social y el poder político y económico de la

comunidad, las dimensiones del desarrollo sostenible en su articulación con los ODS de la Agenda 2030, contribuyen al crecimiento de la producción y la transformación del sistema productivo local para mejorar los niveles de empleo de la población y su bienestar.

El sustento teórico de la Economía Circular proviene de diversas interpretaciones centradas en el desarrollo y la transformación productiva enfocada al uso eficiente de los recursos a partir del reciclaje, el reúso, el rediseño y el intercambio de productos.

La economía circular, como alternativa para el desarrollo local sostenible, no solo aborda los desafíos asociados con la gestión de residuos y la escasez de recursos, sino que también presenta una visión renovada para un futuro más próspero, equitativo y ambientalmente consciente.

La economía circular en procesos agropecuarios no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental, sino que también puede mejorar la rentabilidad a largo plazo, la resiliencia y la calidad de los productos. La operacionalización de estos modelos implica un cambio de paradigma hacia la eficiencia y la armonía con el entorno natural.

Referencias bibliográficas

- Alburquerque, F. (1999). *Manual del Agente de Desarrollo Local*. Santiago de Chile: Ediciones SUR.
- Cuba. Ministerio de Economía y Planificación (MEP). (2020). *Política para impulsar el desarrollo territorial*.
- Da Costa, C.C. (2022). La Economía Circular como eje de desarrollo de los países latinoamericanos. *Revista Economía y Política*. 35(1), 1-11.
- Gamboa, J.A., Salinas, L.J., Vega, F.Y., y Salcedo, V.E. (2023). Modelo de Economía Circular en Ecuador: análisis descriptivo. *Pacha. Revista de Estudios Contemporáneos del Sur Global*. 4(10), 67-81.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación*. 6ª Edición. McGraw-Hill.
- Mateo, J. M. (2003). Los caminos para el cambio. La incorporación de la sustentabilidad ambiental al proceso de desarrollo. Convocado por la Academia de Ciencias de Cuba y la Editorial Científico – Técnica del Instituto Cubano del Libro.
- Partido Comunista de Cuba (PCC). (2021). *Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista*
- Van Hoof, B., Núñez, G., y de Miguel, C. (2022). *Metodología para la evaluación de avances en la economía circular en los sectores productivos de América Latina y el Caribe*. En: serie Desarrollo Productivo, N° 229 (LC/TS.2022/83), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

17

Enfrentamiento a los delitos contra los ecosistemas costeros: un enfoque desde el Manejo Integrado de Zonas Costeras

Confronting crimes against coastal ecosystems: an approach from Integrated Coastal Zone Management

Karina Mileydis Nerro Molina¹

E-mail: kmm92@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8686-674X>

María Elena Castellanos González²

E-mail: mcastellanos@ucf.edu.cu

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5140-6957>

¹Delegación Provincial del Ministerio del Interior. Cienfuegos. Cuba

²Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Cienfuegos. Cuba

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Nerro Molina, K. M., & Castellanos González, Ma. E. (2024). Enfrentamiento a los delitos contra los ecosistemas costeros: Un enfoque desde el Manejo Integrado de Zonas Costeras. Consideraciones teóricas. *Revista Científica Agroecosistemas*, 12(1), 139-149. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes>

RESUMEN

La relación hombre-naturaleza ha ocupado el interés de filósofos y científicos desde tiempos remotos hasta la actualidad, lo que ha posibilitado el aporte de concepciones que han mostrado, como denominador común, que el hombre utiliza lo que la naturaleza le propicia para satisfacer sus necesidades, pero ignora que "abusa" de ella y la destruye. En tal sentido, la presente investigación persigue como objetivo perfeccionar las acciones que en materia de enfrentamiento a los delitos que afectan los ecosistemas costeros como bien jurídico atacado se realizan en el contexto del territorio de Cienfuegos, al tomar en cuenta los aportes de la Criminología, las concepciones operativas y el enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras, en aras de elevar su efectividad contra sus ocurrencias. Se emplearon los métodos del nivel teórico: analítico-sintético, histórico-lógico y deductivo-inductivo; del empírico: análisis de documentos, observación participante y entrevistas a actores claves. Lo anterior permitió establecer un diagnóstico actualizado preliminar del enfrentamiento a los delitos contra los ecosistemas costeros en la provincia Cienfuegos, que arrojó irregularidades existentes en este proceso como las relacionadas con insuficiencias tales como: integración entre los organismos responsables de la zona costera, coherencia entre las estrategias nacionales, sectoriales y locales, preparación multidisciplinaria de los actores y conciencia de la población en el cuidado de los recursos costeros; por lo que se realizó una propuesta de acciones para modificar las irregularidades identificadas en función de contribuir a la conservación de estos ecosistemas mediante la contención delictiva.

Palabras clave:

Delito, Zona Costera, Ecosistemas Costeros, Enfrentamiento, Conservación.

ABSTRACT

The relationship between humans and nature has captured the interest of philosophers and scientists from ancient times to the present day. This has led to the development of concepts that consistently highlight a common denominator: humans utilize what nature provides to meet their needs, but often neglect the consequences of their actions, leading to its destruction. In this context, the current research aims to enhance efforts in combating crimes that impact coastal ecosystems as a legally protected interest within the territory of Cienfuegos. Drawing on insights from Criminology, operational concepts, and the Integrated Coastal Zone Management approach, the study seeks to improve effectiveness in addressing such occurrences. The research employed various methods: Theoretical level: analytical-synthetic, historical-logical, and deductive-inductive. Empirical level: document analysis, participant observation, and interviews with key stakeholders. This comprehensive approach allowed for a preliminary diagnosis of existing irregularities in the fight against crimes affecting coastal ecosystems in the Cienfuegos province. These irregularities include insufficient coordination among responsible agencies, lack of coherence between national, sectoral, and local strategies, inadequate multidisciplinary preparation of stakeholders, and insufficient public awareness regarding coastal resource conservation. As a result, a set of proposed actions was developed to address these identified irregularities and contribute to the preservation of these ecosystems through crime prevention.

Keywords:

Crime, Coastal Zone, Coastal Ecosystems, Confrontation, Conservation.

INTRODUCCION

Desde tiempos remotos y hasta la actualidad, filósofos y científicos han aportado diversas concepciones sobre el análisis de la relación hombre-naturaleza en vista del desarrollo económico-social y los aportes de la ciencia y la tecnología en los escenarios de participación social, en los que se evidencia un uso desmedido con una tendencia al incremento progresivo, lo que ha provocado un desequilibrio y pérdidas en la biodiversidad de los ecosistemas, principalmente para la zona costera. (Blanco, 2014)

De manera que, la emergencia de atender los problemas ambientales a nivel global y en particular para las zonas costeras, enfrenta desafíos en términos de seguridad y conservación, es necesario dinamizar una gestión funcional que permita impulsar una política nacional ambiental, que dé respuesta a la creciente expectativa para proteger los ecosistemas con incidencia en todas las causas que influyen en su deterioro y desaparición, (Ramírez, 2003) con vistas a salvaguardar de manera efectiva los recursos naturales, entre ellos los costeros, debido a su fragilidad y vulnerabilidad, al encontrar el equilibrio entre su uso y protección como expresión de la conservación, la cual constituye a su vez, la base del desarrollo sostenible. (Caride y Meira, 2001)

Es por ello que Cuba, en su plan de desarrollo, persigue que este se conciba de manera sostenible y sustentable, por lo que cuenta con todo un grupo de investigaciones que han fomentado la creación de los procedimientos en materia de conservación ambiental, entre ellas la introducción del enfoque de Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC), como la mejor alternativa para orientar el desarrollo sostenible en estos espacios. (Castellanos-González, et. al., 2019; Castellanos-González, et. al., 2020).

A partir de lo anterior, toma como referencia el Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático, "Tarea Vida", (CITMA, 2017) sustentado sobre una base científica multidisciplinaria, que da prioridad a 73 de los 168 municipios cubanos, 63 de ellos en zonas costeras y otros 10 en el interior del territorio. Contempla 5 acciones estratégicas y 11 tareas dirigidas a contrarrestar las afectaciones en las zonas vulnerables, las mismas fueron aprobadas el 25 de abril de 2017 por el Consejo de Ministros y constituyen una prioridad para la política ambientalista del país, es el Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), el encargado de implementar y controlar las tareas de este, sustentado, sin lugar a dudas, en los principios del MIZC. (Rodríguez, 2020)

En el cumplimiento de este Plan de Estado, se le confiere al Ministerio del Interior (MININT) la función de cumplir y hacer cumplir, determinadas tareas trazadas en el Plan, por ello, este Ministerio es considerado un actor clave dentro del accionar en la zona costera desde el enfoque de MIZC, dado el carácter intersectorial de este proceso, el cual requiere del aporte de todas las ciencias y en particular de la Criminología; ciencia imprescindible, en el cumplimiento de su encargo estatal: el enfrentamiento a

los delitos y conductas antisociales y preservación de la Seguridad del Estado; por tanto, se impone la siguiente pregunta: ¿cómo esta institución puede contribuir a la conservación de los recursos naturales costeros?

Para ello se realizó un análisis de los antecedentes investigativos existentes en la provincia de Cienfuegos, donde destaca el Trabajo de Grado Científico de Máster en Ciencias realizado en el 2019 y titulado "La prevención de las transgresiones de la ley para la conservación de los recursos naturales en función del Manejo Integrado de Zonas Costeras", por la autora Cap. Iraima Geroy Suárez, donde se integra la Criminología como ciencia al MIZC en función de la prevención de las transgresiones de la ley para la conservación de los recursos naturales.

Ello permitió apreciar que no es suficiente mencionar la actividad del MININT sólo desde el punto de vista preventivo, ya que también descubre y corta en el cumplimiento de sus funciones en cuanto al enfrentamiento a las transgresiones de la ley.

Además, se evaluaron los indicadores de efectividad del enfrentamiento a los delitos que afectan los recursos naturales costeros en medio de las exigencias actuales para su protección y conservación, contempladas, desde la Constitución de la República de Cuba, hasta el Código Penal Cubano, la Ley del Medio Ambiente y otras normas que responden al Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático ("Tarea Vida") y las directrices de trabajo del 8vo. Congreso del PCC, en medio de un incremento progresivo en la ocurrencia y una respuesta insuficiente, con una metodología deficiente que no permite adoptar en tiempo y forma las medidas de descubrimiento, prevención y corte del delito ante la elevada incidencia de personas que con ánimo de lucro, ejercen la pesca ilícita, caza furtiva, extracción de áridos y corales y otras actividades que atentan contra la biodiversidad en los ecosistemas costeros; condicionado principalmente por debilidades en el sistema de descubrimiento y el trabajo con este.

A lo anterior se suma la insuficiente preparación de los oficiales en temas de MIZC, la falta de prioridad y atención a estas manifestaciones delictivas por la incorrecta concepción de que no son relevantes en la situación operativa y la apertura al trabajo en el sector no estatal (artesanos y paladares-cafeterías) que utilizan la actividad publicitaria por los sitios de Internet y redes sociales para realzar la oferta y demanda de un mercado informal que amenaza el equilibrio medioambiental en un contexto social de carencias alimenticias y de servicios que lo favorecen.

Por lo que, la investigación persigue como objetivo perfeccionar las acciones que en materia de enfrentamiento a los delitos que afectan los ecosistemas costeros como bien jurídico atacado se realizan en el contexto del territorio de Cienfuegos, en aras de elevar su efectividad contra sus ocurrencias, lo que contribuirá a su conservación mediante la contención delictiva y por ende, del daño medioambiental por concepto de criminalidad.

Materiales y métodos

En la investigación, se asume la filosofía marxista leninista la cual se basa en el método dialéctico materialista y la concepción operativa del MININT, teniendo en cuenta para la fundamentación teórico-legal, la Criminología en función del MIZC y las consideraciones conceptuales acerca de delito, zona costera, ecosistemas costeros, enfrentamiento, conservación. Se utilizaron los métodos del nivel teórico: analítico-sintético, histórico-lógico y deductivo-inductivo, los cuales permitieron un pensamiento lógico en el estudio detallado de todas las bibliografías encontradas sobre el tema de investigación.

Desde el punto de vista práctico, se seleccionó el litoral costero de la provincia Cienfuegos como área de estudio para el análisis del estado actual del enfrentamiento a los delitos que afectan los ecosistemas de este territorio, a través del análisis de documentos, observación participante, y entrevistas, realizadas a actores claves como: jefes comprometidos en la labor de enfrentamiento del MININT, dígame de Tropas Guardafronteras (TGF), Cuerpo de Guardabosques (CGB), Órgano de la Técnica Investigativa (OTI) y Policía Nacional Revolucionaria (PNR), así como directivos del CITMA, de la Oficina Nacional de Inspección Estatal (ONIE) y del Instituto Nacional de Ordenamiento Territorial y Urbano (INOTU), lo cual permitió diagnosticar la realidad estudiada.

Resultados y discusión

El MININT, en el cumplimiento de sus funciones y su encargo estatal, se nutre de la base legal vigente y la aplicación de metodologías de enfrentamiento que pueden impactar o no con efectividad ante determinadas transgresiones, así como de la ciencia de la Criminología, considerada empírica e interdisciplinaria, puesto que se ocupa de las circunstancias de la esfera humana y social relacionadas con el surgimiento, la comisión y la evitación del crimen, así como del tratamiento de los violadores de la Ley. Por tanto, la Criminología se ocupa del estudio e investigación del fenómeno criminal y de sus procesos inherentes, que incluyen a la delincuencia, el mecanismo de las conductas delictivas y victimales, así como las formas principales de reacción y de control social, de modo que, prioriza la prevención de la delincuencia y de los comportamientos antisociales concretos, (Navarrete Calderón *et. al.*, 2004).

Su aplicación en el enfrentamiento es uno de los elementos más importantes para el logro de una disminución en la criminalidad, ya que la aplicación de la ley no basta por sí sola para impedir el crimen, se necesita la implementación de medidas sociales que le pongan freno a las transgresiones de la ley, de conjunto con las medidas jurídico-penales que actúen en la conciencia del hombre y la sociedad, para enfrentar desde un enfoque científico-criminológico dichos delitos, y erradicar o disminuir las causas y condiciones que inciden en su ejecución.

Por eso, en uno de sus tantos conceptos, la Criminología convoca a una misión específica: saber realizar integraciones y propone tratar el tema de la prevención con un enfoque integrador de diversos saberes, sobre una realidad social compleja que requiere para su transformación de la voluntad y las acciones de todos. También utiliza diferentes alternativas como la puesta en práctica de toda la labor preventiva que ella encierra, desde el cumplimiento de las leyes y contravenciones establecidas, hasta la labor social que se lleva a cabo mediante la correcta educación de todas las generaciones que conforman las comunidades (Navarrete Calderón *et. al.*, 2004), de ahí las contribuciones de esta ciencia al MIZC.

Su propio carácter integrador y la necesidad de acciones educativas para cambiar la conducta del hombre en el orden social, reafirma la importancia de que cualquier estrategia al respecto o modos de actuación para el enfrentamiento a los delitos medioambientales, se convierte, sin lugar a dudas, en herramientas para el MIZC, pues este persigue conservar el buen funcionamiento de los procesos naturales que se dan en la zona costera como proceso social orientador del desarrollo sostenible, así es que las acciones educativas que exige el MIZC, se enriquecen con contenidos aportados por la Criminología para cambiar la conducta del hombre en el orden social en relación con la naturaleza.

Otro factor que tiene en común la Criminología con el MIZC, es la prevención y la comunidad, que son dos categorías que tienen que estar en estrecho vínculo para el logro de un exitoso trabajo preventivo, pues la prevención puede realizarse en las comunidades que, a su vez, constituyen un actor clave en la toma de decisiones. (Castellanos-González, 2015; Castellanos-González *et. al.*, 2019; Castellanos-González *et. al.*, 2020)

De esta manera, el MIZC se nutre de esta ciencia, y sus portadores, los sujetos que se encargan de materializar la prevención, vienen a jugar un papel importante, a fin de evitar actos nocivos para la sociedad; así como aquellas conductas regresivas o negativas, ya que no basta con buenas intenciones o esfuerzos propagandísticos, se necesitan medidas de orden económico, social, organizativo y jurídico, las que deben seleccionarse a partir del conocimiento de la situación real, analizada socio-históricamente y mediante la aplicación en la práctica de las recomendaciones científicas (Navarrete Calderón *et. al.*, 2004), lo cual fundamenta el carácter contextual tanto del MIZC (Castellanos-González, 2015; Castellanos-González *et. al.*, 2019; Castellanos-González *et. al.*, 2020) como el de la Criminología.

Además, esta ciencia, ha estudiado y clasificado al delito ecológico dentro de las formas más usuales de manifestación de la modalidad del crimen, lo que se traduce en que esta puede aportar a la preservación de los ecosistemas, específicamente los costeros, por la gran variedad de recursos que poseen y el elevado índice de sobreexplotación que allí existe; mediante la prevención de las

transgresiones de la ley, lo que en materia de conservación también es común al MIZC.

A partir del análisis de lo expresado con anterioridad es posible afirmar que la Criminología como ciencia puede contribuir teóricamente, desde su subdisciplina "la Criminología Ambiental" al MIZC y aportarle como herramienta científica para su implementación: **la prevención y enfrentamiento de las transgresiones de la ley** y consecuentemente favorecer los procesos de conservación de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible de los países costeros.

Es oportuno aclarar que, no basta con aplicar la Criminología en función del MIZC, ya que la implementación del manejo en cada región, por su carácter contextual, requiere, además, de un análisis de las características políticas, jurídicas, económicas y geográficas de cada país, y ser adecuado a la política de Estado e integrarse al desarrollo de políticas y prácticas, siendo indispensable elaborar y poner en vigor leyes y reglamentos integrados, que se apliquen en la práctica y se basen en principios sociales, ecológicos, económicos y científicos racionales; las que deben armonizar intereses y establecer derechos y deberes en cuanto al acceso, uso, explotación, gestión, administración, determinación de exclusión y enajenación de los recursos costeros. (González Díaz, 2015)

Asimismo, es indispensable formular programas viables para examinar las leyes, los reglamentos y las normas que se adopten y hacerlos cumplir, por lo que es necesario la determinación de un adecuado marco legal que considere la complejidad de este proceso, el que debe propiciar la interpretación uniforme de la ley, a los efectos de manejar las conductas humanas con relevancia para el MIZC y evitar el solapamiento de normas, o vacíos normativos.

Para lograr un enfoque del MIZC se debe tener en cuenta todas aquellas cuestiones que accionan en la zona costera y que pueden provocar efectos negativos sobre ella, aun cuando la acción ejecutada haya tenido lugar en un sitio fuera de esta, pero que indudablemente tenga repercusiones en esa área. De modo que es importante, la acción de control preventivo y de imposición de medidas sancionatorias para los casos que así sea necesario, por parte de las autoridades administrativas y la estrecha vinculación de unas y otras cuando el nivel de competencia entre ellas recae sobre territorios cercanos. (Campos, 2010)

Es así que Cuba reconoce la estrecha relación entre medio ambiente-desarrollo y calidad de vida, enunciada en los Lineamientos de la Política Económica y Social del PCC y el Gobierno, específicamente en el No. 80, que especifica la necesidad de reorientar el desarrollo socio-económico hacia el uso racional y la conservación de los recursos de los ecosistemas al tomar en cuenta, además, la planificación entorno a las realidades del cambio climático, (República de Cuba, 2021) todo esto en coherencia con los compromisos internacionales establecidos

en el cumplimiento de las Metas Aichi (2011) para la conservación de la biodiversidad. (República de Cuba, 2019)

Por lo que, en su estrategia ambiental nacional al período 2021-2025 (CITMA, 2021), se basa en indicadores como el índice de huella ecológica, sanidad ambiental y la resiliencia climática. Su implementación permite medir los avances en el área ambiental y persigue lograr un desarrollo sostenible y equilibrado, de acuerdo con lo que establece el derecho constitucional de los cubanos a vivir en un medio ambiental saludable.

Esto exigió que, dentro del Plan Económico y Social del 2030, fuese necesaria una actualización del marco legislativo en materia ambiental en función de lograr un desarrollo sostenible y sustentable, cuyas modificaciones legales fueron las siguientes:

- Ley 150/2022 del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente (GOC-2023-771-O87), deroga la Ley 81 "Del Medio Ambiente", de 11 de julio de 1997; a raíz de las modificaciones de la Carta Magna en el 2019, Constitución de la República de Cuba (GOC-2019-406-EX5) en la cual se reconoce en el artículo 75 que "todas las personas tienen derecho a disfrutar de un medio ambiente sano y equilibrado. El estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país", que hizo necesario actualizar, desde un enfoque sistémico, la gestión de los recursos naturales y el medio ambiente en Cuba.
- Ley 129/2019 Ley de Pesca (GOC-2020-111-O11), deroga el Decreto-Ley 164/1996, la misma establece las regulaciones para el adecuado ordenamiento, administración y control de la pesca, en función de la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos hidrobiológicos en las aguas marítimas, fluviales y lacustres de la República de Cuba, con el fin de contribuir a la soberanía alimentaria de la nación.
- Decreto-Ley 77/2023 "De Costas" (GOC-2023-915-O108), deroga el Decreto-Ley 212/2000, el cual amplía el objetivo y alcance de la norma con un conjunto de mecanismos, acciones e instrumentos dirigidos a garantizar el uso sostenible, reconoce la protección de los asentamientos humanos y los procesos de desarrollo económico y social.
- Decreto 97/2023 Reglamento del Decreto-Ley 77/2023 "De Costas" (GOC-2023-916-O108), establece las disposiciones reglamentarias que permitan proteger la zona costera, implementar el manejo integrado costero, la determinación de los límites, las autoridades responsables, las servidumbres, los componentes, los usos, autorizaciones, prevención de la contaminación, las señalizaciones y prohibiciones, así como el régimen de excepciones de la zona costera.
- Ley 151/2022 Código Penal (GOC-2022-861-O93), modifica la Ley 62/1987, pues se incorpora todo un capítulo contra conductas socialmente lesivas del medio ambiente (Título VI Delitos contra los recursos naturales, el medio ambiente y el ordenamiento

territorial) y se modifican los marcos sancionadores, resalta en este caso el Artículo 254 Actos en perjuicio de la biodiversidad.

En tanto que, cuando se hace referencia al enfrentamiento de las transgresiones de la ley en materia de recursos naturales en Cuba, no es suficiente mencionar el caudal legislativo que la regula, sino que también es necesario señalar los organismos claves en el proceso de MIZC: CITMA, MININT, ONIE e INOTU, los que se apropian, según su encargo estatal, de las legislaciones correspondientes para actuar de manera sectorial y a la vez integrada en el enfrentamiento al delito para así contribuir a la preservación de los recursos naturales costeros (Díaz León, Villazón Denis y Vilaró Abreus, 2023).

Dichas instituciones basan el cumplimiento de sus funciones, según sus políticas, marco teórico-conceptual y sistema de organización, pero el estado de su cumplimiento tiene un carácter contextual para cada uno de ellos, y asimismo para el caso de la prevención de las transgresiones de la ley, sin embargo, en la labor de enfrentamiento, se aprecia un denominador común, y es que en cada una, existen procesos específicos de trabajo relacionados con el descubrimiento, prevención y corte de las actividades que constituyen contravenciones de la ley.

En la consulta a los informes valorativos del enfrentamiento de los Órganos del MININT, como el OTI, la PNR, el CGB y las TGF, y los planes de acciones para fortalecer el enfrentamiento y balances de las acciones realizadas en el marco del Lineamiento Informativo Multilineal “Flora y Fauna” y del Plan de Estado para enfrentamiento al cambio climático “Tarea Vida”, permitió constatar todos los hechos detectados y operados, las medidas aplicadas en cada caso, los modos de operar, las ocupaciones realizadas, los instrumentos idóneos que favorecieron la consumación del delito, así como los lugares y manifestaciones delictivas de mayor incidencia favorecidos por sus causas y condiciones, tales como:

1. Insuficiente vigilancia de las costas, principalmente debido a la falta de combustible y a la gran extensión territorial del Destacamento, vinculada con la poca cantidad de unidades de TGF y la falta de completamiento de sus plantillas.
2. Deterioro de la situación económica y social por limitaciones con el abastecimiento de productos alimenticios, transporte, detrimento del fondo habitacional, carencia de fuentes de empleos y de servicios.
3. Ausencia de percepción del fenómeno a enfrentar por directivos, miembros del MININT, de otras líneas y población en general desde la perspectiva ambiental.
4. Insuficiente percepción de riesgo en el daño causado sobre los recursos costeros con el delito cometido.
5. Existencia de un amplio mercado informal de productos del mar y especies con alta demanda y elevadas cotizaciones para el abastecimiento del sector particular, “paladares” y extranjeros.

6. Insuficiente articulación entre la diversidad de normas emitidas por distintos organismos para regular la actividad pesquera, la protección del medio ambiente, la flora, la fauna y los recursos naturales marinos y costeros.
7. Insuficiente educación ambiental integral del personal dedicado al enfrentamiento de lo que se enfrenta.
8. El accionar de embarcaciones estatales y particulares de diversos fines en las mismas zonas de pesca.
9. Insuficiente articulación entre los actores de la zona costera (CITMA, MININT, ONIE e INOTU) para favorecer la conservación de los recursos naturales.
10. Afectación de los ecosistemas costeros principalmente por la sobrepoblación de los asentamientos en esta zona, construcción ilegal de viviendas en las dunas, deforestación de los mangles, vertimientos de residuales y desechos sólidos y tráfico de especies.

En este sentido, se identifican los delitos Pesca Ilícita y Actos en Perjuicio de la Biodiversidad, todo ello para favorecer el delito Actividad Económica Ilícita y el ánimo de lucro, aunque la contaminación de playas y ríos también crece con respecto a años anteriores, sobre todo por indisciplinas sociales, y en menor medida de entidades estatales, relacionadas con vertimientos de desechos sólidos y residuales, la presencia de actividad comercial y recreativa en asentamientos costeros, sin la debida autorización o con la práctica de conductas violatorias en lo establecido en el Decreto-Ley 77 “De Costas”, como las actividades de mayor incidencia.

Sin embargo, y a pesar de todo lo anterior, se puede considerar que el enfrentamiento fue satisfactorio en comparación con años anteriores, en lo que respecta al trabajo de la ONIE y en similares condiciones TGF, aunque en menor medida el CGB. En relación al OTI y la PNR es insuficiente, primero porque se considera que hay muchas más transgresiones que las que son detectadas, lo que demuestra que el sistema de descubrimiento no está orientado en función de estas manifestaciones y segundo porque no se le presta el nivel requerido de importancia en el enfrentamiento a las mismas, lo que se aprecia en los bajos indicadores en la actividad de respuesta (personas contra las que se actúa, hechos denunciados y esclarecidos, procesos investigativos iniciados, cortados y cerrados, actividad profiláctica preventiva, identificación del potencial delictivo, etc.), todo lo cual está en cero desde el año 2018 a la fecha; asimismo con el trabajo con la personas de interés policial.

De modo general, se aprecia falta de preparación y completamiento del personal que incide en el enfrentamiento a los delitos que afectan la zona costera, sobre todo con las nuevas legislaciones, insuficientes medios de transporte para el traslado de los controladores, presencia de rasgos característicos de falta de integración y cohesión en estos que se evidencian en algunas convocatorias, falta de percepción de riesgo por parte de la población y entidades usuarias de la zona costera, así como

insuficiente el rigor de los organismos que intervienen en el plan gubernamental en el espacio de las inspecciones.

Al tomar en consideración las causas y condiciones mencionadas, se define un grupo de irregularidades que, con respecto a años anteriores, aún prevalecen en el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros:

- La necesidad de aplicar correctamente la legislación vigente acorde a las condiciones actuales, el escenario y el nuevo modelo económico y social.
- Actores económicos como Micro, Pequeñas Y Medianas Empresas (MIPYMES) y Trabajadores por Cuenta Propia (TPCP), que utilizan como materia prima los recursos naturales y especies de la flora y la fauna para llevar a cabo su actividad comercial, los que se convierten en receptores de la comercialización ilegal y en no pocos casos, autores de esta.
- Insuficiente labor de divulgación y educación ambiental en cuanto a la protección de la zona costera entre la población.
- Débil enfrentamiento en las redes sociales a la comercialización ilícita de especies del litoral costero.
- Aun cuando existen las coordinaciones de trabajo con los órganos y organismos que regulan y controlan el cumplimiento de las regulaciones, es deficiente el intercambio informativo entre estos y se ejecutan ínfimas acciones de conjunto.
- Las actividades ilegales con un peso importante de los pescadores privados y otras actividades, como la pesca deportiva, que se suelen ejercitar fuera de los marcos legales que las tutelan, incluso por el uso de artes de pesca nocivos (ejemplo: redes de arrastre, redes de sitio), la explotación de las agregaciones de desove, y otras prácticas no responsables.
- La alteración, fragmentación y pérdida de hábitat naturales, que conlleva a la pérdida y disminución de estos recursos, como consecuencia del uso desmedido y la sobreexplotación.
- El crecimiento de la población y el cambio en los patrones sociales de interrelación de las poblaciones con los ecosistemas y sus componentes.
- Las construcciones costeras que interrumpen la circulación natural de las aguas litorales (pedraplenes, espigones, muelles, etc.) y que provocan cambios en el régimen hidrológico e hidroquímico, incrementos en la salinidad y temperatura del agua, destrucción de los mangles y otros efectos que dañan los hábitats, alteran los procesos ecológicos y afectan el desarrollo normal de la vida marina.
- Las actividades turísticas no controladas, como el buceo no regulado, motos acuáticas, exceso de turistas en áreas ecológicamente sensibles, anclaje sobre arrecifes, y otros.

- Pérdida de valores del personal que interviene en la protección y preservación de la flora y la fauna marina y costera, agudizado por la situación económica que atraviesa el país.
- Ausencia de percepción del fenómeno a enfrentar por directivos, miembros del MININT, de otras líneas y población en general.
- Complicidad y actitudes pasivas por parte de los directivos responsabilizados con el enfrentamiento a estas conductas y a las acciones de depredación medioambiental.
- La gran extensión territorial en la atención del Destacamento de TGF, vinculada con la poca cantidad de unidades existentes y la falta de completamiento de sus plantillas de combustibles para realizar la vigilancia.
- Insuficiente preparación integral del personal que interviene en el MIZC, en medio de las nuevas legislaciones.
- Insuficiente detección y planificación de las acciones de enfrentamiento oportuno a las ilegalidades en su fase organizativa.

A partir de los elementos apreciados en el diagnóstico y con el fin de erradicar las irregularidades mencionadas se propone un conjunto de acciones de carácter social y situacional que contribuyan a potenciar sus aspectos positivos y a transformar las limitaciones que impiden su exitosa implementación en el enfrentamiento:

A. Acciones para el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros, en materia de divulgación y concientización.

11. Promover, a través de los medios de comunicación masiva y las redes sociales, el tema de la conservación de los recursos naturales y sus interrelaciones por ser base del desarrollo sostenible de la zona costera de Cienfuegos.
12. Promover, a través de los medios de comunicación masiva y las redes sociales, la educación jurídica ambiental como vía de prevención de las transgresiones de la ley respecto al uso de los recursos naturales, precisando los límites permisibles para su explotación; así como las consecuencias penales y de contravención. Aprovechando las reuniones profilácticas preventivas en la comunidad con los diferentes factores.
13. Informar a la población sobre la importancia de la zona costera y los riesgos asociados mediante campañas educativas, talleres y programas escolares en aras de aumentar la conciencia y fomentar prácticas responsables.
14. Desplegar una campaña de información local sobre la problemática de las consecuencias de la tala indiscriminada del mangle, la contaminación del agua y el saqueo de la flora y la fauna.

15. Brindar orientación e información a los turistas que practican el ecoturismo, para transmitirles la importancia de los recursos naturales costeros y la necesidad de su conservación, desde el respeto de la legislación vigente.
16. Capacitar a los trabajadores y Agentes de Seguridad y Protección de instalaciones turísticas, que se encuentren enclavadas en el litoral costero sobre el cuidado y preservación del ecosistema marino, modus operandis e indicios de personas que, mediante actos ilícitos, afectan los recursos naturales de la zona costera.
17. Capacitar y concienciar a los dueños de MIPYME sobre la necesidad del correcto MIZC y cumplir las leyes vigentes para la protección del medio ambiente y la zona costera, durante el desarrollo de su actividad específica.
18. B. Acciones para el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros, para fomentar la participación comunitaria.
19. Convocar a la población mediante las organizaciones de masas, a colaborar en la protección, reanimación y rehabilitación de los sectores costeros que hoy se encuentran más afectados.
20. Formar promotores ambientales para mantener una labor educativa sistemática, sobre temas tales como:
 - Conservación de la flora y la fauna.
 - Importancia de los recursos naturales costeros para las comunidades.
 - Interrelación entre los recursos naturales.
 - Uso sostenible de los recursos naturales.
 - Protección de las aves acuáticas del litoral resaltando el flamenco rosado como ave migratoria (Guanaroca y Guajimico).
 - Importancia de la protección del manglar, quelonios e iguanas de la zona costeras.
 - Pesca responsable.
 - Impactos de los incendios forestales conscientes e inconscientes.
 - Riesgos y vulnerabilidades de la zona costera.
 - Manejo Integrado de Zonas Costeras.
 - La prevención de las transgresiones de ley en el uso de los recursos naturales.
21. Incorporar a la escuela de la comunidad en todas las acciones educativas.
22. Desarrollar círculos de interés de carácter contextual sobre el tema de la prevención de las transgresiones de la ley con los niños de las escuelas primarias y secundarias.
23. Incluir en la preparación a los miembros de los Destacamentos "Mirando al Mar", temas relacionados con la detección de ilegalidades sobre los recursos naturales costeros.
24. Realizar sistemáticamente saneamientos ambientales en el litoral costero, con la activa participación de los jóvenes, mediante convocatorias realizadas por la FEEM, UJC y FEU.
 - C. Acciones para el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros, en el marco de la coordinación entre autoridades.
25. Impartir un curso de capacitación a todos los decisores responsables de la zona costera designados por el Decreto-Ley 77 "De Costas" sobre temas de MIZC, de conservación de los recursos naturales y de prevención de las transgresiones de ley en relación con el uso de los recursos naturales.
26. Desarrollar talleres participativos no sólo entre los decisores de los organismos responsable de la zona costera en Cienfuegos, sino también incluyendo a sus especialistas para aprender sobre MIZC.
27. Desarrollar proyectos cooperados dedicados a recuperación de poblaciones y comunidades por diversos métodos. Además, activar el sistema de vigilancia, protección y colaboración entre instituciones.
28. Incentivar proyectos de investigaciones cooperadas con el extranjero, que nos permita poner en práctica métodos biotecnológicos de propagación, que aceleren el crecimiento de especies autóctonas, así como su introducción en los espacios naturales. Simultáneamente eliminar especies indeseables.
29. Intencionar con los órganos del Poder Popular e instituciones del CITMA la creación de una barrera viva que establezca la dinámica de las arenas, principalmente en aquellos asentamientos costeros donde la vegetación ha desaparecido debido a la utilización de Bulldog para actividades de construcción.
30. Analizar, basados en la racionalidad política, la demolición y saneamiento de las construcciones ilegales que se encuentran enclavadas en las dunas, principalmente en zonas costeras como los concejos populares de Oburque y Reina.
31. Revisar y/o estudiar continuamente las leyes y regulaciones relacionadas con la zona costera, así como evaluar su impacto, en función de que las mismas se parezcan más a las exigencias del MIZC.
32. Capacitar con frecuencia a los oficiales y combatientes del MININT e inspectores de la Pesca que intervienen en la prevención y el enfrentamiento a los delitos en la zona costera, referente a la situación operativa y los modus operandis.
 - D. Acciones para perfeccionar el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros en el trabajo específico del MININT.

33. Realizar un levantamiento actualizado de las bases de pesca existentes en el territorio, que contenga la cantidad, nombre, ubicación geográfica, potencial delictivo identificado o elementos de interés sobre los que trabajar y sistema de descubrimiento.
34. Actualizar sistemáticamente y con mayor rigor, los levantamientos socio-operativos de los asentamientos costeros para identificar las principales dificultades, comisores de ilegalidades más connotados, posibles estructuras, modus operandis y vías de abastecimiento del mercado ilícito.
35. Crear un listado único de control de personas comisoras y proclives a la comisión de delitos contra los recursos naturales en los asentamientos costeros, integrando la base de riesgo social de la OTI y la PNR.
36. Realizar acciones preventivas, entre ellas, Profilaxis y Advertencia Oficial, sobre personas que se encuentran proclives a actividades delictivas contra los recursos naturales en el litoral costero, con la finalidad de lograr que desistan de la actividad.
37. Establecer las coordinaciones de trabajo con la ONIE, el CITMA e IPF para el acompañamiento a acciones conjuntas e intercambios de interés.
38. Realizar frecuentemente acciones operativas de conjunto con TGF, la ONIE y el CITMA en función del enfrentamiento a los delitos que afectan los ecosistemas costeros, con el fin de lograr un impacto preventivo en los comisotes y de esta forma contener el daño ambiental.
39. Aplicar con racionalidad, pero con mayor rigor el uso de las medidas no penales, al amparo del Decreto-Ley 194/99 ante infracciones sobre la tenencia y operación de embarcaciones (GOC-1999-EX2) utilizadas para la comisión de ilegalidades y la depredación del medio ambiente, incluyendo el decomiso en los casos más graves.
40. Elevar el sistema de descubrimiento público y secreto en los asentamientos costeros, con la finalidad de descubrir, prevenir y cortar hechos delictivos que degraden la zona costera.
41. Preparar el sistema de descubrimiento mediante la concepción operativa integrada al MIZC y a las legislaciones actuales en función del enfrentamiento a los delitos que afectan los ecosistemas costeros.
42. Incrementar los puestos de control ambiental del CGB, y las acciones de patrullaje de control y vigilancia sobre la protección al medio ambiente.
43. Coordinar con instalaciones de la red hotelera y extra-hotelera, que posean cámaras en zonas de paso del litoral costero utilizados por pescadores furtivos, para documentar la actividad delictiva como medio de prueba.
44. Exigir y regular la responsabilidad legal a los comisotes de transgresiones de la ley que afecten los recursos naturales costeros.
45. Divulgar por los medios de difusión masiva y las redes sociales, los casos con más connotación y afectación al litoral costero, resaltando el impacto para el medio ambiente, la sociedad y la economía, visualizando las penas más severas para aquellos que cometan este tipo de delitos. Esto ayudará a disuadir a los criminales y a garantizar una mayor protección de estas áreas.
46. Ampliar la cooperación internacional para combatir de manera conjunta los delitos que afectan las zonas costeras, específicamente el tráfico de especies en peligro de extinción, contaminación ambiental, manejo de especies invasoras, tráfico de drogas, contrabando y otros delitos transfronterizos.
47. Elevar la retroalimentación con los servicios de inteligencia homólogos y de guardacostas, con la finalidad de realizar acciones preventivas, operativos de conjunto y capacitación en temas de seguridad marítima.
48. Establecer sistemas de vigilancia y monitoreo para detectar actividades ilegales mediante el uso de tecnologías como cámaras de seguridad, drones y sistemas de seguimiento de embarcaciones.

Conclusiones

El análisis de los referentes teóricos sobre el enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros desde la Criminología en función del MIZC, permitió argumentar que la primera constituye una herramienta científica para la prevención y enfrentamiento de los delitos y consecuentemente favorecer los procesos de conservación de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible de los países costeros. Se consolidaron conocimientos referentes al MIZC como proceso social para la aproximación al desarrollo sostenible con carácter contextual y multidimensional, por lo que debe de venir acompañada de un proyecto legislativo que contribuya a educar a la población.

El análisis en Cienfuegos, como espacio empírico de esta investigación, a partir de la situación actual del enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros, concluye que independientemente de las condiciones objetivas que puedan influir en la reducción de los delitos reales y potenciales; revela la necesidad de incrementar la intersectorialidad entre los organismos responsables de la zona costera, según Decreto-Ley 77 "De Costas", la integración y la coherencia en las estrategias nacionales, sectoriales y locales, la preparación multidisciplinaria de los inspectores y demás actores que participan en el descubrimiento, prevención y corte de los delitos, partiendo del conocimiento del MIZC para la conservación de los recursos naturales, y la importancia de fortalecer la conciencia de la población y la incorporación en actividades de la misma, en el cuidado de los recursos costeros.

A partir del diagnóstico realizado sobre el estado actual del enfrentamiento de los delitos contra los recursos naturales costeros en la provincia de Cienfuegos, se propone un conjunto de acciones de carácter social y situacional para contribuir a la conservación de estos recursos desde el enfoque de MIZC, al tomar en consideración que, sobre todo la prevención de los delitos que afectan la zona costera, requiere una combinación de regulación, educación, vigilancia y participación comunitaria. Solo a través de esfuerzos conjuntos se puede proteger este valioso recurso natural para las generaciones futuras.

Referencias bibliográficas

- Blanco, A. M. (2014). La relación hombre-naturaleza. Tendencias de su filosofar en Cuba. *Revista de Ciencias Sociales*, 63-76.
- Campos, O. B. (Julio 2010). Los Ecosistemas Costeros: Su Importancia y Tutela Jurídica. La Habana.
- Caride, J. A., y Meira, Á. (2001). Educación Ambiental y Desarrollo Humano. Barcelona: Ed. Ariel.
- Castellanos-González, M. E. (2015). La educación ambiental en comunidades costeras desde el enfoque CTS y MIZC. [Tesis de Doctorado, Universidad de La Habana].
- Castellanos-González M. E., León-Pérez Á. R., Alomá-Oramas R. M., Miranda-Vera C. E., García-Dueñas R., Ramos-Palenzuela M., Moreira-González, A. (2019). La educación ambiental comunitaria para la adaptación al cambio climático desde el enfoque de manejo integrado de cuencas y áreas costeras. *Revista Cubana de Meteorología*, Vol. 25 (SP).
- Castellanos-González M. E, Miranda-Vera C. E., Morales Calatayud, M., García Dueñas, R., Moreira-González, A., León Pérez, Á. R., Alomá Oramas, R. M. (2020). Social knowledge networks for promoting environmental education in coastal communities from central-southern region of Cuba. *Regional Studies in Marine Science* 35 (SP)
- Constitución de la República de Cuba. (GOC-2019-406-EX5). 10 de abril de 2019. Gaceta Oficial, No. 5 Extraordinaria.
- Decreto-Ley 77 de Costas (GOC-2023-915-O108). 6 de noviembre del 2023. Gaceta Oficial, No. 108 Ordinaria.
- Decreto 97 Reglamento del Decreto-Ley 77 de Costas (GOC-2023-916-O108). 6 de noviembre del 2023. Gaceta Oficial, No. 108 Ordinaria.
- Decreto-Ley 194 de Infracciones sobre la Tenencia y Operación de embarcaciones (GOC-1999-EX2). 16 de diciembre de 1999. Gaceta Oficial, No. 2 Extraordinaria.
- Díaz León, N. M., Villazón Denis, R., y Vilaró Abreus, D. (2023). Componentes, procesos y protección jurídica de la bahía de Cienfuegos. *Revista Científica Cultura, Comunicación y Desarrollo*, 8 (1) 71-78.
- Geroy, I. (2019). La prevención de las transgresiones de la ley para la conservación de los recursos naturales en función del Manejo Integrado de Zonas Costeras (MIZC). [Tesis de Maestría, Universidad de Cienfuegos].
- González Díaz, P. (cord.) (2015). Manejo Integrado de Zonas Costeras en Cuba. Estado actual, retos y desafíos. Ed. Félix Varela.
- Ley 150 del Sistema de Recursos Naturales y el Medio Ambiente (GOC-2023-771-O87). 13 de septiembre del 2023. Gaceta Oficial, No. 87 Ordinaria.
- Ley 151 Código Penal (GOC-2022-861-O93). 1 de septiembre del 2022. Gaceta Oficial, No. 93 Ordinaria.
- Ley 129/2019 Ley de Pesca (GOC-2020-111-O11). 7 de febrero del 2020. Gaceta Oficial, No. 11 Ordinaria.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Cuba). (2017). Plan de Enfrentamiento Estratégico al Cambio Climático (Tarea Vida). [Archivo PDF]. https://www.citma.gob.cu/downloads/TAREA%20VIDA_simple.pdf
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) (Cuba). (2021). Plan de Enfrentamiento Estratégico al Cambio Climático (Tarea Vida). [Archivo PDF]. https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/proyecciones-tarea-vida.pdf
- Naciones Unidas. (2011). Metas Aichi para la diversidad biológica 2011-2020. [Archivo PDF]. <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/metas-aichi/>
- Navarrete Calderón, C., de Armas Fonticoba, T. (cord.), de la Cruz Ochoa, R., Soñora Cabaleiro, M., Casell López, M., Gómez Pérez, Á. y Gálvez Puebla, I. (2004). Criminología. Ed. Félix Varela.
- Ramírez, G. (2003). El corredor biológico mesoamericano. *Biodiversity Heritage Library. Biodiversitas* (47) 1-4.
- República de Cuba. (2019). Informe Nacional para la Implementación de la Agenda 2030. [Archivo PDF].
- República de Cuba. (2021). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2021-2026. [Archivo PDF]. <https://siteal.iiep.unesco.org/bdnp/3710/lineamientos-politica-economica-social-partido-revolucion-periodo-2021-2026>
- Rodríguez, A. (2020). La protección del medioambiente en Cuba, una prioridad gubernamental. *Revista Novedades en población*, Vol. 15 (30).

ANEXO 1. ENTREVISTA A LOS MIEMBROS DE ORGANISMOS QUE INTERVIENEN EN EL MIZC.

Nombre y Apellidos: _____ Sexo: F__ M__

Profesión u oficio: _____

Centro de trabajo: _____

Antigüedad en la actividad: _____

Usted ha sido seleccionado para formar parte de esta investigación relacionada con la conservación de los recursos naturales en la zona costera. Es necesario que colabore con las ideas y prácticas que realiza en función de esta actividad. Se le agradece su participación y se le considera parte de nuestro equipo de investigación. Muchas gracias.

PREGUNTAS:

1. Sobre la protección de las zonas costeras: ¿considera que es importante su conservación?
2. ¿Conoce en qué consiste el Manejo Integrado de Zonas Costeras?
3. ¿Cómo valora los eventos gubernamentales para organizar y evaluar la protección de las zonas costeras?
4. ¿Cómo aprecia usted las relaciones de cooperación existente entre los diferentes organismos que inciden en el medio?
5. ¿Ha recibido preparación especializada sobre el enfrentamiento a los delitos contra los recursos naturales costeros?
6. ¿En los últimos años ha apreciado que aumenten los delitos contra los recursos naturales costeros?
7. Argumente desde su experiencia.
8. ¿Cómo valora el enfrentamiento a los delitos que afectan la zona costera en la actualidad?
9. Desde su experiencia, ¿Cuáles son los modus operandis, más utilizados por los comisores de los delitos que afectan la zona costera?
10. ¿Cuáles, a su consideración., son las debilidades que posee el enfrentamiento de los delitos que afectan la zona costera?
11. Mencione las acciones, para su criterio, que han impactado en el enfrentamiento de los delitos que afectan la zona costera.

ANEXO 2. ENTREVISTA A JEFES DEL MININT.

Nombre y Apellidos: _____ Sexo: F__ M__

Nivel Cultural: _____

Centro de trabajo: _____

Cargo que ocupa: _____

Antigüedad en la actividad: _____

Usted ha sido seleccionado para formar parte de esta investigación relacionada con la conservación de los recursos naturales en la zona costera. Es necesario que colabore con las ideas y prácticas que realiza en función de esta actividad. Se le agradece su participación y se le considera parte de nuestro equipo de investigación. Muchas gracias.

PREGUNTAS:

12. Sobre la protección de las zonas costeras: ¿considera que es importante su conservación?
13. ¿Conoce en qué consiste el Manejo Integrado de Zonas Costeras?
14. ¿Cómo valora los eventos gubernamentales para organizar y evaluar la protección de las zonas costeras?
15. ¿Cómo aprecia usted las relaciones de cooperación existente entre los diferentes organismos que inciden en el medio?
16. ¿Ha recibido preparación especializada sobre el enfrentamiento a los delitos contra los recursos naturales costeros?
17. ¿En los últimos años ha que aumenten los delitos contra los recursos naturales costeros?
18. Argumente desde su experiencia.

19. ¿Cómo valora el enfrentamiento a los delitos que afectan la zona costera en la actualidad?
20. Desde su experiencia, ¿cuáles son los modus operandis, más utilizados por los comisores de los delitos que afectan la zona costera?
21. ¿Cuáles, a su consideración, son las debilidades que posee el enfrentamiento de los delitos que afectan la zona costera?
22. Mencione las acciones, para su criterio, que han impactado en el enfrentamiento de los delitos que afectan la zona costera.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

Los autores interesados en publicar en la Revista Científica Agroecosistemas deberán enviar sus contribuciones en español o inglés a la siguiente dirección electrónica: agroecosistemas@ucf.edu.cu

Los trabajos enviados para su publicación han de ser inéditos; no deben haber sido presentados simultáneamente en otra revista y no pueden contener plagio. Las contribuciones podrán escribirse en Microsoft Office Word u Open Office Writer, en formato carta, empleando letra Verdana a 10 puntos puntos e interlineado sencillo. Los márgenes superior e inferior serán a 2,5 cm y se dejará 2 cm para el derecho e izquierdo. Los tipos de contribuciones que aceptará la revista serán: artículos de investigación científico-tecnológica, artículos de reflexión, artículos de revisión y reseñas bibliográficas.

Estructura de los manuscritos

El envío de los artículos deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Extensión entre 10 y 15 páginas.
- Título en español e inglés (20 palabras como máximo).
- Nombre (completo) y apellidos de cada uno de los autores, antecedido por el título académico o científico (se recomienda no incluir más de tres autores por artículo).
- Adscripción laboral, país y correo electrónico.
- Resumen en español y en inglés (no excederá las 250 palabras) y palabras clave (de tres a diez en español e inglés).
- Introducción, en la que se excluya el diseño metodológico de la investigación; Materiales y métodos; Resultados y discusión, para artículos de investigación científico tecnológica, el resto de las contribuciones tendrá en vez de estos dos apartados un Desarrollo; Conclusiones, nunca enumeradas; y Referencias bibliográficas. En caso de tener Anexos se incluirán al final del documento.

Requisitos formales

- Las páginas deben enumerarse en la esquina inferior derecha con números arábigos.
- Los títulos de los apartados que formen parte de la estructura del artículo deberán ir en negrita y mayúscula; el resto de los subtítulos solo en negrita.
- Las fórmulas serán insertadas como texto editable, nunca como imagen.
- Las tablas serán enumeradas según su orden de aparición y su título se colocará en la parte superior. Se enviarán en texto editable. Se hará referencia a ellas en el texto de la forma: ver tabla 1 ó (tabla 1).
- Las figuras serán enumeradas según el orden en que se mencionen y su título se colocará en la parte inferior. Serán enviadas en formato .jpg. Se mencionarán en el texto de la forma: ver figura 1 ó (figura 1).
- Las abreviaturas acompañarán al texto que la definen la primera vez, entre paréntesis y no se conjugarán en plural.
- Las notas se localizarán al pie de página, nunca al final del artículo y estarán enumeradas con números arábigos. Tendrán una extensión de hasta 60 palabras. Se evitarán aquellas que solo contengan citas y referencias bibliográficas.
- Los anexos serán mencionados en el texto de la manera: ver anexo 1 ó (anexo 1).

Referencias bibliográficas

Las Referencias bibliográficas se ajustarán al estilo de la Asociación Americana de Psicología (APA), 6ta edición de 2009. Se escribirán en el idioma original de la contribución utilizada y se evitará utilizar fuentes no confiables, que no contengan todos sus datos. Dentro del texto las citas se señalarán de la forma: Apellido (año, p. Número de página), si la oración incluye el (los) apellido (s) del (de los) autor (es). Si no se incluyen estos datos en el texto se utilizará la variante: (Apellido, año, p. Número de página). El listado con todas las fuentes citadas se colocará al final del artículo y deberá ordenarse alfabéticamente con sangría francesa.

Nota:

El Consejo Editorial se reserva el derecho de realizar la corrección de estilo y los cambios que considere pertinentes para mejorar la calidad del artículo.

Revista publicada bajo una Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial-Sin Derivar 4.0 Internacional. Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.



ISSN: 2415-2862



Síguenos en:

<http://universosur.ucf.edu.cu/>

<http://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes>



Editorial: "Universo Sur".

Universidad de Cienfuegos.

Carretera a Rodas, Km 3 ½.

Cuatro Caminos. Cienfuegos. Cuba.

CP: 59430

© Podrá reproducirse, de forma parcial o total, el contenido de esta publicación, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.