

# YAYABO

## CIENCIA

# 2021

VI Conferencia Científica Internacional

# Producción sostenible de alimentos



Producción sostenible de alimentos: Conferencia  
Científica Internacional Yayabociencia (6ta. Edición),  
2021

**Compiladoras**

M. Sc. Yaleidys Corrales Valdivia.  
Dr. C. Lidia Esther Estrada Jiménez.

**Colaboradores**

Dr. C. Marcos Tulio García González.  
MS. c. Nelson León Orellana.

**Revisora**

MS. c. Yaleidys Corrales Valdivia.

**Editora**

MS. c. Yaleidys Corrales Valdivia.

**Diseño de la cubierta**

MS. c. Yorján Ruiz Torres.

**Edición digital:**

Tec.M. Darío Abreu Pérez.

**Cómo citar este libro:**

Corrales, Y. y Estrada, L. E. (compil. (2021). *Producción sostenible de alimentos: Conferencia Científica Internacional Yayabociencia (6ta. Edición)*. La Habana, Cuba: Editorial Universitaria.



<http://eduniv.reduniv.edu.cu>

Obra completa *6ta Edición: Conferencia Científica Internacional Yayabociencia*

ISBN: 978-959-16-4566-1

Producción sostenible de alimentos: Conferencia Científica Internacional Yayabociencia (6ta. Edición), 2021. ISBN: 978-959-16-4698-9 (PDF)

Editado por: Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez"



Publicado bajo la: Licencia Creative Commons Atribución-  
NoComercial-SinDerivar4.0 Internacional

## Prólogo

El presente libro electrónico contiene una selección de trabajos participantes en el evento internacional “Yayabociencias 2021”, desarrollado del 13 al 16 de octubre de 2021. Las ponencias aquí recogidas resultaron seleccionadas por reflejar con mayor calidad los resultados científicos de impacto socio económico en favor del desarrollo sostenible.

El evento “Yayabociencias 2021” fue organizado por la Universidad de Sancti Spíritus “José Marí Pérez” (UNISS), en alianza con otras instituciones cubanas y extranjeras. Los trabajos se agruparon en diferentes comisiones que sesionaron de manera virtual, a partir de un amplio empleo de la tecnología disponible. Las comisiones constituidas fueron: Desarrollo energético e industrial sostenible, Producción sostenible de alimentos, Desarrollo social sostenible, retos y desafíos en la contemporaneidad, La gestión empresarial y pública en el desarrollo sostenible, y La agenda 2030 en las ciencias pedagógicas para el desarrollo sostenible.

Además del trabajo en comisiones también se realizaron de forma paralela cuatro talleres: II Taller Internacional de desarrollo local “Yaguajay 2021, por un desarrollo local sostenible y resiliente”, Actividad física, deporte y salud, La gestión de riesgos y manejo de desastres y el IV Taller Los estudiantes y la actividad científica.

Este libro constituye una muestra de cómo la UNISS avanza en su compromiso de crear oportunidades para promover la generación y apropiación del conocimiento con el que interactúa el potencial científico, tanto de la provincia espirituana, de todo el territorio nacional, como de diferentes países interesados en las temáticas que se desarrollan.

Dr. C. Elena Sobrino Pontigo  
Presidente del Consejo Científico de la UNISS

## **EFFECTO DE FITOMAS E® SOBRE EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE CAFETO**

EFFECT OF FITOMAS-E ABOUT THE GROWTH OF COFFEE SEEDLINGS IN NURSERY

**Alejandro Díaz Medina<sup>1</sup>** (<https://orcid.org/0000-0002-4059-1197>),

**Claribel Suárez Pérez<sup>1</sup>** (<https://orcid.org/0000-0002-0679-9891>)

**Lesly Díaz Suárez<sup>3</sup>** (<https://orcid.org/0000-0002-9379-0042>)

<sup>11</sup>*Departamento Agronomía, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV) (CUBA)*

<sup>23</sup>*Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de las Villas (UCLV) (CUBA)*  
[aldmedina@uclv.cu](mailto:aldmedina@uclv.cu), [clsuarez@uclv.cu](mailto:clsuarez@uclv.cu), [lddiaz@uclv.cu](mailto:lddiaz@uclv.cu)

### **RESUMEN**

La calidad de las plántulas de café que se obtienen en viveros, es un factor determinante en el logro de plantaciones futuras altamente productivas. Se realizó un ensayo en Tope de Collantes, para evaluar el efecto del bioestimulante FitoMas-E y dos proporciones de materia orgánica en el sustrato sobre el crecimiento de plántulas de café en la etapa de vivero. Para ello se evaluó la efectividad de cuatro dosis de FitoMas-E (0, 2, 4 y 6 ml L<sup>-1</sup>), y dos proporciones de suelo - materia orgánica (estiércol vacuno) en el sustrato (3:1 y 5:1), sobre el crecimiento de las plántulas, con un diseño experimental completamente aleatorizado con arreglo bifactorial. Se evaluó la altura, diámetro del tallo, área foliar y masa seca total de las plántulas a los siete meses de establecida la siembra de las semillas. Los resultados evidencian que la aplicación de FitoMas-E influye positivamente en el crecimiento de las plántulas de café, con incrementos de su eficiencia, en la medida que se aumentan las dosis. La dosis de 6 ml L<sup>-1</sup> resultó la más eficiente y se evidenció que con la aplicación del biopreparado es posible disminuir los niveles de materia orgánica en el sustrato, sin afectar la calidad de las plántulas de café.

**Palabras clave:** Bioestimulantes, materia orgánica, prácticas agroecológicas, viveros.

### **ABSTRACT**

The quality of the coffee seedlings that are obtained in nurseries, it is a decisive factor in the achievement of highly productive future plantations. Was carried out an experiment in Tope de Collantes, with the objective to evaluate the effect of FitoMas-E and two proportions of organic matter in the substrate on the growth of

coffee seedlings in the nursery stage. To evaluated the effectiveness of four dose concentrations of FitoMas-E (0, 2, 4 and 6 ml L<sup>-1</sup>), and two soil proportions - organic matter (bovine manure) in the substrate (3:1 and 5:1), about the growth of the seedlings, with an experimental design totally randomized with bifactorial arrangement. The height of the plant, diameter of the shaft, foliar area and total dry mass of the seedlings to the were evaluated seven months after seeds were set down. The results evidence that the application of FitoMas-E it influences positively in the growth of the coffee seedlings, with increments of their efficiency, in the measure that the doses are increased. The dose of 6 mL<sup>-1</sup> was the most efficient and it was evidenced that with the application of the bioprepared it is possible to diminish the levels of organic matter in the substrate, without affecting the quality of the coffee seedling.

**Keywords:** Biostimulants, matter organic, practical agroecológicas, nurseries

### Introducción

Las ponencias deberán tener una extensión máxima de 20 cuartillas y de 15 como mínimo, incluyendo gráficas, tablas, esquemas, etc. El tamaño de todas las páginas debe ser Carta (21,59 x 27,94cm). Todos los márgenes deben ser de 2,5cm. Todos los textos deben escribirse en una única columna, utilizando la fuente Arial a 12 puntos e interlineados a espacio y medio. [Arial, 12 ptos, normal, justificado, interlineado a espacio y medio]

El cafeto (*Coffea arabica* L.) es uno de los cultivos de mayor importancia económica, su producción mundial es elevada, pues es un producto de alta demanda, de ahí que constituye una fuente de empleo y de divisas para muchas naciones de África, Asia y América Latina (Joao, 2002).

En Cuba es el principal cultivo en las regiones montañosas del Macizo Guamuhaya, pertenece a la familia Rubiácea, dentro de esta la que más se destaca es la especie *Coffea arabica* L., que representa aproximadamente el 80% de la producción mundial y en Cuba es la especie de mayor importancia económica (López, 2016).

A pesar de esto, en el informe realizado por el Grupo Empresarial Agricultura de Montaña (GEAM, 2012) se expone que los rendimientos de este cultivo han disminuido considerablemente, destacándose entre las principales causas la mala calidad de las plántulas, debido a la poca uniformidad de estas en su talla, entre otros factores.

De acuerdo con Sánchez et al. (2018), la premisa fundamental para tener plantaciones de cafetos altamente productivas, es la obtención de plántulas sanas y vigorosas. En Cuba, durante los últimos años se producen alrededor de 50 - 60

millones de plántulas de cafetos anualmente (GEAM, 2012) y por lo intensivo del trabajo en esta fase del cultivo, es necesario investigar nuevas alternativas que impliquen reducir el uso de fertilizantes y disminuir los volúmenes de materia orgánica en los sustratos, contribuyendo a la disminución de los costos de producción sin afectar la calidad de las plántulas de cafetos (Díaz et al. 2016).

Debido al encarecimiento de los fertilizantes químicos, las escasas reservas naturales de algunos nutrientes, así como los grandes consumos energéticos para la fabricación de los fertilizantes, el uso de las alternativas biológicas se imponen, no solo como una necesidad en la producción agrícola, sino también en la agricultura científica del futuro, sin afectar la ecología y con factibilidad económica (Barroso et al. 2015).

Por otra parte, la materia orgánica juega un papel fundamental en la preparación de sustratos para viveros y se requiere de grandes volúmenes, sí de grandes cantidades de plántulas a producir se trata. Sánchez et al. (2000) citado por Serbelló et al. (2013) señalan que resulta importante buscar nuevas tecnologías que permitan hacer un uso más racional de la materia orgánica, disminuyendo los costos de producción sin afectar la calidad de las plántulas.

FitoMas-E® es el nombre comercial del estimulante del crecimiento vegetal, conformado por un formulado acuoso estable que contiene, aminoácidos, oligosacáridos y bases nitrogenadas. Estimula la nutrición, el crecimiento, la floración, la fructificación, la germinación y el enraizamiento (MINAG, 2020). Reduce el ciclo del cultivo y potencia la acción de los fertilizantes, lo que permite reducir entre el 30% y el 50% las dosis recomendadas (Montano, 2008). Sus principales ventajas están dadas como estimulante para el crecimiento de las plantas (Castillo et al. 2014), con efecto sobre el suelo y la rizosfera de la planta, la asimilación de nutrientes y la estimulación de fitohormonas.

Aunque se conoce el efecto del bioestimulante FitoMas-E en el comportamiento agronómico de varios cultivos, no se han desarrollado investigaciones concluyentes en relación al cultivo del cafeto, que demuestren su efectividad sobre el crecimiento y desarrollo de plántulas al utilizar diferentes proporciones de materia orgánica en el sustrato de los viveros, por lo que se planteó como objetivo evaluar el efecto del bioestimulante FitoMas-E y dos proporciones de materia orgánica en el sustrato sobre el crecimiento de plántulas de cafeto (*C. arabica*) en la fase de vivero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el área de viveros de la Unidad Docente FAME, situada en la localidad de Tope de Collantes, Trinidad, Sancti Spíritus en el período comprendido entre diciembre del 2017 y Julio del 2018, sobre un suelo Ferralítico

rojo lixiviado, (Hernández et al. 2015) a una altitud de 750 m.s.n.m. El análisis químico del suelo arrojó los siguientes resultados: pH (KCL): 4,72; Materia orgánica (%): 2,80; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mg/100g): 4,40; K<sub>2</sub>O (mg/100g): 6,29; Ca (meq/100g): 5,70 y Mg (meq/100g): 0,89.

Se utilizaron semillas de café certificadas (Variedad: Isla 5-3), provenientes de la Estación Experimental del Café Jibacoa, Villa Clara. El bioestimulante FitoMas-E fue adquirido en la empresa LABIOFAM (Laboratorios de Producciones Biofarmacéuticas y Químicas) de la provincia de Sancti Spíritus.

La preparación del sustrato se desarrolló manualmente, se mezcló de forma homogénea el suelo con la materia orgánica bien descompuesta proveniente del estiércol vacuno, material comúnmente usado en la producción de plántulas de cafeto, y el fertilizante mineral, según los tratamientos. El llenado de los envases se realizó según las normas técnicas establecidas y se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm de diámetro por 22 de alto, con capacidad de 1 kilogramo de sustrato aproximadamente. Se sembraron dos semillas por bolsa, dejando una sola plántula cuando alcanzaron la fase de mariposa.

Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado con un arreglo bifactorial (2x4) con los factores: dos proporciones de MO y 4 dosis de FitoMas E. Se conformaron 10 tratamientos con tres réplicas resultantes de combinar las dos proporciones de suelo: materia orgánica (MO) en la composición del sustrato: (3:1, volumen: volumen (v:v) y 5:1 (v:v)) y las cuatro dosis de FitoMas E (0 ml L<sup>-1</sup>; 2 ml L<sup>-1</sup>; 4 ml L<sup>-1</sup> y 6 ml L<sup>-1</sup>); además se utilizó para cada proporción de suelo: MO, un tratamiento control con la utilización de fertilizantes químicos según las normas técnicas.

T1. Control. Proporción 3:1 de suelo: Materia orgánica y NPK. (Normas técnicas)

T2. Proporción 3:1 de suelo: MO. (sin aplicación de FitoMas-E)

T3. Proporción 3:1 de suelo: MO. + Dosis 2 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E

T4. Proporción 3:1 de suelo: MO. + Dosis 4 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E

T5. Proporción 3:1 de suelo: MO. + Dosis 6 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E

T6. Control. Proporción 5:1 de suelo: Materia orgánica y NPK. (Normas técnicas)

T7. Proporción 5:1 de suelo: MO. (sin aplicación de FitoMas-E)

T8. Proporción 5:1 de suelo: MO. + Dosis 2 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E

T9. Proporción 5:1 de suelo: MO. + Dosis 4 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E



T10. Proporción 5:1 de suelo: MO. + Dosis 6 ml L-1 de FitoMas-E

Cada tratamiento contó con 60 plantas, de las cuales 24 se evaluaron al finalizar el periodo experimental. En el caso de los tratamientos control, en cada una de las proporciones de suelo: MO estudiadas, se le realizó una aplicación de fertilización mineral (NPK, fórmula 7-14-7), según lo establecido por las Instrucciones técnicas para el cultivo de café arábico (MINAG, 2013).

El FitoMas E se aplicó inicialmente embebiendo las semillas, previo a la siembra durante tres horas, en la dosis correspondiente al tratamiento del bioproducto en agua y luego una segunda aplicación foliar a los 120 días de la siembra, usando la misma dosis, según lo reportado por Díaz et al. (2016). La aplicación foliar se realizó con una mochila Mataby de 16 L de capacidad. Para los tratamientos control y sin aplicación del biopreparado se embebieron las semillas, al igual que los anteriores, solo con agua.

Las actividades fitotécnicas para la producción de plántulas se realizaron según las Instrucciones técnicas para el cultivo de café arábico (MINAG, 2013). A los siete meses de la siembra (210 días) se realizaron las siguientes evaluaciones: altura de las plántulas, diámetro del tallo, área foliar y masa seca total, además se calculó un índice de eficiencia para el área foliar y masa seca total.

Se evaluaron, en todos los casos, las variables de crecimiento. La altura de las plántulas (cm) se realizó con una regla graduada desde el cuello de la raíz de la planta hasta el ápice. El diámetro del tallo (mm) se realizó con pie de rey graduado en milímetros en la base del tallo de la plántula. Para estimar el área foliar (cm<sup>2</sup>) se utilizó del método propuesto por Soto (1980), a partir de las dimensiones lineales de la hoja. Para determinar la masa seca total, luego de lavadas adecuadamente, las plántulas se introdujeron en una estufa para su secado a una temperatura de 65°C, hasta lograr masa constante.

Para determinar el índice de eficiencia (IE) se empleó la fórmula propuesta por Siqueira y Franco (1988) citados por Sánchez (2001). En este caso se aplicó a las variables área foliar (AF) y masa seca total (MST) tomando como testigo de referencia las plantas no tratadas en el mismo nivel de relación suelo-materia orgánica.

$$IE = (AF \text{ del tratamiento con aplicación} - AF \text{ del tratamiento sin aplicación}) / (AF \text{ del tratamiento sin aplicación}) \times 100$$

Análisis estadístico

Para determinar las diferencias entre los tratamientos en todas las variables evaluadas con respecto al control se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA)

múltiple para el análisis bifactorial y un ANOVA simple para el análisis de los factores por separado procesado en el paquete estadístico Statgraphics 5.0. En los casos en que se encontró diferencias significativas se aplicó la prueba Duncan ( $p \leq 0,05$ ) como criterio comparativo entre los diferentes tratamientos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de las variables evaluadas, las plántulas respondieron positivamente a la aplicación del biopreparado aplicado (Tabla 1). Los valores superiores se corresponden con los tratamientos donde se aplicó la mayor dosis de FitoMas E, independientemente de la proporción de materia orgánica en el sustrato, sin diferencias significativas, de forma general, con los valores obtenidos en los tratamientos control (NT) donde se aplicó lo establecido por las normas técnicas.

Tabla. 1 Influencia de FitoMas-E y diferentes proporciones de suelo: materia orgánica en el sustrato, sobre el crecimiento de plántulas de café.

Tratamientos	Altura (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Masa seca (g)
1. Control 3:1+ NPK (NT)	18,78 ab	0,328 a	385,18 a	3,29 a
2. 3:1 (sin aplicación)	15,86 cd	0,262 fg	241,53 d	2,40 cd
3. 3:1- 2 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	17,15 abc	0,276 ef	285,17 bc	2,56 cd
4. 3:1- 4 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	18,82 ab	0,304 bcd	315,15 b	2,98 ab
5. 3:1- 6 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	19,08 a	0,325 ab	387,94 a	3,25 a
6. Control 5:1 + NPK (NT)	16,11 abc	0,286de	318,11 b	3,06 ab
7. 5:1(sin aplicación)	14,13 d	0,252g	213,91 d	2,16 d
8. 5:1- 2 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	15,73 cd	0,29 cde	251,13 cd	2,19 d
9. 5:1- 4 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	17,35 abc	0,316 ab	307,90 b	2,71 bc
10. 5:1- 6 ml L <sup>-1</sup> FitoMas-E	18,65 abc	0,312 abc	364,94 a	2,98 ab
<b>Es ±</b>	<b>0,2789**</b>	<b>0,0359**</b>	<b>7,897**</b>	<b>0,0574**</b>
<b>C. V (%)</b>	<b>12,58</b>	<b>9,43</b>	<b>19,94</b>	<b>16,12</b>

\*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente ( $p \leq 0,05$ )

En todas las variables evaluadas se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos donde se aplicó el bioproducto y los tratamientos control (NT) con respecto a los tratamientos sin aplicación para cada proporción de materia orgánica en el sustrato, excepto para altura de la planta y masa seca total. En estas variables, no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos donde se aplicó la dosis más baja del FitoMas E, con relación al tratamiento sin aplicación correspondiente a igual contenido de materia orgánica en el sustrato.

Estos resultados corroboran lo planteado por Hernández (2007), quien refiere que con la aplicación de FitoMas-E a diferentes dosis se obtienen buenos resultados en las variables de crecimiento, independientemente de la dosis empleada.

Se comprobó que en la medida que aumenta la proporción del bioestimulante en la solución se favorecen los indicadores de desarrollo morfológico de las plántulas de café, llegando a ser estadísticamente similares o superiores a los tratamientos controles (NT) cuando se aplicó la dosis máxima del bioproducto en ambos niveles de MO en los sustratos correspondientes. No se encontró diferencias estadísticas entre el tratamiento de 6 ml L<sup>-1</sup> de FitoMas-E en la proporción 5:1 de suelo: MO con respecto a las normas técnicas con la proporción 3:1 de suelo MO, lo que sugiere que es posible disminuir los niveles de materia orgánica en los sustratos aplicando una dosis adecuada de FitoMas-E, sin afectar la calidad de las plántulas de café.

Este comportamiento se evidencia en los cuatro indicadores del crecimiento evaluados, lo que corrobora el efecto bioestimulante de FitoMas-E sobre el crecimiento y el desarrollo de plántulas de café. FitoMas-E es capaz de estimular la división y el alargamiento celular, así como la nutrición del cultivo, lo que favorece, a su vez, el crecimiento y el desarrollo vegetal, además de la germinación (Alvarado et al. 2011).

Barroso et al. (2015) reportaron el efecto fitoestimulante del FitoMas-E sobre el crecimiento y el desarrollo de plántulas de café. Estos autores obtuvieron el mejor resultado en las plantas a las que se les aplicó el tratamiento de biofertilización de micorriza y FitoMas-E, sobre sustrato de pulpa de café, con la que se logró reducir hasta un 25 % el fertilizante mineral con resultados superiores a la aplicación del 100 % del mismo.

Díaz et al. (2016) obtuvieron efectos favorables con la aplicación de FitoMas E sobre la energía germinativa de las semillas del café y el crecimiento y desarrollo de las plántulas, independientemente de la dosis y el número de aplicaciones, pero siempre alcanzaron los mejores resultados con las dosis más altas aplicadas y cuando realizó dos aplicaciones en la fase de vivero.

Gutiérrez y Gaskin (2017), al evaluar el efecto del FitoMas-E sobre algunos indicadores del crecimiento y calidad en plántulas de café en la variedad Caturra rojo, concluyen que la aplicación del bioestimulante provocó un efecto positivo en los principales indicadores evaluados muy superior al control.

Al analizar el efecto de los factores estudiados sobre los indicadores de crecimiento y desarrollo de las plántulas de café (Tabla 2) se evidencian los mejores resultados al utilizar la proporción 3:1 de suelo: MO en los sustratos, ya sea cuando se aplicó el bioestimulante y también al utilizar fertilizante químico en

las normas técnicas; en tanto se mantienen las diferencias entre las dosis de FitoMas E, con mayor efecto en la medida que aumentamos la dosis a aplicar, resultando la dosis 6 ml L-1 la de mejores resultados. Solo se evidenció interacción significativa entre los factores para el indicador diámetro del tallo y área foliar.

Factor	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )	Materia seca (g)
<b>FitoMas E (F)</b>				
0	15,0 c	0,257 c	227,72 d	2,30 c
2	16,44 bc	0,283 b	268,15 c	2,36 c
4	18,08 ab	0,310 a	311,53 b	2,84 b
6	18,86 a	0,318 a	376,14 a	3,12 a
Valor F	12,53 **	50,51**	99,07 **	37,65**
<b>Proporción S/MO (P)</b>				
3:1	17,72 a	0,2918	307,45 a	2,80 a
5:1	16,46 b	0,2925	284,72 b	2,51 b
Valor F	6,71 **	0,03 ns	13,14 **	19,68**
<b>Normas Técnicas</b>				
3:1 (NT)	18,78 a	0,328 a	385,18 a	3,29 a
5:1 (NT)	16,11 b	0,286 b	318,11 b	3,06 b
Interacción FxP	0,34 ns	4,15 *	0,80 *	0,39 ns
C. V (%)	9,87	4,18	7,47	8,59

\*medias con letras diferentes en la misma columna, difieren significativamente (  $p \leq 0,05$  )

Viñals et al. (2017) reportan que con la aplicación de productos bioactivos se produce un efecto benéfico en la nutrición de los cafetos en su fase de vivero, reflejando su acción en el crecimiento de las plántulas, obteniendo los mejores resultados con la aplicación de FitoMas E, con un importante ahorro de recursos financieros y reducción del material orgánico en los sustratos.

La aplicación de dosis crecientes de FitoMas-E, en las dos proporciones de suelo: MO en el sustrato, produce incrementos entre 17,4 y 70,6% con respecto a los tratamientos sin aplicación, al evaluar el índice de eficiencia para el indicador área foliar, a los siete meses de efectuada la siembra de las semillas de café (Fig. 1).

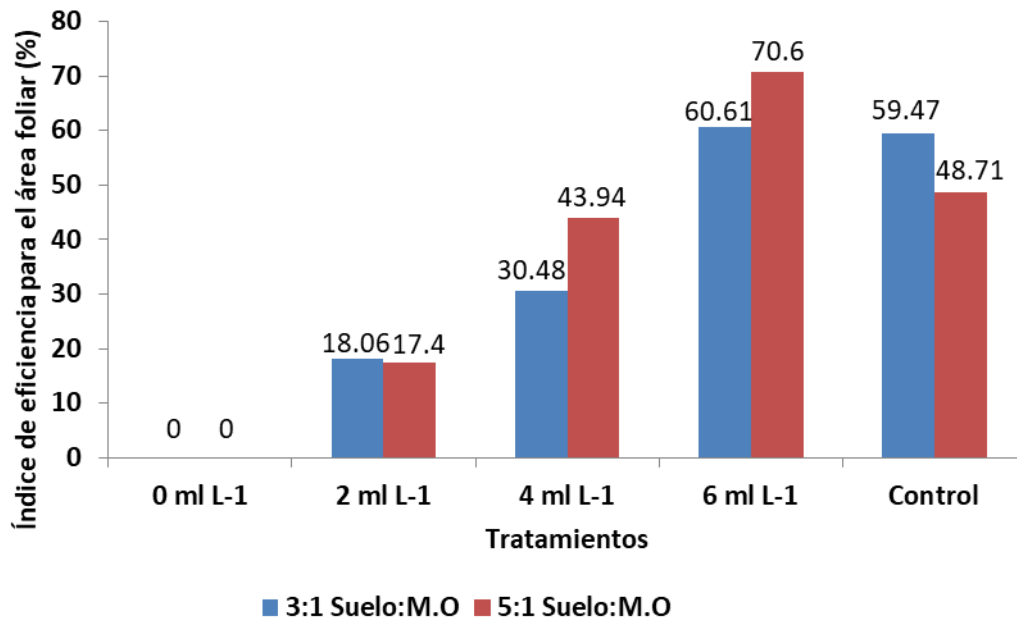


Figura 1. Índices de eficiencia para el indicador área foliar de las plántulas de café en los tratamientos con respecto al testigo.

Los mayores incrementos se obtuvieron en los tratamientos donde se aplicó las mayores dosis del bioestimulante, superiores incluso a los alcanzados por los tratamientos controles (NT) para sus respectivos proporciones de materia orgánica en los sustratos.

Semejante comportamiento se observa al evaluar los índices de eficiencia para el indicador masa seca de las plántulas de café en los tratamientos control y con aplicación del bioestimulante con respecto a los tratamientos sin aplicación (Fig. 2). Los incrementos alcanzaron valores entre 1,39 y 41,66 %. En este caso los incrementos de los tratamientos donde se aplicó las dosis más altas del bioestimulante no superan los alcanzados en los tratamientos controles para sus respectivas proporciones de materia orgánica en los sustratos, sin embargo la diferencia es mínima.

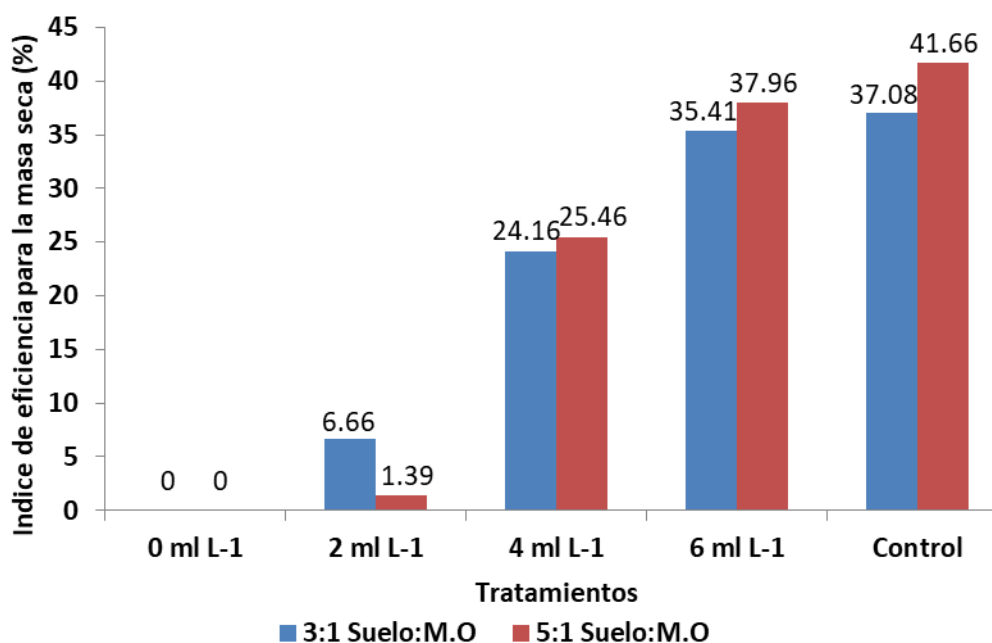


Figura 2. Índices de eficiencia para el indicador masa seca de las plántulas de café en los tratamientos con respecto al testigo.

Varios autores reportan incrementos significativos, en indicadores morfológicos y de rendimiento de diversos cultivos, al aplicar FitoMas-E en diferentes variantes y dosis, con respecto a los testigos. López et al. (2007) encontraron incrementos entre 13 y 22% y entre 32 y 153% en indicadores de crecimiento y de rendimiento respectivamente, en el cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Alvarado et al. (2011) encontraron que el FitoMas-E, ejerció una influencia positiva en el crecimiento de plántulas de café (*C. arabica*), con incrementos del 55% del área foliar de las plántulas tratadas con respecto al testigo.

Barroso et al. (2015) reportaron incrementos en el área foliar y la masa seca total, de 11,03% hasta el 34,82 % y de 4,55 % hasta el 12,50 % respectivamente, de plantas de café tratadas con FitoMas E con respecto al testigo sin aplicación.

Estos autores plantean que el aumento en el área foliar en los tratamientos donde se aplicó FitoMas-E, es la respuesta fisiológica del café, cuando crece en un medio donde existe mayor suministro de elementos nutritivos. La incorporación del bioestimulante por vía foliar a las plántulas de café puede provocar un incremento en los minerales y bases nitrogenadas de las plantas. El nitrógeno se incorpora en todas las moléculas de proteínas formando parte de los elementos que intervienen en la actividad fotosintética y respiratoria, por tanto, mejora el metabolismo de la planta y su crecimiento.

## Conclusiones

La aplicación de FitoMas-E influye positivamente en el crecimiento de las plántulas de cafeto, con incrementos de su eficiencia, en la medida que se aumentan las dosis independientemente de la conformación del sustrato. La dosis de 6 ml L-1 resultó la más eficiente y se constató que con la aplicación de dosis eficientes del biopreparado es posible disminuir los niveles de materia orgánica en el sustrato, sin afectar la calidad de las plántulas de cafeto

## Referencias bibliográficas

- Alvarado, K., Blanco, Á., Villar, J. (2011). Influencia de un bioestimulante cubano en la obtención de posturas de café. *Revista científica del CITMA Guantánamo. Hombre ciencia y tecnología*, 15(4), octubre – diciembre.
- Barroso, L., Abad, M., Rodríguez, P., Jerez, E. (2015). Aplicación de FitoMas-E y ECOMIC® para la reducción del consumo de fertilizante mineral en la producción de posturas de cafeto. *Rev. Cultivos Tropicales*, 36(4):158-167, octubre-diciembre.
- Castillo, P. G., TorrecillaS, A., Villar, J., et al. (2014). Cuantificación del contenido de aminoácidos en el bionutriente FitoMas-E seco en polvo por HPLCESI-MS/MS. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 48(1): 3-6, ISSN: 0138-6204, enero-abril.
- Díaz, A., Suárez, C., Díaz, D., et al. (2016). Influencia del bionutriente FitoMas E sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). *Rev. Centro Agrícola*. 43(4): 29-35, octubre- diciembre.
- Grupo Empresarial Agricultura De Montaña (GEAM) (2012). Informe resumen sobre el programa del café y las acciones que se acometen. Ministerio de La Agricultura, La Habana, Cuba, 7 p.
- Gutiérrez, J. R., Gaskin, L. (2017). Aplicaciones de "FitoMas E" en posturas de cafeto variedad Caturra rojo. *Revista Ingeniería Agrícola*, 7(1): 16-21, enero-marzo.
- Hernández, A, Pérez J.M, Bosch D, et al. (2015). Clasificación de los Suelos de Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícola. Ministerio de la Agricultura. Ciudad Habana. Cuba, 93 pp.
- Hernández, J. (2007). Aspectos cualitativos evaluados por productores en la empresa de cultivos varios de Batabanó en algunos cultivos donde se aplicó FitoMas-E. Informe al proyecto ramal del MINAZ 271. Julio.
- Joao, J.P. (2002). Efectividad de la inoculación de cepas de HMA en la producción de posturas de cafeto sobre suelos Ferralítico Rojo Compactado y Ferralítico Rojo

Lixiviado de montaña. Tesis de Maestría, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba.

López, Y. (2016). Efecto del bioestimulante FitoMas-E y diferentes sustratos sobre la producción de posturas de cafeto (*Coffea arabica* L.). Tesis de Maestría. Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez". Facultad de Ciencias Agropecuarias. Sancti Spíritus. Cuba. 50p.

López, R., Montano, R., LobainA, J., *et al.* (2007). Comportamiento de plantas hortícolas con diferentes dosis de FitoMas-E en condiciones edafoclimáticas de Guantánamo. XV Congreso Científico INCA. 7-10 de noviembre.

Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2013). Instructivo Técnico Café Arábico. Instituto de Investigaciones Agroforestales. 137 Pp.

Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2020). Manual práctico para uso de bioproductos y fertilizantes líquidos. Departamento de Suelos y Fertilizantes. Ministerio de la Agricultura. La Habana, enero, 21p.

Montano, R. (2008). FitoMas-E, bioestimulante derivado de la industria azucarera. Composición, mecanismo de acción y evidencia experimental. Instituto cubano de investigaciones de los derivados de la caña de azúcar (ICIDCA). 34p.

Sánchez, C. (2001). Manejo de las asociaciones micorrizicas arbusculares en la producción de posturas de cafetos (*C. arabica* L.) en algunos suelos del Escambray. Tesis de Doctorado, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba. 103p.

Sánchez, C.; Martínez, F; Mora N, N; *et al.* (2018). Influencia de tres tipos de tubetes y diferentes momentos de fertilización en el desarrollo de posturas de café. *Café Cacao*, 17(1): 35-43, ISSN 1680-7685.

Serbelló, G. F.G., Soto, O. R., Mesa, J.R. (2013). Efecto de la aplicación de Fitomás-E en la producción de posturas de papayo var. Maradol Roja en Cienfuegos, Cuba. *Rev. Centro Agrícola*. 40(1): 35-38.

Soto, F. (1980). Estimación del área foliar en *Coffea arabica* L. a partir de las medidas lineales de las hojas. *Rev. Cultivos Tropicales*, 2(3):115-128.

Viñals, R., Bustamante, C. A., Ramos, R., *et al.* (2017). Empleo de bioproductos en la producción de posturas de *Coffea arabica* L. *Rev. Café Cacao* 16(1): 35-43.



## INCIDENCIA DE PUDRICIONES RADICALES EN GARBANZO (*CICER ARIETINUM*)

### INCIDENCE OF ROOT ROTS IN CHICKPEAS (*CICER ARIETINUM*)

<sup>1</sup>Lidcay Herrera Isla <https://orcid.org/0000-0002-2322-5136>

<sup>1</sup>Manuel Díaz Castellanos <https://orcid.org/0000-0001-8598-216X>

<sup>2</sup>Victor Daniel Gil Díaz <https://orcid.org/0000-0003-2489-8719>

<sup>1</sup>Departamento de Agronomía. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km. 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Agropecuarias: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuaní km. 5½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP 54830.

[lidcayhi@uclv.edu.cu](mailto:lidcayhi@uclv.edu.cu), [via@uclv.edu.cu](mailto:via@uclv.edu.cu), [victorgil@uclv.edu.cu](mailto:victorgil@uclv.edu.cu)

### RESUMEN

La incidencia de pudriciones radicales fue evaluada en tres cultivares de garbanzo (*Cicerarietinum* L.) procedentes de la Colección de Germoplasma del Centro de Investigaciones Agropecuarias: Nacional 5AH, DI-22 y DI-117. Los resultados mostraron que la incidencia de la enfermedad osciló entre 33,1 y 41,63%, sin diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares. La etapa fenológica más susceptible fue el llenado de legumbres. *Fusarium* estuvo presente en el 100% de las plantas con síntomas de marchitez.

**Palabras clave:** cultivares, fenología, hongos del suelo, incidencia

### Abstract

The incidence of root rot was evaluated in three chickpea cultivars (*Cicerarietinum* L.) from the CIAP germplasm collection: Nacional 5HA, DI-22 and DI-117. The results showed that the incidence of the disease ranged between 33,1 and 41,63%, without statistical differences among the cultivars. The most susceptible phenological stage was the filling of legumes. *Fusarium* was present in 100% of the plants with symptoms.

**Key words:** cultivars, phenology, soil fungi, incidence

### Introducción

En Cuba, las pudriciones radicales causadas por un complejo de hongos del suelo: *Fusarium oxysporum* Schlecht, *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. constituyen una causa importante de los bajos rendimientos del garbanzo (García *et al.*, 2008, Duarte-Leal *et al.*, 2016). Algunas de las estrategias implementadas para su control, como la rotación de cultivos y el uso de semilla libre de organismos patógenos y/o tratadas con fungicidas; han sido poco satisfactorias. Se han obtenido resultados satisfactorios con el uso de microorganismos antagonistas como *Trichoderma* spp. (Oliva-Ortiz *et al.*, 2017; Martínez-Coca *et al.*, 2018). El desarrollo de cultivares con resistencia genética ofrece la mejor

estrategia práctica y económica para el manejo de la enfermedad; sin embargo, esta se ve limitada por la presencia de nuevas razas del organismo patógeno (Jiménez-Díaz *et al.*, 1993).

La investigación tuvo como objetivo evaluar la incidencia de pudriciones radicales en cultivares de garbanzo.

## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

Los experimentos de campo se desarrollaron en áreas de la parcela experimental de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas (UCLV), de diciembre de 2019 a abril de 2020, sobre suelo Pardo Mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2019). Se utilizaron tres cultivares de garbanzo, uno comercial (Nacional 5HA) (MINAG, 2019) y dos promisorios (DI-22 y DI-117) (López, 2016). Cada cultivar ocupó un área de 35 m<sup>2</sup>, con un marco de siembra de 0,70 m x 0,20 m. Se utilizaron semillas de categoría “Original”, sin tratamientos fitosanitarios, procedentes de Centro de Investigaciones Agropecuarias(CIAP) de la UCLV.

Los muestreos se realizaron semanalmente. Las plantas con síntomas de pudriciones radicales se trasladaron al laboratorio de Microbiología Aplicada del Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP) para la identificación de los hongos asociados. Para la evaluación del progreso de las pudriciones radicales se tuvieron en cuenta las etapas generales de desarrollo fenológico del cultivo conformadas por López (2016) a partir de las etapas específicas señaladas por Muehlbauer *et al.* (1982).

La incidencia de las pudriciones radicales se determinó según la fórmula:

$$D = Pa/Pm * 100 \quad \text{donde: Pa= plantas afectadas} \quad Pm= plantas muestreadas$$

La respuesta de los cultivares al ataque de *Fusarium* spp. se evaluó según la escala de severidad de Neupaneet *et al.* (2007) (Tabla 1).

Tabla 1. Escala de severidad de las pudriciones radicales por *Fusarium* en garbanzo

Incidencia (%)	Respuesta
≤ 10	Resistente
10,1 - 20	Moderadamente resistente
20,1 - 50	Susceptible
> 50	Altamente susceptible

El procesamiento de los datos se realizó mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XV ver. 15.2.14 Edición Multilingüe del 2006. Se aplicaron pruebas de comparación de proporciones para las comparaciones de las medias en los análisis de incidencia de la enfermedad

## 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las muestras de plantas enfermas arrojó la presencia *Fusarium* sp. y *Macrophomina phaseolina* afectando los cultivares evaluados. *Fusarium* se encontró en el 100% de las muestras analizadas (Tabla 2). Se detectaron además, los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Trichoderma*.

Tabla 2. Hongos fitopatógenos asociados a las pudriciones radicales en garbanzo (porcentaje del total de plantas con síntomas).

Cultivar	Plantas con síntomas	%	
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>Macrophomina phaseolina</i>

Nacional 5HA	112	100	1,87
DI-22	104	100	4,80
DI-117	49	100	2,04

Los resultados obtenidos coinciden con las investigaciones realizadas por López (2016) quien evaluó la incidencia de hongos del suelo en una colección de accesiones de garbanzo, los que fueron afectados por *Fusarium* sp. y *Macrophomina phaseolina*; *Fusarium* constituyó el hongo con mayor incidencia en las accesiones evaluadas.

Fierros *et al.* (2019) reportaron que en el 74.3% de la superficie agrícola de la Costa de Hermosillo, México, se aislaron e identificaron las especies *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* sp. *ciceris*.

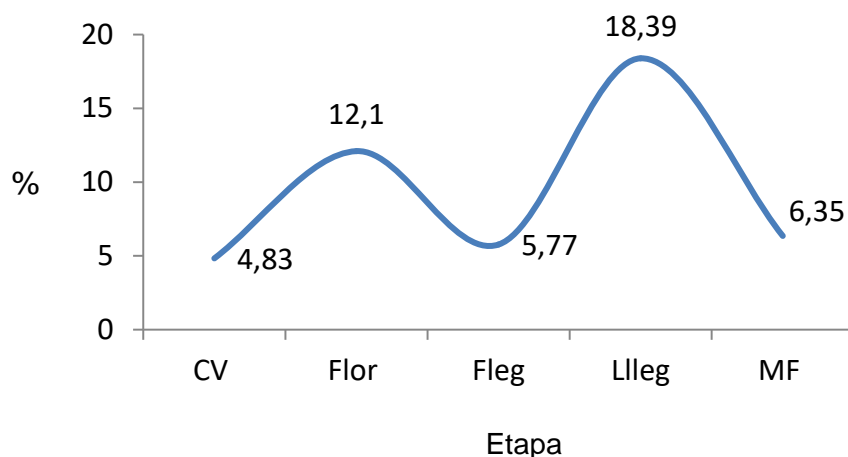
No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los cultivares en cuanto a la incidencia de *Fusarium* sp.; los valores obtenidos fueron superiores al 30 %, lo que los clasifica como susceptibles a la enfermedad (Tabla 3).

Tabla 3. Incidencia de *Fusarium* sp. en cultivares de garbanzo (Porcentaje de plantas enfermas)

Cultivar	%	Respuesta
Nacional 5HA	41,63	Susceptible
DI-22	40,90	Susceptible
DI-117	33,10	Susceptible

Los mayores valores de incidencia obtenidos en la investigación están dados por la precedencia en el área donde se desarrolló el experimento, de siembras continuas de garbanzo y frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) durante ocho años, período en el que se ha observado un incremento progresivo de la incidencia del complejo de hongos patógenos del suelo, lo que denota la alta presión de inóculo presente en el mismo. Pandeet *et al.* (2007) reportaron un incremento en el número de plantas enfermas, así como de propágulos del hongo en el suelo, al sembrar durante tres ciclos del cultivo, semillas provenientes de plantas de garbanzo con síntomas de marchitez.

El análisis de la incidencia de *Fusarium* sp. mostró que los síntomas se observaron desde los inicios del crecimiento vegetativo, hasta finales de la madurez fisiológica. Las mayores afectaciones se encontraron en la fase llenado de legumbres (Figura 1), resultados que coinciden con los obtenidos por Nene *et al.* (1991).



**Leyenda:** CV crecimiento vegetativo      Flor. floración  
 Fleg. formación de legumbres  
 Lleg. llenado de legumbres      MF madurez fisiológica

Figura 1. Incidencia de *Fusarium* sp. en garbanzo, cultivar Nacional 5HA (Porcentaje de plantas enfermas)

#### 4 Conclusiones

Como conclusiones de la investigación *Fusarium* sp. se detectó en el 100% de las plantas con síntomas, seguido por *Macrophomina phaseolina*. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre los cultivares respecto a la incidencia de *Fusarium*, con valores superiores al 30%. La etapa fenológica de la planta más afectada por la enfermedad fue el llenado de legumbres.

#### 5 Referencias bibliográficas

1. DUARTE-LEAL, Y., ECHEVARRÍA-HERNÁNDEZ, A., MARTÍNEZ-COCA, B. 2016. Identificación y caracterización de aislamientos de *Fusarium* spp. presentes en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Cuba. *Revista Protección Vegetal*, 31(3):173-183.
2. FIERROS H., GALLEGOS J., ORTEGA P., PADILLA I., ÁLVAREZ A., RAMÍREZ M., VELARDE S. 2019. Distribución de hongos asociados a pudriciones de raíz del garbanzo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, volumen 10 (1):131-142.
3. GARCÍA J., GONZÁLEZ L., SHAGARODSKY T. 2008. Principales enfermedades del cultivo del garbanzo y posibles medidas de control. *Agrotecnia de Cuba*. Volumen 32, No. 1:65-72.

4. HERNÁNDEZ, A.; PÉREZ, J.M.; BOSCH, D.; RIVERO, L. 2019. Nueva Versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos, AGRINFOR, Ciudad Habana, 64 p.
5. JIMÉNEZ-DÍAZ, R. M., ALCALÁ-JIMÉNEZ, A.R., HERVÁS, A., AND TRAPERO-CASAS, J.L. 1993. Pathogenic variability and host resistance in the *Fusariumoxysporum* f. sp. *ciceris/Cicerarietinum* pathosystem. pp. 87-94. In: E. Arseniuk, and T. Goral (eds.). *Fusarium* Mycotoxins, Taxonomy, Pathogenicity and Host Resistance. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> European Seminar. Plant Breeding and Acclimatization Institute. Radzikov, Poland. 325 p.
6. LÓPEZ T. 2016. Incidencia del complejo de hongos patógenos del suelo en una colección de germoplasmas de garbanzo (*Cicerarietinum* L.). Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Agricultura Sostenible, Mención Sanidad Vegetal, FCA. 64 p.
7. MARTÍNEZ-COCA, B., INFANTE, D., CARABALLO, W., et al. 2018. Antagonismo de cepas de *Trichodermaasperellum* Samuels, Lieckfeldt & Nirenberg frente a aislamientos de *Fusarium* spp. procedentes de garbanzo. *Revista de Protección Vegetal*, 33(2):1-13.
8. MINAG. 2019. Lista Oficial de Variedades Comerciales 2019-2020. Dirección de Semillas y Recursos Fitogenéticos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, 31p.
9. MUEHLBAUER, F. J.; SHORT, R. W.; KAISER, W. J.; BEZDICEK, D. F.; MORRISON, K. J. AND SWAN, D.G. 1982. Description and Culture of chickpea. Washington State Univ. Coop. Ext. Bull. EB 1112
10. NENE, Y. L.; REDDY, M. V.; HAWARE, M. P.; GHANEKAR, A. M. AND AMIN, K. S. 1991. Field diagnosis of chickpea diseases and their control. Information Bulletin no. 28. Patancheru, Andhra Pradesh 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT).
11. NEUPANE, R. K.; SHARMA, M.; JHA, P.; NARAYANA RAO, J.; RAO, B. V.; GAUR, P. M. AND PANDE, S. 2007. Evaluation of chickpea genotypes for

- resistance to *Fusarium* wilt in Nepal. *Journal of SAT Agricultural Research* 5(1):1-2.
12. OLIVA-ORTIZ, L., VELÁZQUEZ-ALCARAZ, T., SOSA-PÉREZ, R., et al. 2017. Control de la fusariosis vascular del garbanzo (*Cicerarietinum* L.) por microorganismos nativos de Sinaloa, México. *Agrociencia*, 51: 683-695.
13. PANDE S., NARAYANA RAO J., SHARMA M. 2007. Establishment of the Chickpea Wilt Pathogen *Fusariumoxysporum*f. sp. *ciceris* in the Soil through Seed Transmission. *PlantPathology J.* 23(1): 3-6.

**RELACIONES MEDIOAMBIENTALES DE UNA COBERTURA ARBÓREA EN UN RELICTO DEL bs-T, EN ARMERO - GUAYABAL - COLOMBIA.**

**ENVIRONMENTAL RELATIONSHIPS IN A DRY FOREST PATCH IN ARMERO-GUAYABAL (COLOMBIA, SOUTH AMERICA)**

**Luis Alfredo Lozano Botache<sup>1</sup> (orcid.org/0000-0002-1448-8794),  
Omar Aubrelío Melo Cruz<sup>2</sup>(orcid.org/0000-0003-0852-1559),  
Miguel Ángel Quimbayo Cardona<sup>3</sup> (orcid.org/0000-0001-6579-9288)**

<sup>1</sup>Ingeniero Forestal. [M. Sc. Profesor asociado Universidad del Tolima. Colombia.](#)

<sup>2</sup>Ingeniero Forestal. [Ph. D. Profesor asociado Universidad del Tolima. Colombia.](#)

<sup>3</sup>Biólogo. [Ph. D. Profesor asistente Universidad del Tolima. Colombia.](#)

[llozano@ut.edu.co](mailto:llozano@ut.edu.co), [omelo@ut.edu.co](mailto:omelo@ut.edu.co), [miguelq@ut.edu.co](mailto:miguelq@ut.edu.co)

## **Resumen**

En Tolima, el bs-T ha llegado casi a su desaparición. El conocimiento es crítico, dificultando la persistencia de los bosques prístinos. Se seleccionó un relicto de bosque seco y en él se relacionaron variables abióticas con dasonómicas. Variables como temperatura del suelo, luminosidad y cobertura; textura del suelo, estructura y humedad del suelo; D.A.P. y composición florística arbórea. La selección del relicto fue por madurez del bosque, moderada intervención antrópica, y continuidad de área. La evaluación fue sobre cuatro parcelas de 20 metros de ancho, perpendiculares a la quebrada "la Zorra", con un largo hasta llegar al borde del bosque. Las variables fueron objeto de un análisis discriminante. Los resultados muestran árboles que alcanzan 24 metros altura y que impiden la entrada de la luz del sol al suelo, manteniendo altas y homogéneas condiciones de humedad y temperatura ambiental bajo el dosel. Este microclima favorece el desarrollo de las plantas y así remontar los procesos de desertificación con especies como *Myrciaacuminata*, *Lonchocarpussericeus*, *Myrciaovalifolia* y *Simiracordifolia*. Se resalta una alta diversidad alfa; con homogeneidad en las condiciones ambientales, más no tanto en la composición florística. Es posible que esto incida en la distribución aleatoria de las especies.

**Palabras clave:** Bosque seco tropical. Relictos ribereños en el bs -T. Patrones ecológicos. Biodiversidad en bosque seco.

### Abstract

Dry forest in Tolima State is almost disappeared. The lack of knowledge of these forests makes them impossible to persistence of pristine areas. Into a patch of dry forest were related abiotic and forestry variables. Some variables were soil temperature, texture, structure and humidity, luminosity, cover, diameter at chest height and floristic composition. Patch selection was made due to forest maturity, moderate anthropogenic intervention, and forest connectivity. Assessment was made in four plots of 20 m width upright "La Zorra" River, and a length until the forest cover. Variables had a discriminant analysis. Results show trees of 24 m height that avoid the sun light entrance to the soil, maintaining high and homogeneous humidity conditions and environment temperature under the canopy. This microclimate favor vegetation development and increase desertification processes with species like *Myrcia acuminata*, *Lonchocarpussericeus*, *Myrciaovalifolia* y *Simira cordifolia*. A higher Alfa diversity is highlighted with homogeneous environmental conditions and possibly influencing on aleatory species distribution.

**Keywords:** Tropical dry forest, riverine patch forests, ecological patterns, dry forest biodiversity

### Introducción:

Desde la conquista española, el desarrollo cultural y económico de Colombia ha estado ligado a procesos de migraciones - voluntarias o forzadas -, de personas que colonizan tierras para la minería o la adecuación agropecuaria, como formas de cambio de uso del suelo y explotación de las tierras. En la adecuación de tierras, las áreas de uso agropecuario se incrementan, y las coberturas vegetales nativas se van modificando a costa de la diversidad prístina y en detrimento del 68.5% de las tierras de vocación forestal en Colombia. Las tierras denominadas de vocación agrícola están ubicadas en las planicies aluviales de los grandes ríos, lechos de antiguas ciénagas, en las planicies aluviales de piedemonte y en los altiplanos, siendo relevante el hecho que - a excepción de las laderas y los altiplanos - las tierras agrícolas se ubican dentro del piso térmico cálido, el que ocupa el 80% de la superficie del país. Estas tierras son diferenciadas por los regímenes de precipitación pluvial, mostrando formaciones de vegetación que van desde exuberantes selvas, hastaxerófitas y casi de desiertos.

En el norte del Tolima - Colombia, sobre el valle del río Magdalena, las áreas ocupadas por bosques nativos conformados por árboles propios del bosque seco tropical (bs -T), como *Ochromapyramidale*, *Anacardiumexcelsum*, *Aspidospermadugandii*, *Ceiba pentandra*, *Chlorophoratinctora*, *Astroniumgraveolens*, *Tabebuiacrysantha*, *Pseudosamaneaguachapele*, *Burserasimarouba*, *Gliricidiasepium*, *Pithecellobium dulce*, *Enterolobiumcyclocarpum*, *Samaneasaman*, *Crecentiacujete*, *Guazumaulmifolia*, entre otros, han sido destruidos casi en su



totalidad, para adecuar tierras a cultivos de *Oriza sativa*, *Gossypiumsp.*, *Zea maiz*, entre otros, y ganadería extensiva con *Bostaurusindicus* y *Romosinuano*, reduciendo su expresión a relictos de bosques riparios, que también son amenazados por la disminución de los caudales de los arroyos y ríos que en la actualidad los mantienen.

Este contexto urge que se aborde el conocimiento de la estructura y dinámica de los componentes bióticos y abióticos de los bosques riparios del norte del Tolima, con el que en el futuro cercano se pueda plantear medidas de mitigación a la actual erosión de la biodiversidad nativa, la recuperación de áreas degradadas por la desnudez del suelo y, a la valoración de los beneficios intrínsecos de los bosques seco tropical, como eslabón del corredor biológico natural a lo largo de los ecosistemas del valle del río Magdalena.

El área de estudio corresponde a dos relictos de bosque ripario ubicados en la parte media del arroyo o quebrada "La Zorra" en la granja experimental de la Universidad del Tolima en Armero Guayabal - Tolima, dentro de la formación vegetal de bosque seco tropical (bs - T).

### **1. Objetivo general.**

Evaluar la relación entre y dentro de algunas variables ambientales y Dasonómicas encontradas en dos relictos de bosque seco tropical.

#### **Objetivos específicos.**

- Determinar variables que caractericen la macro estructura de hábitat en un relicto de bosque seco tropical.
- Evaluar la correlación y dependencia entre la macroestructura de hábitat y los elementos de la biodiversidad alfa, en un relicto de bosque seco tropical.

### **2. Materiales y Métodos**

Se aborda la medición de:

Variables ambientales:

- temperatura del suelo,

- luminosidad y
- cobertura.

Variable edáfica:

- textura del suelo
- estructura
- humedad del suelo

Variables Dasonómicas:

- composición florística de plantas de hábito arbóreo, hasta el taxón mínimo posible, sobre individuos mayores a 2.5 cm de diámetro normal o a la mitad de la altura total, si no posee la suficiente para marcar el diámetro normal.
- diámetros normales o a la mitad de la altura, si no poseen la suficiente para marcar el diámetro normal. Se medirán con cinta diamétrica.

Para la selección de los relictos se consideraron tres criterios:

- Características de bosque maduro,
- moderada intervención antrópica, y
- tener un área representativa y continua, suficiente para ser considerado como una “mancha” de bosque.

## **2.1 Toma de la Información.**

Se toman datos sobre cuatro parcelas -dos por relicto -, tomando como línea base para las orientaciones de estas, la perpendicularidad al curso del arroyo o quebrada “la Zorra”.

Cada parcela se marca de 20 metros de ancho, con un largo variable determinado por llegar hasta el borde de la cobertura boscosa, formando así lo que se denominará: “parcela principal”. Estas serán materializadas con tubo P.V.C. y cinta plástica. A su vez, cada parcela principal se dividirá en parcelas secundarias de 20 metros de largo, con el objeto de evaluar alguna variación que se pueda presentar desde la orilla de la quebrada, hasta el límite del bosque. Estas se materializarán con tubo P.V.C. y cinta plástica. Las parcelas secundarias se subdividen en sitios o parcelas de 5 X 5 metros, con las que se llevaría el orden y el control de las mediciones (ver figura 1). Estas también se materializarán con tubo P.V.C. y cuerda plástica. Las unidades o parcelas se georreferenciaron con GPS.

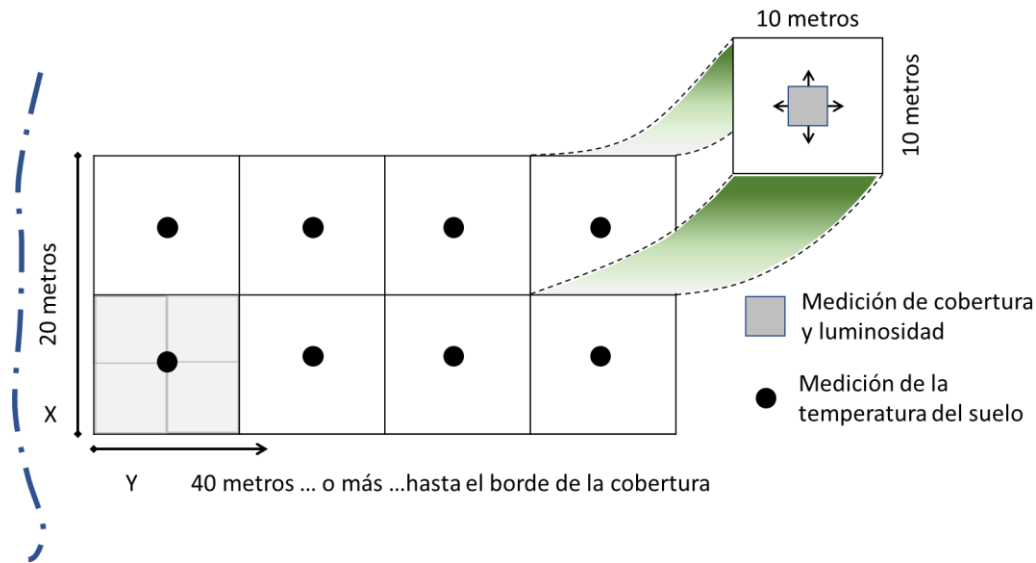


Figura 1. Ilustración sobre la parcela principal, las secundarias y los sitios de medición.

La cobertura se midió con Densiómetro cóncavo, tomando el promedio de cuatro lecturas porcentuales que se realizaron en el centro de cada parcela secundaria y orientadas de acuerdo con la dirección o sentido de cada parcela. La luminosidad relativa se midió con dos luxómetros Extech; uno a plena exposición en un claro del bosque, y otro en el centro de cada parcela secundaria, teniendo la precaución de tomar las dos lecturas al mismo tiempo. Para la temperatura del suelo se tomaron los centros de las parcelas secundarias, utilizando un geotermómetro graduado en grados centígrados. La determinación de los individuos arbóreos se realizó colectando muestras vegetales con órganos reproductores y otras sin ellos (ramas y cortezas) y comparándolas en el herbario "Toli" de la Universidad del Tolima, miembro de la asociación colombiana de herbarios.

## 2.2 Metodologías de evaluación.

La evaluación de la diversidad es de acuerdo con el número de especies (riqueza de especies), el número de individuos por especie (Índice de densidad de Margalef:  $d = (S-1) * (\ln N)^{-1}$ , 1957), por el número relativo de individuos por especie (Índice de Shannon - Weiner:  $H' = - \sum (N_i * N^{-1}) (\ln(N_i * N^{-1}))$ , 1948), y por similitud entre las dos parcelas (Índice de Afinidad de Jaccard:  $A = a * (a + b + c)^{-1}$ , 1908; o el de Sorensen  $A = 2a * (b+c)^{-1}$ ). Los resultados se evaluaron de acuerdo con los valores propuestos por Caviedes-Conde, 1999. El análisis multivariado se abordó teniendo en cuenta el ordenamiento por parcelas principales, y por parcelas secundarias, considerando todas las variables. Los softwares libres utilizados para el proceso de los datos fueron Past y Estimates.

La abundancia de individuos por especie y para todas las especies corresponde a la composición florística y el inventario en las parcelas; la distribución relativa de la composición florística se visualizará por medio de barras o pastel. La frecuencia de especies en las parcelas principales y secundarias se evaluó de acuerdo a la presencia o ausencia de las especies en las parcelas principales y secundarias. La dominancia de las especies, entendida como el área basal ocupada por las especies, se consideró por parcela principal y por parcela secundaria. De la sumatoria de estas se obtuvo el Índice de valor de importancia por parcela principal, y a lo largo de las parcelas principales.

En la distribución horizontal o diamétrica por especie y para todas las especies, se tiene en cuenta la medición de los diámetros normales.

Análisis de Varianza Múltiple (MANOVA). La prueba se correrá con todas las variables cuantitativas y cualitativas modificadas (si es o son posibles de modificarlas a cuantitativas), para determinar diferencias significativas entre variables. Se tendrán en cuenta los criterios de Wilk's y Lawley-Hotelling. Como evaluación de Componentes principales, se correrán para todas las variables, con el propósito de identificar el peso de cada variable, sobre la variación total de lo evaluado en el trabajo, construyendo una ecuación que contenga la mayor y significativa variación combinada de lo evaluado. Estos componentes principales también mostrarán como es el comportamiento de cada una de las variables frente a las otras.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Ubicación geográfica de las parcelas

Con respecto al observatorio de Bogotá, las cuatro parcelas se georreferenciaron tanto con coordenadas geográficas como con coordenadas planas. También se anotó el acimut de cada una de ellas y las altitudes tanto mínima como máxima en cada una de ellas, como se muestra en el Cuadro 1.

Parcela	Coordenadas geográficas		Coordenadas planas		Azimut	Altitudes (m)	
	Norte	Oeste	Norte	Este		Mín.	Máx.
1	5°00'12''	74°55'49''	1044.750	905.800	344	503	519
2	5°00'09''	74°55'46''	1044.680	905.900	130	502	509
3	5°00'36''	74°55'26''	1045.420	906.500	358	463	472
4	5°00'39''	74°55'24''	1045.460	906.580	351	403	434

Cuadro 1. Georreferenciación, acimut y altitud de cada una de las parcelas principales.

### 3.2 Variables ambientales

Las variables ambientales se midieron a plena exposición, es decir en la cobertura de pastura. Los valores promedios de estas variables se presentan en el Cuadro 2.

Temperatura ambiental en °C	Humedad relativa ambiental en %	Temperatura del suelo en °C	Cobertura en %	Luminosidad en %
31,8	75,5	23	0	100

Cuadro 2. Promedio de las variables ambientales, en la cobertura de pastura, a plena exposición, durante el periodo octubre a junio.

### 3.3 Microclima

Bajo la cobertura del relicto se midieron cinco variables ambientales: la temperatura ambiental, la humedad relativa ambiental y la temperatura del suelo. Estas tres variables climáticas se midieron en el centro de cada subparcela, donde también se midió la cobertura y la luminosidad, de acuerdo con los procedimientos y equipos descritos en la metodología. Los resultados promedios obtenidos para el relicto se presentan en el Cuadro 3.

	Temperatura ambiental en °C	Humedad relativa ambiental en %	Temperatura del suelo en °C	Cobertura en %	Luminosidad en %
Parcela 1	31,90	70,96	22,21	90,44	0,03
Parcela 2	29,75	80,20	22,74	88,54	0,30
Parcela 3	29,47	83,95	22,77	87,58	0,07
Parcela 4	29,88	88,55	21,25	86,62	0,20
Promedio	30,25	80,92	22,24	88,30	0,15

Cuadro 3. Datos promedios del microclima del relicto ribereño en el CURDN.

### 3.4 Composición florística

La composición florística del relicto corresponde a 52 especies, que representan 29 familias y 46 géneros botánicos. El listado se presenta en el Cuadro 4.

Las especies registradas en este estudio, se encuentran dentro de las reportadas por CANO. Et. Al., MAHECHA, QUIROGA y ROA, RANGELY CUATRE CASAS, para Colombia, en el ecosistema bosque seco tropical (bs - T), lo que en principio significa que no se encontraron nuevos reportes de especies para esta área de estudio.

	Familia	Nombre Científico o Técnico y clasificador (es)
1	Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.
2	Annonaceae	<i>Rollinia membranacea</i> Triana & Planch.
3	Annonaceae.	<i>Xylopiasp</i>

4	Annonaceae	<i>Xylopiaromatica</i> (Lam.) Mart.
5	Apocynaceae	<i>Aspidospermapolyneurum</i> Standl.
6	Bignoniaceae	<i>Jacaranda</i> sp.
7	Bombacaceae	<i>Ochroma</i> cf. <i>pyramidale</i> (Cav. Ex Lam.) Urb.
8	Bombacaceae	<i>Pseudobombaxseptenatum</i> (Jacq.) Dugand
9	Boraginaceae	<i>Cordiaalliodora</i> (Ruiz & Pavon) Oken
10	Caesalpinaceae	<i>Senna spectabilis</i> (DC) Irwin et Barneby
11	Caesalpinaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.
12	Capparidaceae	<i>Capparis indica</i> L. Fawe, & Rendle
13	Cecropiaceae	<i>Cecropiapeltata</i> L.
14	Clusiaceae	<i>Clusia</i> cf. <i>alata</i> Pl. et Tr.
15	Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum</i> sp.
16	Dilleniaceae	<i>Curatella americana</i> L.
17	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i> sp.
18	Euphorbiaceae	<i>Croton leptostachyus</i> H.B.K. Mutis Funekignufs
19	Fabaceae	<i>Lonchocarpussericeus</i> (Poir) Kunth ex D.C.
20	Fabaceae	<i>Machaerium capote</i> Triana ex Dugand
21	Fabaceae	<i>Machaerium microphyllum</i> (E. Mey.) Standl.
22	Fabaceae	<i>Ormosiamachrophila</i> Ducke.
23	Fabaceae	<i>Platymiscium hebestachyum</i> Benth.
24	Fabaceae	<i>Pterocarpus officinalis</i> Jacq.
25	Fabaceae	<i>Swartziasp.</i>
26	Flacourtiaceae	<i>Maynaodorata</i> Kubl.
27	Flacourtiaceae	<i>Caseariacorymbosa</i> (L.) H.B.K.
28	Hypericaceae	<i>Vismiabacciferavar. ferruginea</i> Kunth. H.B.K
29	Lacistemataceae	<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby
30	Lauraceae	<i>Ocotea amazonica</i> (Meisn.) Mez.
31	Lauraceae	<i>Nectandrasp.</i>
32	Lauraceae	<i>Nectandrareticulata</i> (Ruiz & Pav.) Mez.
33	Meliaceae	<i>Trichiliasp.</i>
34	Mimosaceae	<i>Calliandra colombiana</i> Britton & Ros - Britton & Killip.
35	Moraceae	<i>Ficus dendrocida</i> H.B.K.
36	Moraceae	<i>Olmedia aspera</i> L.
37	Myrsinaceae	<i>Ardisia foetida</i> Will. Ex Roem. & Schult.
38	Myrsinaceae	<i>Myrsineguianensis</i> L..
39	Myrtaceae	<i>Myrcia acuminata</i> (Kunth.) D.C.
40	Myrtaceae	<i>Myrcia ovalifolia</i> (O.Berg). Kiaorsk.
41	Myrtaceae	<i>Myrciasp.</i>
42	Polygonaceae	<i>Coccoloba obovata</i> Kunth.
43	Polygonaceae.	<i>Coccoloba</i> cf. <i>padiformis</i> Meisn
44	Rubiaceae	<i>Coutarea hexandra</i> J.R. Johnston
45	Rubiaceae	<i>Simiracordifolia</i> (Hool. F) Steyerm.
46	Rubiaceae	<i>Rondeletia pubescens</i> H.B. & K.
47	Rutaceae	<i>Fagararigida</i> (H. & B.) Englar
48	Rutaceae	<i>Xanthoxylum monophylla</i> Lam.
49	Rutaceae	<i>Amyris pinnata</i> H.B.K.
50	Sapindaceae	<i>Allophylus nitidulus</i> L.
51	Sapindaceae	<i>Cupaniacinerea</i> peopp.
52	Verbenaceae	<i>Petrea rugosa</i> H.B.K

Cuadro 4. Composición florística del relicto ribereño del arroyo o la quebrada “La Zorra”. Armero - Guayabal, Colombia.

De esta composición florística, ninguna especie se encuentra en el listado, elaborado por CALDERÓN, et al., donde se mencionan las plantas amenazadas dentro del territorio colombiano. Los clasificadores, y la escritura de varios de los nombres científicos se consultaron en Internacional PlantNameIndexQuery.

### 3.5 Índice de valor de importancia.

La Figura 2., visualiza las abundancias, frecuencias y dominancias relativas por especie, con las que se calcularon los Índices de Valor de Importancia (I.V.I.).

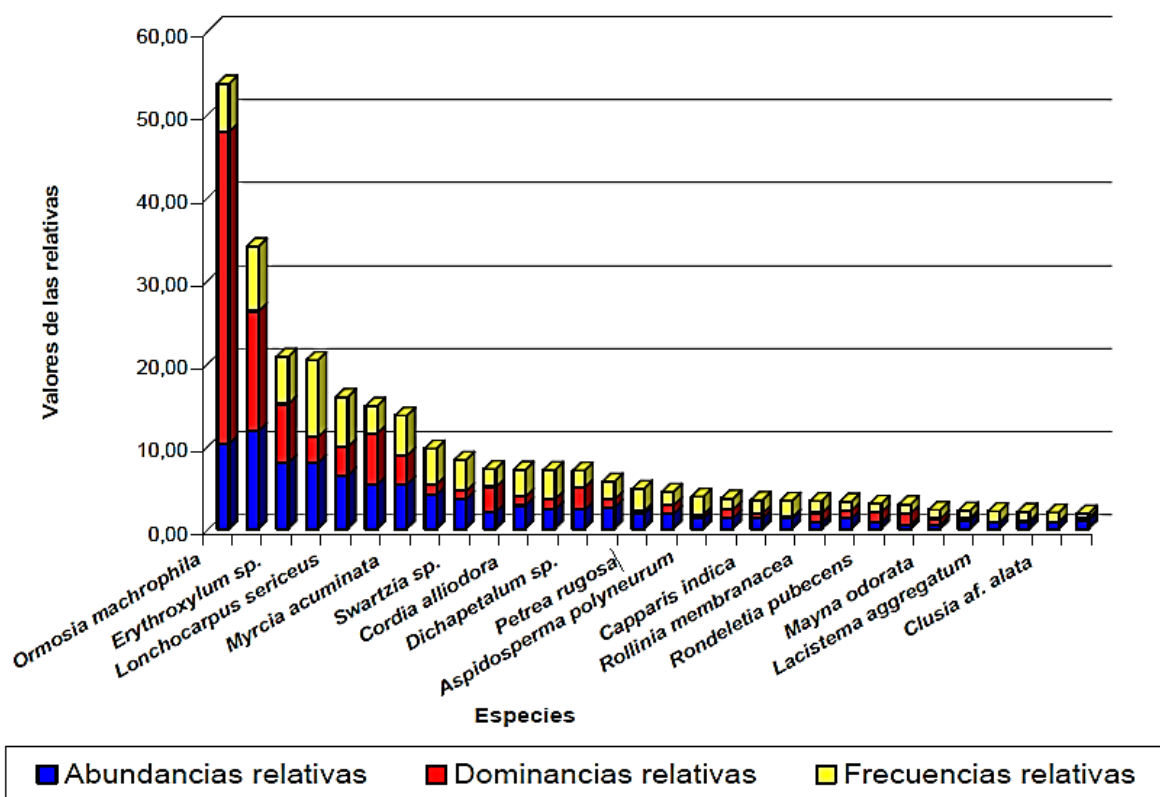


Figura 2. Visualización del I.V.I. para 30 especies con mayor valor del índice, en las cuatro parcelas del relicto rivereño del arroyo o quebrada “La Zorra”. Armero – Guayabal. Colombia.

### 3.6 Estructura de la vegetación.

A cada una de las parcelas principales se le tomó la información de la cobertura arbórea con diámetro mayor a cinco centímetros a la altura del pecho. En cada parcela también se tomaron las pendientes y con esto se graficó tanto los perfiles como la planta de las parcelas de vegetación, de acuerdo con la propuesta de Davis y Richards. Como ejemplo, en la Figura 3. se presenta el perfil de la parcela 1. Perfiles como el del ejemplo permite visualizar el estado del dosel, la posible

presencia de claros, de estratificación y si se presenta un continuo entre el comienzo y el final de la parcela.

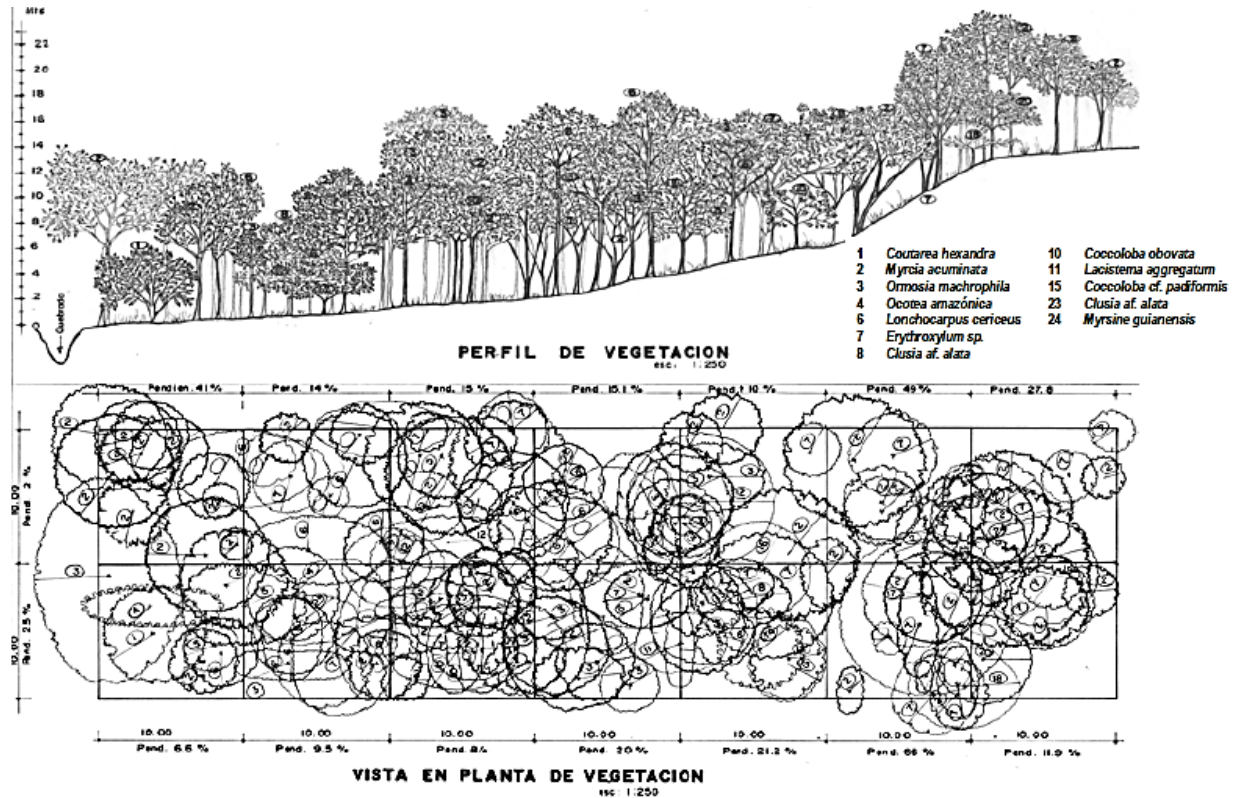


Figura 3. Perfil y planta de la parcela 1., para la cobertura con diámetros superiores a cinco centímetros a la altura del pecho, en el relicto rivereño del arroyo o quebrada “La Zorra”. Armero – Guayabal. Colombia.

Estaparcela presenta una condición fitosociológica caracterizada por un dosel en continuo, y con algunos individuos emergentes, como se resume en el Cuadro 5.

Estrato	Número de árboles	Número de especies	Especies
Continuo (1,5 – 14,5 m)	146	25	Rolliniamembranacea, Xylopiasp., Clusiaaf. alata, Dichapetalumsp., Curatellaamericana, Erythroxylumsp., Lonchocarpussericeus, Machaerium microphyllum, Ormosiamacrophila, Lacistemaaggregatum, Ocoteamazonica, Nectandrasp., Nectandrareticulata, Calliandra colombiana, Ficus dendrocida, Ardisiafoetida, Myrsineguianensis, Myrciaacuminata, Myrciaovalifolia, Coccolobaobovata, Coccolobapadiformis, Coutareaaromatica, Fagararigida., Allophylus nitidalus, Cupaniacinerea.
Emergentes	4	3	Erythroxylumsp., Coutareahexandra, Calliandra colombiana.



			<b>Nota:</b> estas especies también están presentes en el estrato anterior.
Total	150		25

Cuadro 5. Distribución en la parcela 1., del número de especies y sus abundancias en cada estrato, para la cobertura con diámetros superiores a cinco centímetros a la altura del pecho, en el relicto riverense del arroyo o quebrada “La Zorra”. Armero – Guayabal. Colombia.

### 3.7 Análisis multivariado del grupo de parcelas

Para este análisis se hizo un arreglo en una tabla de doble entrada, donde se consideran las parcelas contra las variables promedias, excepto para la variable que considera la altura total máxima, por parcela principal, como se muestra en el Cuadro 6.

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4
Total, de especies	25	21	29	15
Total, de individuos	150	92	95	52
Temperatura ambiental	31,90	29,75	29,47	29,88
Temperatura del suelo	22,21	22,74	22,77	21,25
Humedad ambiental	70,96	80,20	83,95	88,55
Cobertura	90,44	88,54	87,58	86,62
Luminosidad relativa	0,03	0,30	0,07	0,20
Índice de Margalef	10,18	11,28	11,20	12,91
Índice de Simpson	7,90	8,31	21,16	10,36
Índice de Shannon	2,45	2,42	3,07	2,41
Altura máxima	14,5	14	25	17
Pendiente media en %	26	18	60	60

Cuadro 6. Arreglo de datos de las variables evaluadas en cada una de las cuatro parcelas principales, en el estudio del relicto riverense del arroyo o quebrada “La Zorra”. Armero – Guayabal. Colombia.

El clúster se forma por grupos de observaciones con similares características, que se van uniendo por formaciones de grupos hasta terminar con todos los remanentes. Una primera información estadística destaca que las variables en conjunto o pool no son significativamente diferentes, y que por lo tanto no se podría elaborar un clúster, lo que indica que las cuatro parcelas corresponden a una misma condición; es decir, en realidad se encuentran dentro de un mismo ecosistema. En un segundo análisis de clúster, se procedió con variables estandarizadas, por el método del vecino más próximo, con enlace simple, y con distancia euclidiana. En este procedimiento, el clúster resultante se muestra en la Figura 4.

Método del vecino más próximo, enlace simple, por distancia Euclidiana

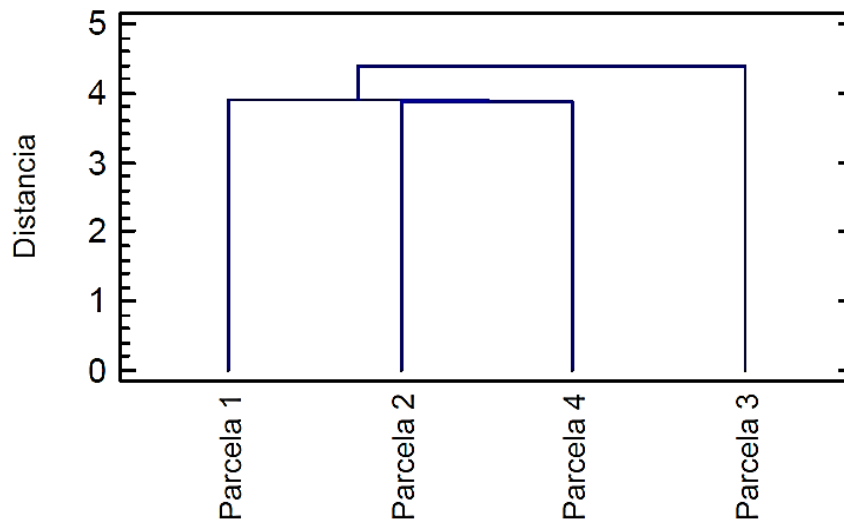


Figura 4. Clúster o dendrograma que muestra la relación entre el grupo de variables estandarizadas por parcelas principales, en el estudio del bosque ribereño de la quebrada “La Zorra”. Armero – Guayabal.

En este clúster, las parcelas 1, 2 y 4 conforman un grupo que no difiere significativamente de la tercera, (distancias de 3,87; 3,89 y 4,38, respectivamente) confirmando lo arriba descrito. De acuerdo con el pool de variables, las similitudes entre las parcelas se encuentran en el rango de 97,66 a 99,25%, que es significativamente alto.

### 3. Conclusiones

La cobertura arbórea de este relicto ribereño presenta una alta diversidad alfa, con especies propias de sucesiones pioneras, secundarias y tardías. Estas últimas le dan características de madurez, al presentar en algunos de sus individuos grandes portes morfológicos que alcanzaron hasta los 24 metros de altura total.

*Ormosiamachrophila* es la especie predominante, ya que ella representa el 18% del total del Índice de Valor de Importancia para este relicto, manifestado en una alta cobertura (37%) y en una distribución espacial agregada, lo que le está asegurando unas condiciones apropiadas de competencia por unidad de superficie.

Hasta los treinta metros, medidos desde el cuerpo de agua, se presenta el dosel cerrado, con individuos emergentes y con especies que presentan en su mayoría una distribución espacial agregada.

En la periferia del relicto, bajo condiciones de mayor temperatura ambiental y menor cobertura, las especies presentan un patrón de distribución aleatorio, además que pertenecen, en su mayoría, a especies propias de estadios sucesionales pioneros.

El dosel del relicto está constituido por un continuo de árboles que impiden la entrada de luz directa del sol sobre el suelo de la cobertura, manteniendo unas altas y homogéneas condiciones de humedad y temperatura.

Las condiciones ambientales bajo la cobertura de las cuatro parcelas son semejantes, y por lo tanto hacen parte de un mismo microclima. Ante las normales consecuencias que se dan por la presencia de una cobertura, bajo el dosel. Estos valores son diferentes a los tomados en la cobertura de pastura, presentados en el cuadro 3. Se resaltan las tendencias esperadas, dado que a mayor cobertura se espera mayor humedad y menor temperatura.

Al comparar los valores promedios, la temperatura ambiental se disminuyó en un 5%; esto significa que no obstante la sombra del dosel, bajo este se presenta una alta temperatura ambiental, casi tan alta como en la cobertura de pastura. La humedad relativa bajo el dosel se incrementó en un 7%, con respecto a la pastura.

Esta condición: la de alta temperatura y alta humedad, hace que bajo el dosel se presenten condiciones de invernadero natural, similar a lo que sucede en los ecosistemas de los bosques húmedos tropicales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALDERÓN, Eduardo; GALEANO, G. y GARCIA N. Libro rojo de plantas fanerógamas de Colombia. Serie: libros rojos de especies amenazadas en Colombia. [en línea]. Bogotá: Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicas Alexander von Humboldt; Instituto de Ciencias Naturales – Universidad Nacional de Colombia; Ministerio del Medio Ambiente, 2002. Disponible en internet: <[http://www.humboldt.org.co/conservación/plantas\\_amenazadas.htm](http://www.humboldt.org.co/conservación/plantas_amenazadas.htm)>.

CAVIEDES CONDE, Blanca Marcela. (1999). Manual de Métodos y Procedimientos Estadísticos. Santafé de Bogotá: Universidad Jorge Tadeo Lozano. 67 p.

CUATRECASAS, José. Aspectos de la Vegetación Natural de Colombia. En: Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, vol.10, no. 40 (1958); p. 221 – 268.

DAVIS, T. A. and RICHARDS, P. W. The vegetation of Moraballi Creek, British Guiana. An ecological study of a limited area of tropical rain forest. En: Journal of Ecology. Vol. 21 (1933); p. 350 – 384. Citado por: MELO CRUZ, Omar Aurelio y VARGAS RIOS, Rafael. Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué : Universidad del Tolima; CRQ; CARDER; CORPOCALDAS; CORTOLIMA : Impresiones Conde, 2003. 235 p. ISBN 956-9243-03-07

MONTAÑEZ RODRIGUEZ YURY TATIANA. 2019. Efecto del flujo de hojarasca y el ambiente lumínico en la dinámica del banco de plántulas del bosque seco tropical los Limones, Venadillo - Tolima. UNIVERSIDAD DEL TOLIMA: Tesis concluida Ingeniería Forestal.

RANGEL CH., Orlando. Tipos de Vegetación en Colombia. En: Colombia Diversidad Biótica II. Santafé de Bogotá: Instituto de Ciencias Naturales Universidad Nacional de Colombia; Ministerio del Medio Ambiente: Editorial Guadalupe, 1997. 436 p. ISBN 958-608-125-7.

RÍOS, LAURA ALEJANDRA. 2016. Análisis multitemporal del estado de fragmentación en áreas de bosque seco tropical, en los municipios de Alvarado, Ambalema, Piedras y Venadillo en el norte del departamento del Tolima. UNIVERSIDAD DEL TOLIMA: Tesis concluida Ingeniería Forestal.

Universidad del Tolima. (2019). Centro Universitario Regional del Norte [Universidad del Tolima]. <http://facultadingeneriaagronomica.ut.edu.co/centro-universitario-regionaldel-norte.html#informacion-general>

Vargas, W. (2017). Los bosques secos del Valle del Cauca, Colombia: Una aproximación a su flora actual. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 13, 103. <https://doi.org/10.15472/9iusrz>

Melo, O., Fernández, F., & Villanueva, B. (2017). Hábitat lumínico, estructura, diversidad y dinámica de los bosques secos tropicales del Alto Magdalena. 20(1). <https://doi.org/doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2017.1.a02>

Galindo, C. (2017). Dispersión y tolerancia a la desecación de las semillas de especies arbóreas del bosque seco tropical de Colombia. Implicaciones para la restauración ecológica [Tesis maestría, Pontificia Universidad Javeriana]. <http://hdl.handle.net/10554/21154>

CANO, J. A., RODRÍGUEZ, S., CÓRDOBA, D., MEDINA, S., CORREA, D., MENDOZA, H., NIETO, J. E., QUINTANA, A., CAICEDO, P., TENORIO, E., CÓRDOBA, S., SIERRA, S., MEDINA, C., TORRES, E. D., CÁRDENAS, J., ACOSTA, A., BUITRAGO, L., MESA, L., DONASCIMIENTO, C., ... GARCÍA, H. (2016). Expediciones Humboldt. Honda-Méndez Tolima. 10.13140/RG.2.2.26126.56648

**MANEJO DE *Aethinatumida*(MURRAY) CON *Beauveriabassiana*  
(BALS) Y *Metarhiziumanisopliae* (L.)**

MANAGEMENT OF *Aethinatumida*(MURRAY) WITH *Beauveriabassiana*(BALS) AND  
*Metarhiziumanisopliae*(L.)

**Yander Fernández Cancio<sup>1</sup>, Master en Ciencias Agrícolas, Profesor Auxiliar  
(<https://orcid.org/0000-0003-4241-6541>),**

**Leidys Verano Luis<sup>2</sup>, Ingeniera Agrónoma  
(<https://orcid.org/0000-0002-9553-7681>)**

**Marcos T. García González<sup>1</sup>, Dr C, Profesor Titular  
(<https://orcid.org/0000-0002-1115-9311>)**

**Yudmila González Pina<sup>3</sup>, Doctora en Medicina Veterinaria y Zootecnia  
(<https://orcid.org/0000-0002-4922-7871>)**

**Marcia M. Jáuregui Rodríguez<sup>1</sup>, Licenciada en Farmacia, Profesora Asistente  
(<https://orcid.org/0000-0002-4709-5460>)**

<sup>1</sup>Universidad de Sancti Spíritus José Martí Pérez (Cuba)

<sup>2</sup>Laboratorio de Referencia en Salud Apícola, MINAG (Cuba)

<sup>3</sup>Empresa Apícola Sancti Spíritus, MINAG (Cuba)

E-mails: [yanderfc@uniss.edu.cu](mailto:yanderfc@uniss.edu.cu), [veranoleidy78@gmail.com](mailto:veranoleidy78@gmail.com),  
[marcostg@uniss.edu.cu](mailto:marcostg@uniss.edu.cu), [yudmilag80@gmail.com](mailto:yudmilag80@gmail.com), [marciamaria@uniss.edu.cu](mailto:marciamaria@uniss.edu.cu)

## RESUMEN

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Agropecuaria III de la Universidad de Sancti Spíritus para determinar el efecto de cuatro dosis de las cepas LBb-111 y LBb-1234 de *Beauveriabassiana* Bals. y la A-34 de *Metarhiziumanisopliae* L. en la mortalidad de larvas y adultos de *A. tumida* colectados en apiarios infectados. Se elaboró una mezcla con 375g de suelo + 100g de arena lavada + cuatro dosis de los entomopatógenos. Se colocaron 500g de la mezcla en boxes (6,2cm de alto x 15,5cm de diámetro). En un primer ensayo se colocaron 10 larvas/boxes/dosis y en otro 10 adultos/boxes/dosis con siete réplicas/tratamiento. Cada 24 horas se determinó el porcentaje de mortalidad y se realizó un análisis factorial entre las medias de la interacción entre las dosis y las cepas empleadas. Como resultado relevante se obtuvo que en la mortalidad de los adultos la cepa LBb-111 de *B. bassiana* y A-34 de *M. anisopliae* alcanzaron el mayor porcentaje con 40g y 60g con valores superiores al 50 % en 96 horas. El mayor porcentaje de mortalidad de

larvas se alcanzó con la dosis de 60g con 25 % con la cepa LBb-111de *B. bassiana* en 96 horas.

Palabras clave: hongos, entomopatógenos, mortalidad, escarabajo, abejas

### **Abstract**

The work was carried out in the Laboratory of Agricultural III of the University of Sancti Spíritus to determine the effect of four dose of the strain LBb-111 and LBb-1234 of *Beauveria bassiana* Bals. and the A-34 of *Metarhizum anisopliae* L. in the mortality of larva and adults of *A. tumida* collected in infected hives. A mixture was elaborated with 375g of ground + 100g of washed ground + four dose of the entomopathogenic 500g of the mixture were placed in boxes (6,2cm of high diameter x15,5cm). In a first rehearsal 10 larvas/boxes/dosis was placed and in another 10 adultos/boxes/dosis with seven réplicas/tratamiento. Every 24 hours the percentage of mortality was determined and he was carried out a factorial analysis among the stockings of the interaction between the doses and the used stumps. As a result outstanding it was obtained that in the mortality of the adults the strain LBb-111 of *B. bassiana* and TO-34 of *M. anisopliae* they reached the biggest percentage with 40g and 60g with securities superiors to 50% in 96 hours. The biggest percentage of mortality of larva was reached with the dose of 60g with 25% with the strain LBb-111de *B. bassiana* in 96 hours.

Keywords: fungus, entomopathogenic, small, hive, beetle

### **Introducción**

La apicultura es la ciencia que estudia el manejo de la abeja *mellifera* del género *Apis* y otras subespecies. Es de suma importancia para los seres vivos; ya que sin la polinización por abejas no se podría llevar a cabo el proceso de reproducción de las diversas especies. Constituyen uno de los grupos más importantes, aproximadamente el 73 % de los cultivos de frutas y semillas en el mundo son polinizados por abejas (FAO, 2018).

El consumo de miel ha experimentado en los últimos años un incremento considerable, actualmente Asia encabeza la producción mundial, tanto en rendimiento por colmena como en el volumen, con un crecimiento estable en los últimos años, mientras que otras regiones como África, Latinoamérica y el Caribe mantienen un rezago en ese sentido. Por otra parte, Europa y Estados Unidos son igualmente grandes productores, exportadores e importadores, y cuentan con un elevado índice de mecanización y tecnificación en este sector (FAO, 2018).

En los últimos años la apicultura cubana produce cerca de 8000 toneladas de miel de abeja por año, a partir de la actividad de 186 000 colmenas, con un rendimiento por cápita entre 40 y 45 kg. El 90 % de esta producción se exporta a Europa y solo el 5 por ciento se destina al mercado local. La rama dispone de 20 unidades empresariales de base, existen tres plantas de beneficio situadas en occidente, centro y oriente del país, se cuentan con cerca de 2800 apicultores asociados a diferentes formas productivas, entre ellas más de 360 CCS, 45 UBPC y 19 CPA. Además, 13 provincias practican la apicultura en las Fuerzas Armadas Revolucionarias (APICUBA, 2019).

Los patógenos y parásitos introducidos a menudo tienen la capacidad de cambiar de huésped, lo que plantea nuevas amenazas a las especies nativas que carecen de cualquier habilidad innata para el desafío del parásito. En cambio, las especies nativas deben confiar en métodos de defensa generalizados, que pueden o no ser suficientes para proporcionar una protección adecuada contra la nueva amenaza (Granato et al., 2017).

El pequeño escarabajo de la colmena (*Aethinatumida* Murray, Coleoptera, Nitidulidae), es un ejemplo clásico de dicho parásito, ya que se ha trasladado a nuevas ubicaciones gracias al comercio mundial de productos de colmenas. Este insecto es oriundo del África subsahariana y reportado en los Estados Unidos de América en 1996 y desde entonces, se ha propagado a Canadá y a varios países

de Sudamérica y de Centroamérica, Egipto, Australia y Filipinas, además de casos en el sur de Italia (Evans et al., 2018).

El pequeño escarabajo fue considerado como plaga de interés al introducirse en colmenas de abejas europeas en junio de 1998, en Florida, Estados Unidos, donde se ha extendido ampliamente y ha causado pérdidas económicas de aproximadamente \$ 3 millones anuales en la industria apícola (Lórigaet al. 2014).

Para poder implementar medidas y evitar la propagación a territorios no infestados resulta fundamental lograr un diagnóstico rápido y viable. Las muestras de campo sospechosas deben enviarse a laboratorios oficiales para que se confirme la identificación de *A. tumida*. La identificación morfológica es rápida y barata, puesto que no requiere equipo sofisticado, aunque los métodos moleculares (reacción en cadena de la polimerasa) son más certeros y es especialmente útil para la identificación de larvas o cuando las muestras están dañadas (Tarver et al., 2016).

De forma similar, puede colocarse diferentes trampas comerciales en las colonias. La mayor parte de trampas para el escarabajo se colocan sobre el fondo de la colmena, dentro de un marco o entre la parte superior (o barra superior). Es habitual añadir vinagre de sidra de manzana a las trampas, porque atrae los escarabajos adultos. Además, debe añadirse aceite mineral o vegetal a las trampas, como agente para matar los escarabajos. Las trampas pueden emplearse para realizar un seguimiento periódico de la presencia de escarabajos adultos, además de constituir un método de control (Hossam et al., 2019).

La eficiencia de una trampa para insectos, o de cualquier método para estimar el nivel de población, se define como el porcentaje de animales presentes que son realmente capturados o registrados de otra manera. Por lo tanto, la eficacia de la



trampa se puede evaluar solo si se conoce el número de insectos disponibles para la captura o se puede estimar con una precisión razonable (Hossam et al., 2019).

La incompatibilidad de la producción de miel con el uso de químicos ha dado lugar a realizar estudios, utilizando medios biológicos como el hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* cuyo efecto sobre otros insectos de este mismo orden han sido efectivo, así como la incidencia de la humedad del medio en la capacidad de infestar o controlar estados de desarrollo del insecto (Neumann et al. 2006), por tal razón se trazó como problema de la investigación:

¿Cuál será el efecto *B. bassiana* y *M. anisopliae* en el manejo de *Aethina tumida* Murray?

Para dar solución a la problemática planteada el trabajo tuvo como objetivo general evaluar la susceptibilidad de larvas y adultos de *A. tumida* a *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

### **Materiales y métodos**

El experimento se desarrolló en el laboratorio de agropecuaria III de la UNISS en el periodo de febrero a marzo del 2019, con el objetivo de determinar la susceptibilidad de *A. tumida* a 4 dosis de *M. anisopliae* cepa A34 a una concentración de  $1,89 \times 10^8$  esporas/ml y *B. bassiana* cepa 111 a una concentración de  $2,36 \times 10^8$  esporas/ml, cepa 1234 a una concentración de  $3,51 \times 10^8$  esporas/ml. Las cepas se obtuvieron de la producción de inóculos del laboratorio provincial de Sanidad Vegetal para los Centro de Reproducción de Entomófagos y Entomopatógenos (CREE), sobre cabecillas de arroz.

Las larvas y adultos de *A. tumida* fueron colectadas en apiarios infectados de la Empresa Agropecuaria Militar de Sancti Spíritus ubicada en la carretera de Yaguajay km 2, así como el suelo utilizado fue Pardo sialítico sin carbonato (Hernández, 1999) y se obtuvo del mismo lugar de procedencia que las larvas.

El sustrato se elaboró con la mezcla de 375 g de suelo, con 100g de arena lavada y las cuatro dosis de los entomopatógenos. El suelo se pesó antes y después de secar durante 8 horas a 105 °C y por diferencia se determinó el contenido de agua presente inicial (25 %), mediante la fórmula:  $Psh - Pss = a$ , donde (Psh)-peso del suelo húmedo, (Pss)-peso del suelo seco y (a)-agua.

Para evitar la contaminación con otros organismos los materiales de laboratorio fueron esterilizados en la autoclave (modelo) a una temperatura de 120°C y una presión de 1atmósfera durante 20 minutos y el método del flameo para pesar, mezclar y sellar de los recipientes.

Para la determinación de la susceptibilidad se utilizó macetas (6,2 cm de alto x 15,5 cm de diámetro) con 500g del sustrato y se agregó a la mezcla cuatro concentraciones de los hongos 10g, 20g, 40g y 60g/100g del sustrato. Todos los componentes del sustrato se pesaron en una balanza digital modelo SARTORIUS y se colocaron en cada recipiente 10 larvas de *A. tumida* en estado larval L4 y L5, previamente desinfestadas con Hipoclorito de sodio al 2 % mediante la inmersión de los insectos en la solución con dos lavados en agua destilada.

Porcentajes de mortalidad de las larvas: Se realizaron evaluaciones cada 24 horas y se colectaron los insectos muertos y colocaron en cámaras húmedas para confirmar la muerte por el patógeno.

Porcentajes de mortalidad de adultos: Se observaron cada 24 horas y colectando el 100 % de los adultos con color negro oscuro con locomoción lenta o inmóvil y se colocaron en cámaras húmedas para confirmar la muerte por el patógeno.

En el análisis estadístico se tuvo en cuenta que se cumpliera el supuesto de normalidad por Kolmogorov-Smirnov y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene, estos análisis se realizaron en el paquete estadístico SPSS versión 15.0 para Windows y para el porcentaje de mortalidad de las larvas y adultos se realizó un análisis factorial, donde se estableció una comparación entre las medias de la interacción entre las dosis y las cepas empleadas. Los valores porcentuales obtenidos se transformaron por  $2 \arcsen \sqrt{p}/100$ , para que se ajusten a la curva normal de probabilidad.

## Resultados y discusión

### **EFFECTO DE LAS CEPAS Y DOSIS SOBRE LA MORTALIDAD DE ADULTOS DE A. TUMIDA.**

Los resultados más relevantes en la mortalidad de los adultos se alcanzaron en las primeras 96 horas de exposición a la acción de los entomopatógenos. La tabla 1 muestra el resultado de la mortalidad de los adultos del insecto a las 72 horas de exponerlos al sustrato mezclado con las esporas del hongo, donde se observa que no hubo diferencias significativas entre las medias en las cepas A-34 y LBb-111 (30,93 % y 28,75 % respectivamente), pero significativamente superior al tratamiento con LBb-1234 que alcanzó un 21,18 % de mortalidad. Las dosis empleadas difirieron estadísticamente entre ellas, y la mezcla con 60g alcanzó el mejor valor con 36 % y la variante de 10g del entomopatógeno resultó la más baja con solo 20,37%.

En las primeras 72 horas no hubo diferencias estadísticas entre las dosis de 40g y 60g en las cepas A-34 y LBb-111 con los mayores porcentajes de mortalidad y superiores al resto, como muestra el análisis multifactorial de interacción de las variables. Se muestra además en la tabla 1, que la menor mortalidad en adultos fue la variante de 10g del hongo en el suelo con la cepa LBb-1234.

Este efecto sobre en la acción del hongo en apenas 72 horas se le atribuye a las condiciones óptimas y controladas garantizadas en el experimento, puesto que se necesitaba la mayor expresión de infección del patógeno en condiciones controladas. Según Doberski (2017), la manifestación epizoótica de los hongos entomopatógenos depende de los factores bióticos y abióticos. Entre los factores abióticos que afectan la viabilidad y la persistencia de los hongos entomopatógenos en el campo se encuentran los rayos ultravioleta, la temperatura, la humedad relativa y la del medio.

Tabla 1. Porcentaje de mortalidad de adultos de *A. tumida* a las 72 horas

Dosis	10g	20g	40g	60g		
Porcentaje de mortalidad de adultos de <i>A. tumida</i> a las 72 horas						
Cepas					Media Cepa	Error Típico
A-34	21,4 C	24,3 BC	38,7 A	39,4 A	28,75 a	
LBb-111	24,2 BC	26,6 B	38,2 A	41,3 A	30,93 a	
LBb-1234	16,9 D	20,4 C	21,3 C	29,7 B	21,18 b	
Media Dosis	20,37 c	23,48 c	30,31 b	36,03 a		0,014
Error Típico			0,009		0,033	
CV (%)						8,82

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de las dosis difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las cepas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

La tabla 2 muestra los el efecto sobre la mortalidad pasado las 96 horas, donde existe diferencia estadística entre todas la medias del porcentaje de mortalidad para las diferentes dosis estudiadas, siendo la mejor 60g y con diferencia estadística del resto y entre todos los tratamientos. Esto corrobora lo planteado por Tanziniet *al.* (2017), quienes afirma que el éxito de un bioplaguicida con *M. anisopliae* radica en una buena formulación, que depende de las características del microorganismo, su relación con los componentes de la formulación y el ambiente de almacenamiento incluyendo la humedad y temperatura, aunque para Cortez-Madrigal, (2016) la estabilidad, viabilidad y persistencia en campo de los entomopatógenos es en gran medida determinada por el medio donde interactúa con el hospedero.

En el caso de *M. anisopliae* A-34 fue la de mejor porcentaje de mortalidad con difeferencia significativa del resto de los tratamientos, así como la concentración de 60g difiere del resto con una mortalidad de 72,90% en 72horas. Resultados similares fueron obtenidos por Angel-Sahagún *et al.* (2011), quienes en un estudio de la sensibilidad de huevos, pupas y adultos de coleópteros en tres aislados de los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* hallaron que todos los estadios son susceptibles a la acción de este último, con una mortalidad entre 50 y 71,3 % en pupas y 90 % en adultos luego de las 96 horas de exposición del insecto.

Este resultado corrobora lo planteado por Alves *et al.* (2002), quienes afirmaron que el periodo requerido para matar al insecto es variable, dependiendo de la

cantidad de esporas que se depositen sobre el mismo, temperatura, especie, tamaño y edad del insecto, pero en la mayoría de las condiciones la muerte ocurre posterior a las 72 horas en el caso de coleópteros.

Tabla 2. Porcentaje de mortalidad de adultos de *A. tumida* a las 96 horas

Dosis	10g	20g	40g	60g		
Porcentaje de mortalidad de adultos de <i>A. tumida</i> a las 96 horas						
Cepa					Media Cepa	Error Típico
A-34	36,5 G	44,2 F	60,7 D	78,3 B	50,46 b	
LBb-111	40,3 FG	48,6 E	65,1 C	84,6 A	55,11 a	
LBb-1234	38,3 G	42,0 F	47,3 E	60,4 D	45,65 c	
Media Dosis	44,76				0,032	
	38,30 d	c	56,62 b	72,90 a		
Error Típico	0,018		0,011			
CV (%)					19,72	

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de las dosis difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las cepas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

La virulencia de los hongos entomopatógenos como *B. bassiana* ha sido descrito por varios autores y con valores de mortalidad en condiciones de laboratorio

superiores a los obtenidos en esta investigación, utilizando como diana a *H. hampei* apoyados en un mecanismo de acción general en el cual las esporas en contacto con la superficie del insecto, penetran el exoesqueleto por acción física y enzimática degradando la cutícula (Góngora *et al.* 2011)

Se destaca como resultado el control de ambas cepas A-34 y LBb-111 superior estadísticamente a la LBb-1234, donde los demás factores que intervienen en la infección del patógeno fueron estándar para todos, como la humedad del sustrato, posibles microorganismos presentes y la temperatura, puesto que este efecto sobre la transferencia de las esporas radica fundamentalmente en lo descrito por Charnely, (2018), quienes plantea que los factores que determinan la interacción hongo-artrópodo son las condiciones del medio si se logra producir una infección exitosa con la especificidad en la adhesión y germinación de los conidios en la cutícula del insecto y la evasión exitosa de las defensas del hospedador.

### **EFFECTO DE LAS CEPAS Y DOSIS SOBRE LA MORTALIDAD DE LARVAS DE A. TUMIDA.**

La tabla 3 muestra el resultado de la mortalidad de larvas del insecto a las 72 horas de exponerlas al sustrato, donde se observa que hubo diferencias significativas entre la medias en los sustratos con las cepas A-34 y LBb-111 con valores de 30,92 % y 36,59 % de larvas muertas, pero significativamente superior al tratamiento con LBb-1234 que alcanzó un 21,94 %. Las dosis empleadas difirieron estadísticamente entre ellas, y la mezcla con 17,5 g alcanzó el mejor valor para un 39,47 % y la variante de 10 g del entomopatógeno resultó la más baja con solo 21,90 % de mortalidad de larvas de *A. tumida*.

En las primeras 72 horas hubo diferencias en la interacción de las variables evaluadas, donde la cepa LBb-111 con 60g fue la de mayor porcentaje de mortalidad superior al resto, como muestra el análisis bifactorial (Tabla 3). Se

muestra además que la menor infección fue la variante de 10g del hongo en el sustrato con la LBb-1234 de *B. bassiana*.

Los valores alcanzados coinciden con los reportes de virulencia de este entomopatógeno, ya que según Murrle *et al.* (2006), la relativa rapidez con que causan la muerte a los insectos hospedantes del orden coleóptera varía entre 48 y 72 horas en su medio natural (se inician cambios motores), además de la alta variabilidad de su acción ha conllevado a su empleo como control biológico en el manejo integrado de plagas.

Estos resultados coinciden con lo planteado por Angel-Sahagún *et al.* (2011), que afirman que la susceptibilidad y la relación con los hospederos se relacionan con los nutrientes presentes en los insectos y es por eso que los hongos entomopatógenos controlan mejor la fase larval y no a los adultos.

Estos valores superiores a la acción sobre los adultos en igual periodo de tiempo se debe a que en el factor encuentro Hongo-insecto, la flacidez de la larva así como el contenido graso permite mayor acción del patógeno con una expresión inmediata de movimientos lentos y descoordinación en los movimientos, efectos descritos por Murrle *et al.* (2006).

Tabla 3. Mortalidad de las larvas de *A. tumida* a las 72 horas

Dosis	10g	20g	40g	60g		
Mortalidad de larvas de <i>A. tumida</i> 72 h						
Cepas					Media	Error
					Cepa	Típico



A-34	23,6 E	28,9 D	34,5 C	42,8 B	30,92 b
LBb-111	27,2 F	35,1 C	41,3 B	50,4 A	36,59 a
LBb-1234	17,3 F	20,9 E	22,8 E	30,5CD	21,94 c
Media Dosis	21,90 d	27,04 c	30,90 b	39,47 a	0,013
Error Típico	0,047		0,039		
CV (%)					7,24

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de las dosis difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las cepas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Pasada las 96 horas de exposición de las larvas de *A. tumidaa* la acción de los entomopatógenos (Tabla 4) se sobrepasó el 50 % de mortalidad con las dosis de 60g para todos las cepas y con A-34 y LBb-111 en la dosis de 40g. Se muestra además que los tratamientos con A-34 de *M. anisopliae* y la LBb-111 difieren entre ellos con valores superiores a la variante con LBb-1234. El resultado del efecto independiente de las dosis sobre las larvas del insecto se comportó igual que la observación de las 72 horas, donde la dosis con 60g del hongo con 55,35 % fue superior al resto con diferencias entre ellos y el de menor porcentaje se obtuvo con 10g con un 33,36 %.

Al igual que la evaluación de las 72 horas en la tabla 4 se observa, que cuando transcurren 96 horas de iniciado el ensayo en la interacción entre las dosis y las cepas el mejor resultado lo alcanzó la mezcla de 60g con la LBb-111, con

diferencias respecto a los demás, siendo superior alcanzando valores de 66,2 % de mortalidad.

Estos resultados se asemejan a los alcanzados por Doberski, (2017), que obtuvo un porcentaje de mortalidad del 67 % en insectos de la familia Nitidulidae en 96 horas, lo que demuestra que la calidad de esta cepa o la patogenicidad sobre esta especie de insecto es baja con respecto a las empleadas por estos autores. Es importante resaltar que, aunque estos resultados son menores se justifica su empleo por ser los primeros de su tipo en Cuba para esta cepa y el segundo para este hongo en el manejo de *A. tumida*.

Tabla 4. Mortalidad de las larvas de *A. tumida* a las 96 horas

Dosis	10 g	20 g	40 g	60 g		
Mortalidad de larvas de <i>A. tumida</i> 96 h						
Cepas					Media Cepas	Error Típico
A-34	34,8 F	41,6 D	52,3 C	60,0 B	45,16 b	
LBb-111	37,3 E	50,0 C	61,3 B	66,2 A	51,13 a	
LBb-1234	29,1 G	38,0 DE	39,2 DE	44,6 D	36,82 c	
Media						0,032
Dosis	33,36 d	42,64 c	49,22 b	55,35 a		
Error Típico	0,008		0,021			
CV (%)						14,08

Letras mayúsculas desiguales para las medias de las interacciones difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la fila para las medias de las dosis difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

Letras minúsculas desiguales en la columna para las medias de las cepas difieren para  $p \leq 0,05$  según prueba de rangos múltiples de Tukey

### Conclusiones

1. En la mortalidad de los adultos la cepa LBb-111 de *B. bassiana* y A-34 de *M. anisopliae* alcanzaron el mayor porcentaje con 40g y 60g con valores superiores al 50 % en 96 horas.
2. El mayor porcentaje de mortalidad de larvas se alcanzó con la dosis de 60g con 25 % con la cepa LBb-111 de *B. bassiana*.

### Referencia Bibliográfica

- Alves, S. B., Rossi, L.S., López, R.B., Tamai M.A. & Pereira, R.M. (2002). *Beauveria bassiana* yeast phase on agar medium and its pathogenicity against *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) and *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) *Journal of Invertebrate Pathology*, 81 (2), 70-77
- Angel-Sahagún, C. A., Lezama., G, R., Molina-O., J., Galindo., V, E., López., E, M.& Rebolledo., D, O. (2005). Susceptibility of biological stages of the horn fly *Haematobia irritans*, to entomopathogenic fungi (Hyphomycetes). *Journal of Insect Science*, 5(50), 8
- Apicuba, (2019). Informe Resumen, Balance de Trabajo, Año 2018. Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña (GEAM), Ministerio de la Agricultura. 14 de febrero, La Habana, Cuba. (pp-21)
- Cortez-Madrugal, H. (2016). Efecto de coadyuvantes en *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams y su virulencia hacia *Toxoptera aurantii* Boyer. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 24, 59-64

- Doberski, J. W. (2017). Comparative laboratory studies on three fungal pathogens of the elm bark beetle *Scolytus scolytus*: effect of temperature and humidity on infection by *Beauveria bassiana*, *Metarhiziumanisopliae* and *Paecilomyces farinosus*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 37 (2), 195-200
- Evans, J.D., Kenna, D., & Scully, E. (2018). Supporting data for the “Genome of the small hive beetle (*Aethinatumida*, Coleoptera: Nitidulidae), a worldwide parasite of social bee colonies, provides insights into detoxification and herbivory.” *GigaScienceDatabase*.
- FAO, Estadísticas FAOSTAT. (2018, Junio), Resumen anual de la FAOSTAT, disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.
- Granato, A., Zecchin, B., Barrato, C., Duquesne, V., Negrisolo, E., Chauzat, M.P., Ribiere-Chabert, M., Cattoli, G., & Mutinelli, F. (2017). Introduction of *Aethinatumida* (Coleoptera: Nitidulidae) in the regions of Calabria and Sicily (southern Italy). *Apidologie*, 48, 194–203.
- Hossam, F., Abou, S., & Staron, M. (2019). Present and future perspectives of using biological control agents against pests of honey bees. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 4
- Lóriga, W., Fonte, L. & Demedio, J. (2014). Reporte de *Aethinatumida* Murray (Coleoptera, Nitidulidae) en colonias de la abeja sin aguijón *Meliponabeecheii* Bennett de Matanzas y Mayabeque. *Salud Animal*, 36, 201-204.
- Murrle, T. M., Dames, J. F., Hepburn, H. R., Hill, M.P. & Neumann, P. (2006). Susceptibility of Adult *Aethinatumida* (Coleoptera: Nitidulidae) to Entomopathogenic Fungi, Apiculture and Social Insects. *J. Econ. Entomology*, 99(1), 1-6
- Neumann, P., & Ellis, J.D. (2008). The small hive beetle (*Aethinatumida* Murray, Coleoptera: Nitidulidae): distribution, biology and control of an invasive species. *Journal of Apicultural Research*, 47(3), 180-183

- Tanzini, M. R., Batista, S., Setten, A., & Toschi, N. (2017). Compatibilidad de agentes tensoactivos con *Beauveria bassiana* y *Metarhiziumanisopliae*. *Manejo Integrado de Plagas*, 59, 15 - 18
- Tarver, M.R., Huang, Q., & De Guzman, L. (2016). Transcriptomic and functional resources for the small hive beetle *Aethina tumida*, a worldwide parasite of honey bees. *Genomics Data*, 6 (9), 97–9.
- Góngora, B.C.E., Marín M.P., & Benavides, M.P. (2011) Claves para el éxito del hongo *Beauveria bassiana* como controlador biológico. *Avances técnico*, 348, 8
- Charnley, A. K.; Collins, & S. A (2018). Entomopathogenic fungi and their role in pest control. In: Kubicek, C. P.; Druzhinina, I. S. (Eds.). 2. ed. *The Mycota*. Heidelberg: Springer-Verlag. vol. IV: environmental and microbial relationships.

**GESTIÓN DE COMUNICACIÓN PARA EL DESARROLLO,  
IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN  
AGROPECUARIA LOCAL EN SANCTI SPÍRITUS, CUBA.**

*COMMUNICATION MANAGEMENT FOR DEVELOPMENT, IMPLEMENTATION  
OF THE LOCAL AGRICULTURAL INNOVATION SYSTEM IN SANCTI SPÍRITUS,  
CUBA.*

**Yairit Diaz Carbonell**(Código ORCID:0000-0002-3860-1640), Licenciada en  
Comunicación Social, profesora Asistente.

**Nelson León Orellana**(Código ORCID: 0000-0001-8376-2171),MSc.  
Contaminación ambiental, profesor Auxiliar.

**Yaleidys Corrales Valdivia**(Código ORCID:0000-0003-1331-5581) MSc. en  
Ciencias Pedagógicas

*Universidad de Sancti Spíritus "José Martí" (Cuba)*

*Universidad de Sancti Spíritus "José Martí" (Cuba)*

[ydiaz@uniss.edu.cu](mailto:ydiaz@uniss.edu.cu), [nelson@uniss.edu.cu](mailto:nelson@uniss.edu.cu), [yaleidys@uniss.edu.cu](mailto:yaleidys@uniss.edu.cu),

### **Resumen**

Las experiencias resultantes de la implementación en Cuba del Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL), constituye antecedente del Sistema de Innovación Agropecuario Local (SIAL); la comunicación dentro del mismo, se comprende no como un ámbito más, sino como parte transversal de todo lo que se propone. Es por ello que el objetivo fundamental de la investigación es: Contribuir desde la gestión de comunicación para el desarrollo en la implementación del Sistema de Innovación Agropecuaria Local, en la provincia de Sancti Spíritus. Que permitan incidir en las estrategias de desarrollo municipales y en políticas públicas. Desde la experiencia del territorio, que se inicia en el trabajo del proyecto en el año 2010; y se coordina desde la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad José Martí, en cinco municipios compuestos por las Plataformas Multiactorales de Gestión (PMG) y los Grupos de Innovación Agropecuaria Local (GIAL), que funcionan articulando a actores locales diversos y al gobierno local. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente la metodología utilizada, está contenida dentro del enfoque cualitativo, pues implica la utilización y recogida de

una gran variedad de materiales; entrevista, experiencia personal, historias de vida, observaciones, imágenes, que describen la rutina y los significados en la vida de las personas. En el desarrollo de la investigación utilizamos varios métodos como el análisis bibliográfico, pues se recurrió al registro y análisis de documentos, oficiales como (libros, periódicos, folletos, revistas elaborados en las fases anteriores del proyecto), así como entrevistas y la observación participante. Permitiendo el desarrollo de competencias y habilidades comunicativas, que se fortalecen mediante la capacitación, el intercambio de saberes y el diálogo constante entre teoría y práctica. Los cuales se representan en soportes comunicativos que contienen información sintética, con fines informativos y diseños atractivos.

**Palabras clave:** Proyecto de Innovación Agropecuaria Local y Sistema de Innovación Agropecuaria Local, capacitación, actores locales, habilidades comunicativas, soportes, experiencias, buenas prácticas.

### ABSTRACT

The experiences resulting from the implementation in Cuba of the Local Agricultural Innovation Project (PIAL) constitute the antecedent of the Local Agricultural Innovation System (SIAL); communication within it is understood not as one more area, but as a transversal part of everything that is proposed. That is why the fundamental objective of the research is: To contribute from communication management to development in the implementation of the Local Agricultural Innovation System, in the province of Sancti Spíritus. That allow influencing municipal development strategies and public policies. From the experience of the territory, which began in the work of the project in 2010; and it is coordinated by the Faculty of Agricultural Sciences of the José Martí University, in five municipalities made up of the Multi-stakeholder Management Platforms (PMG) and the Local Agricultural Innovation Groups (GIAL), which work by articulating various local actors and the local government . Taking into account what has been described above, the methodology used is contained within the qualitative approach, since it involves the use and collection of a great variety of materials; interview, personal

experience, life stories, observations, images, which describe the routine and the meanings in people's lives. In the development of the research we used various methods such as bibliographic analysis, since we resorted to the registration and analysis of official documents such as (books, newspapers, brochures, magazines prepared in the previous phases of the project), as well as interviews and participant observation. . Allowing the development of communication skills and competencies, which are strengthened through training, knowledge exchange and constant dialogue between theory and practice. Which are represented in communicative supports that contain synthetic information, for informative purposes and attractive designs.

**Keywords:** Local Agricultural Innovation Project and Local Agricultural Innovation System, training, local actors, communication skills, supports, experiences, good practices.

## **Introducción**

La comunicación es un proceso que ha estado asociado a los seres humanos desde su surgimiento, constituyendo una herramienta esencial en su desarrollo como ser social. En correspondencia con ello la autora Rayza Portal, en el año 2003 plantea que: "la comunicación es un concepto intrínseco a toda actividad de desarrollo". En este ámbito, tiene como principal objetivo propiciar que los individuos y las comunidades produzcan y se apropien de los procesos de cambio social, a través de la planificación y la puesta en práctica de estrategias basadas en el diálogo y la negociación. Concebir la comunicación como catalizador de estos y otros procesos asociados al desarrollo nos obligan a analizar y entender las mediaciones que se generan al interior de la sociedad sustentados fundamentalmente en la innovación y la creatividad.

Hoy parece que la comunicación, que atraviesa profundamente la vida social, política y económica de las comunidades. La mayoría de las instituciones estatales, las empresas, las organizaciones sociales intentan tener entre sus integrantes personas especializadas en comunicación. Parece que cada vez con



más fuerza la comunicación puede aportar al desarrollo de muchos campos de conocimiento, porque está ligada a la cultura de manera inseparable.

La comunicación de la innovación busca ante todo lograr la comunicación contribuye a desarrollar procesos de sensibilización y articulación entre los distintos actores involucrados, permite identificar fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades que pueden viabilizar o entorpecer el camino del proyecto y crear un clima favorable de trabajo al interior del grupo gestor.

Por ello que la comunicación viabiliza, facilita y es elemento que gestiona la acción social contenida en el trabajo que se realiza con la comunidad; entorno a la realidad que se vive e identifica, y no puede ser otra que la de estimular, facilitar y propiciar la emergencia de lo comunitario en las relaciones sociales presentes en la colectividad de que se trate, es decir, desarrollar comunidad como gestación de ese modo de vincular entre las personas. Además permite el desarrollo de una conciencia crítica al respecto y elaboren proyectos de solución para la problemática concreta que los afecta, así como trabajar en función de su crecimiento en salud para una vida con mayor emancipación personal y social como grupo y comunidad, en pos del desarrollo comunitario enriquecedor para las personas que la integran.

El despliegue de experiencias innovadoras a nivel local en Cuba propone una reflexión que parte de la documentación, sistematización y replicabilidad de experiencias singulares en los entornos locales a partir de la creación de capacidades innovadoras. Se trata de promover la ciencia, la cultura que forma la identidad y la innovación como elemento dinamizador del desarrollo local, analizando las relaciones entre los gobiernos municipales, los consejos populares, los actores del territorio, las empresas, los procesos comunitarios y las prácticas socioculturales (Doval, Santos y Sosa, 2013).

El desarrollo local exige una interpretación holística y sistémica de la realidad, donde las personas sean el centro de la política local, asumiendo una actitud proactiva y dialógica en relación a su contexto. Sin embargo, aún persisten en los municipios problemáticas como: falta de comunicación y coordinación entre los

diferentes actores, desarticulación de los procesos de planeamiento, insuficiente información y capacitación de los decisores en los procesos de gestión local, condiciones que limitan significativamente la gestión articulada de los actores en los procesos de desarrollo local.

## **Desarrollo**

De manera que la comunicación se erige como recurso fundamental para la gestión de procesos participativos en el contexto local, privilegiando de este modo la socialización de experiencias innovadoras del sector agropecuario donde cada actor es un eslabón fundamental en la gestión del conocimiento. Debe ante todo proyectarse en función de la demanda y asumir como premisas fundamentales el fomento de la innovación, el espíritu crítico y el diálogo intercultural.

Se considera que la comunicación es una categoría polisémica porque su utilización no es exclusiva de una ciencia social en específico, sino que se nutre de varias teorías y además es adaptada a cada ciencia que la trata. Esta ha sido ampliamente debatida por teóricos y estudiosos de diversas disciplinas como la psicología, la sociología, la lingüística, la antropología y el periodismo, entre otras. Todas ellas han estudiado diferentes aspectos de la comunicación.

La comunicación puede verse según Trelles (2001) como la relación comunitaria humana consistente en la emisión –recepción de mensaje entre interlocutores en estado de total reciprocidad, siendo por ello un factor esencial de convivencia y un elemento determinante de las formas que asume la sociabilidad del hombre.

Desde esta perspectiva la implementación e institucionalización del SIAL no solo contribuirá a crear y desarrollar espacios de concertación de los actores, sino permitirá fortalecer la cultura de participación para la construcción colectiva del conocimiento en los municipios, gestionadas y articuladas por el gobierno y los Grupos de Innovación Agropecuaria Local (GIALs); con la facilitación de los miembros del equipo de trabajo del proyecto y la capacitación oportuna a los implicados en la aprobación y el funcionamiento de la Plataforma Multiactorial de

Gestión (PMG) creadas y aprobadas en cada caso, como resultado fundamental del Sistema de Innovación Agropecuaria Local (SIAL).

PIAL en la provincia Sancti Spíritus establece objetivos y define prioridades que le permitan la consolidación e institucionalización del SIAL a través de la creación de las Plataformas Multiactorales de Gestión (PMG) considerados espacios idóneos para el debate y reflexión de los problemas del sector agropecuario en el municipio. Esta propuesta favorece el desarrollo agropecuario local en el territorio, a la vez que potencia la creación de capacidades y el desarrollo de buenas prácticas en beneficio de los actores que intervienen en las cadenas agroproductivas. De igual modo los Grupos de Innovación Agropecuaria Local (GIAL) se erigen como grupos de productores/as y otros actores cuyo propósito fundamental es crear soluciones innovadoras que respondan a los intereses y demandas del sector socioeconómico y productivo, estos grupos contribuirán al fortalecimiento de las plataformas mediante la articulación e integración de actores en esta cadena.

La propuesta del SIAL es coherente con la instrumentación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido para el sector agropecuario, dando respuesta a los lineamientos (14, 24, 98, 99, 100, 101, 106 y 107) en su empeño de integrar el desarrollo de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en función de las demandas de cada territorio, propiciando la articulación de sus actores para la gestión del conocimiento en el contexto local.

A pesar de los múltiples esfuerzos por parte de la coordinación y el equipo de trabajo de PIAL, aún existen grandes limitaciones para desarrollar el SIAL en el municipio espiritano. La falta de conocimiento y sensibilidad de los actores en relación a la propuesta, inestabilidad en los funcionarios y directivos que integran el Poder Popular Municipal (PPM) y el Consejo de la Administración Municipal (CAM), barreras para la institución de la PMG en el municipio, escasa articulación entre los actores locales que integran los GIALs y la limitada capacitación en cuanto a las oportunidades que ofrece el SIAL para gestión del desarrollo local;

constituyen derroteros que frenan la gestión del proyecto y con ello la institucionalidad del SIAL.

### **Las Plataformas como indicador de institucionalización del SIAL:**

Inicialmente las coordinaciones del proyecto PIAL en los territorios hicieron la función de espacio de concertación. Y, al promoverse las plataformas, se debió producir un proceso de “migración” que implicó un traspaso de liderazgo hacia algún actor local, preferentemente vinculado a las estructuras del gobierno municipal. Esta migración de la plataforma, es en realidad una forma de institucionalización local de la plataforma misma, y del SIAL. Funcionamiento y resultados de las plataformas multiactorales de gestión, como espacio participativo, para responder a los desafíos del desarrollo a nivel local/territorial y la concertación horizontal entre los actores.

Resultado de una cultura de la participación adquirida en la acción. Las plataformas multiactorales de gestión, son expresión de madurez de los procesos de la innovación agropecuaria local que han escalado en cantidad y diversidad de actores involucrados, en los que además, se han construido las bases culturales para su conformación. En la diseminación de esta experiencia, será necesario establecer períodos de aprendizaje en la acción que conduzcan a crear estas condiciones, en los que pueden actuar catalizadores institucionales que faciliten la asimilación de esta praxis.

El recorrido hacia la legítima institucionalización local de las plataformas luego de ser formalizadas; después de constituidas y formalizadas, las plataformas continúan un proceso de aprendizaje en la acción, que conduce hacia su legítima institucionalización local. Este proceso se manifiesta mediante diversos indicadores, pero en la práctica, los más ilustrativos han sido: la composición de actores, las agendas que tratan y el grado de madurez en cuanto a la visión de futuro. Entonces para diseminar de forma efectiva la experiencia, será necesario intencionar acciones que catalicen el aprendizaje propio de las plataformas. Además, monitorear dicho proceso de aprendizaje mediante indicadores

relacionados con su estructura, gestión de la agenda y la visión que tengan los involucrados de la propia plataforma.

La comunicación puede fomentar la participación en la gestión de proyectos de desarrollo, desde sus diferentes etapas: primero, la discusión pública de los planes que afectan al colectivo; luego, a través del servicio informativo, que le dé seguimiento a la obra común, que oriente a los pobladores cómo implicarse y les permita apropiarse de canales de comunicación; también mediante la promoción cultural y de la identidad local; rescatando historia, hechos y personajes, ideas y alternativas para el futuro y no puede faltar la evolución de cada proceso, para sacar el aprendizaje de las vivencia compartidas y comprobar si tras las acciones, los protagonistas elevaron su calidad de vida y crecieron como seres humanos. El investigador Huynh Cao Tri lo sintetiza así: "participar es tomar parte en la formulación, planificación, ejecución, seguimiento y evolución de estrategias y políticas que conducen a la integración social." (citado por Linares en Heredero, 2004:405)

Por tanto la identidad es una necesidad del trabajo y la gestión comunitarias, debido a que nos va a indicar, una serie de aspectos, el nivel de coherencia que tiene la comunidad en cuanto a tal y nos permite descubrir, en la medida que se modifica aquella, la eficacia de nuestra gestión de transformación en y con la comunidad en cuanto sujeto social activo que se identifica con lo que hace. La identidad es un proceso, como ya hemos visto, y es un resultado. Si una comunidad posee conciencia de su identidad, es, sin dudas, una comunidad más capaz de asumir los retos del autodesarrollo, pero ello implica asumir también conscientemente y poseer la voluntad de transformar aquellos rasgos, de carácter también cultural, que limitan u obstaculizan lograr lo esperado.

El diálogo entre ciudadanos con intereses y preocupaciones similares es una manera de incentivar la participación, de compartir saberes, que se enriquecen con los aportes de todos. Planificar la comunicación en materia de desarrollo equivale a establecer lazos de empatía que fortalecen hacia dentro al grupo social involucrado, -ya sea en la comunidad o en una organización-, y tender puentes

entre personas de distintos ámbitos, al influir en la construcción de sentidos y consensos. La comunicación resulta más efectiva si se asume sistémicamente, es decir, contemplando dentro de su ámbito de acción, la multiplicidad de actores, instrumentos, niveles, representaciones e intercambios con otras esferas que operan dentro del propio sistema social y que por tanto, median en los procesos comunicativos.

Es necesario destacar que la Comunicación es un campo de estudio y de acción que tiene que ver con el modo en que nos relacionamos entre las personas, cómo pensamos nuestros problemas, cuáles son los factores históricos, culturales, sociales, políticos, económicos que tienen que ver con los problemas y cómo estudiamos posibles soluciones y las llevamos a la práctica.

**Comunicación Comunitaria: piedra angular para lograr el autodesarrollo comunitario desde el trabajo en las comunidades.**

La comunidad en una concepción psicosocial va más allá de un espacio común compartido, de la existencia de una proximidad física o territorial para llevarnos a profundizar en las dinámicas sociales que se producen a su interior, así como en los procesos que constituyen su elemento esencial. Esta unidad social se caracteriza por poseer una historia y una evolución que, aunque propia, no se agota en sí misma, sino que es atravesada por las determinaciones de un contexto social mayor. Desde estos condicionantes, en el espacio físico que la comunidad propicia, se Intensifican los vínculos de sus miembros en torno a la satisfacción de necesidades de la vida cotidiana, lo que conduce a una práctica social común que se revierte en determinadas configuraciones subjetivas en alguna medida compartidas por los grupos e individuos que la conforman. (Tovar M. 1993).

Existen ejemplos de modalidades relativamente nuevas de utilización de los medios de comunicación al servicio del desarrollo local. En ellas se reconoce todavía el papel que pueden desempeñar en sustitución de la comunicación directa e interpersonal, y como modo de llegar a más de un individuo a la vez. A veces, constituyen manifestaciones de comunicación en gran escala, en el plano nacional y en el regional pero también de un grupo a otro y de una región a otra.

Pero lo más importante es que se trata de unas modalidades de utilización de los medios de comunicación que no sólo permiten un diálogo y una comunicación de doble sentido, de la periferia al centro y viceversa, y entre grupos, sino que además se basan en ese diálogo con las comunidades. Esas modalidades de utilización de los medios de comunicación en dos sentidos han recibido el nombre de “comunicación comunitaria” o “medios de comunicación comunitaria”, que representan lo local y su desarrollo. Además, que asume como protagonistas a los actores locales y sus identidades, cultura y prácticas sociales en su desarrollo por las tradiciones que denotan lo propio, lo autóctono que define cada comunidad y a su vez es fiel representante de su identidad.

La comunicación comunitaria designa un intercambio de puntos de vista y de noticias, y no una transmisión de una fuente a otra. La idoneidad de estos medios de comunicación para el desarrollo dependerá de que se entienda cabalmente lo que es el desarrollo. Existe un estrecho paralelismo entre las teorías más modernas sobre la comunicación y el propio desarrollo. Unas y otras se derivan de consideraciones sociopolíticas. (Berrigan, 1990)

Entonces se puede inferir que la comunicación desde lo comunitario, guiada por un facilitador o mediador, puede ayudar al aumento de la cultura y el desarrollo comunitario. Háblese entonces sobre la Cultura y el Desarrollo Comunitario, potenciados por la Comunicación Comunitaria.

La comunidad y su cultura son el resultado de los procesos de convivencia y socialización, el estudio sociocultural toma como base en el entendimiento de que lo social y lo cultural, si bien son realidades relativamente independientes, se interrelacionan. Un fenómeno social comporta dos aristas: la social y la cultural, por no hablar también de otras como la histórica, la lingüística o discursiva. Y no se debe pasar por alto que todas estas categorías como su enfoque sociocultural demanda de un análisis histórico. Se deben investigar las aristas sociales y culturales del comportamiento, conducta, acción de los actores y agentes sociales, las instituciones, grupos, colectivos o comunidades, tomando en consideración sus cambios reales en un contexto histórico determinado. Los procesos históricos y

culturales atraviesan la vida de las comunidades e instituciones. Reconstruir, conocer esos procesos puede dar mejores herramientas para la organización comunitaria.

Por su parte Comunicación y cultura son términos estrechamente vinculados. La historia demuestra que las prácticas culturales de la gente, ya sea sus ceremonias religiosas, sus hábitos cotidianos, sus formas de relacionarse, se estructuran sobre circuitos de comunicación naturales, interpersonales y tecnológicos, que transportan individuos, mensajes, palabras e imágenes.

Los hombres se reconocieron en la mirada de los otros, se acercaron, formaron comunidades y, al mismo tiempo, se alejaron para formar otras comunidades en territorios más distantes, para lo cual necesitaban también mecanismos de conexión y comunicación. La aparición de nuevas tecnologías, de las más simples a las más complejas, que permitieron al hombre desplazarse y comunicarse reformularon en la cultura las nociones de espacio y tiempo. Entonces los contenidos y mensajes que se elaboren desde la gestión de comunicación para el desarrollo de la comunidad deben ser siempre apropiados al contexto, y los actores con los que trabajamos. El lenguaje, los temas, los ejemplos, deben ser contruidos teniendo en cuenta -y si se puede con la participación- de la comunidad involucrada.

Resulta imposible hablar de cultura sin hablar de que la única cultura real es la creada por los pueblos y que las culturas de los pocos solo tienen valor cuando se nutren de lo genuinamente talentoso que la mayoría de las veces, proviene de la genialidad de los pueblos que les da vida, de su cotidianidad, costumbres y hábitos adquiridos que mantienen la historia misma de las comunidades y pasan automáticamente de una generación a otra. Hay que señalar de vital importancia que esta cultura popular y tradicional es un factor fundante de las culturas nacionales, ser un mecanismo propiciador por excelencia de la vida colectiva del pueblo, de su actividad y protagonismo y un indicador de las problemáticas sociales y de las perspectivas de su solución, que se enriquece con sus



tradiciones, sus costumbres desde lo autóctono que se mantiene arraigado a través del paso del tiempo.

A partir de la experiencia en la provincia de Sancti Spíritus, que a lo largo de su trabajo, ha venido generando evidencias que pudieran considerarse alternativas válidas de innovación agropecuaria para ser implementadas en el actual y futuro contexto agropecuario del territorio, se encuentra en cinco municipios Sancti Spíritus, Jatibonico, Trinidad, Cabaiguán y La Sierpe, compuestos por las Plataformas Multiactorales de Gestión (PMG) y los Grupos de Innovación Agropecuaria Local (GIAL), que funcionan articulando a actores locales diversos y al gobierno local. Enfocadas al bienestar comunitario, sostenibilidad ambiental, economía y sociedad. Así como a la contextualización, el respeto a tradiciones y conocimientos autóctonos, la equidad de género y el acceso a la diversidad y experimentación campesina. Además de los procesos participativos de capacitación y aprendizaje.

Las plataformas multiactorales de gestión, son uno de los componentes de este sistema. Indudablemente, es el eslabón que lo conecta de forma más efectiva con las instituciones y autoridades municipales.

La comunicación se comprende no como un ámbito más, sino como parte transversal de todo lo que se propone el Sistema de Innovación Agropecuaria Local (SIAL), por eso ante cada acción estratégica hay que pensar cómo la comunicación puede influir o facilitar los procesos que se emprenden, considerando las implicaciones logísticas y organizativas de las iniciativas comunicativas.

La gestión de la comunicación es participativa, lo que significa que las y los actores protagonizan la implementación y evaluación del quehacer comunicativo, desde lo local hasta lo nacional, e intencionar el intercambio de saberes y prácticas comunicativas. El trabajo en equipo se privilegia, a partir de la comprensión de que la comunicación es una responsabilidad colectiva y no exclusiva de comunicadores y comunicadoras.

**Objetivo general:** Contribuir desde la gestión de comunicación para el desarrollo en la implementación del Sistema de Innovación Agropecuaria Local, en la provincia de Sancti Spíritus.

**Materiales y Métodos:**

Consciente de la necesidad de socializar las buenas prácticas entre campesinas y campesinos la comunicación dentro del proyecto se convierte en guía del proceso, a partir de los amplios fundamentos teóricos y prácticos que se consultan sobre la misma. Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente la metodología utilizada, está contenida dentro del enfoque cualitativo, pues implica la utilización y recogida de una gran variedad de materiales; entrevista, experiencia personal, historias de vida, observaciones, imágenes, que describen la rutina y los significados en la vida de las personas. En el desarrollo de la investigación utilizamos varios métodos como el análisis bibliográfico, pues se recurrió al registro y análisis de documentos, oficiales como (libros, periódicos, folletos, revistas elaborados en las fases anteriores del proyecto), así como entrevistas y la observación participante.

El enfoque asumido se desarrolló mediante un modelo de investigación acción. Donde los propios actores del proceso perfeccionan de manera continua el mismo, lo que el da una mayor eficiencia y sostenibilidad.

**El proceso transcurrió en dos etapas fundamentales:**

1. La etapa inicial en la que se construyó el diseño teórico, acompañada de una búsqueda de información y construcción de referentes teóricos.

2. La segunda etapa que se asume la comunicación de manera estratégica y se reconocen y planifican los ciclos comunicativos considerando tres tiempos:

1er tiempo: Antes (identificación de propuestas, momento creativo y de pre alimentación)

2do tiempo: Durante (ejecución de la acción comunicativa planificada para aprovecharla al máximo)

3er tiempo: Después (retroalimentación, seguimiento y evaluación para conocer el resultado)

Con respecto a la etapa inicial se asume por la autora la Comunicación: entendida como producción de vínculos y sentidos:

- Productos comunicativos desarrollados, temáticas escogidas y su relación con las vivencias de los participantes, sus aspiraciones y necesidades.
- Desarrollo de capacidades comunicativas.

En relación con los instrumentos o registros que sirven de insumos y permiten analizar estas categorías, los autores no coinciden en un concepto específico y los denominan indistintamente: métodos, registros (Jara, 1994), fuentes de información, suministros informativos e instrumentos útiles o facilitadores. Así nombran a todos los elementos de los cuales se puede obtener información útil para la reconstrucción del proceso y que se convertirán en materias primas básicas para emprender la interpretación crítica y su devolución comunicativa.

Entre estos instrumentos aparecen anotaciones, diarios, documentos, papelógrafos, memorias de los talleres, fotografías, videos, informes de investigación, entrevistas a participantes y colaboradores (ya sean individuales o grupales) y los debates resultados de los talleres. Además, se pueden utilizar perfiles históricos, cronologías, mapeos significativos, diagramas de la organización, calendarios de actividades y líneas del tiempo (Ardón, 2001, c. p. Roselló, 2004, p. 26).

Todas estas herramientas ofrecen información que ayudarán a responder el qué, el cómo, el por qué y el para qué o para quién/quienes se realizó determinada práctica o acción. Su correcta aplicación nos permitirá conocer la mediación del contexto, la relación entre los sujetos participantes, las contradicciones que surgieron y los factores que dinamizaron u obstaculizaron el proyecto, entre otros aspectos; alcance e impacto que tuvo.

**Resultados:**

En la segunda etapa se asume la comunicación de manera estratégica y se reconocen y planifican los ciclos comunicativos considerando tres tiempos:

En un 1er tiempo: se identifican las propuestas, momento creativo y de prealimentación.

En un 2do tiempo: se desarrolla durante la ejecución de la acción comunicativa planificada para aprovecharla al máximo.

Trazamos de manera colectiva una ruta clara para facilitar los procesos comunicativos, que repercute en el acceso a la información, en la construcción del conocimiento, en la creación de un clima favorable para el diálogo y la acción social. Al desarrollar una planificación comunicativa exploramos a qué medios se exponen más las personas con las que deseamos compartir los mensajes, por qué vías es posible influirlas, reconocerlas y sensibilizarlas, para obtener su apoyo o consideración con nuestros objetivos.

**Acciones:**

- Diseminación de las Buenas prácticas comunicativas en la provincia, cada municipio comparte su quehacer y se visibiliza a través del perfil oficial del Proyecto en Facebook. Se comparten con los medios de prensa provinciales, perfiles oficiales en sus páginas:  
[www.uniss.edu.cu](http://www.uniss.edu.cu)  
[www.centrovision.icrt.cu](http://www.centrovision.icrt.cu)  
[www.espirituano.gob.cu](http://www.espirituano.gob.cu)
- Fortalecen comunicativamente las estructuras de comunicación en los municipios al nombrar representantes de comunicación en los equipos municipales.

- Se ha trabajado en la actualización de la campaña comunicativa del SIAL, con énfasis en la incidencia pública y el fortalecimiento de capacidades comunicativas de actores vinculados a sus estructuras, mediante reuniones e invitaciones a actividades realizadas en los municipios con participación de los gobiernos locales, instituciones (ANAP, MINAGRI, ACTAF, FMC entre otros), alianzas con otros proyectos. Ejemplo de ellas la entrega de insumos a cada municipio.
- Enriquecen productos comunicativos a realizarse en el transcurso del 2020, que sirvan como medios de divulgación y capacitación en temas de interés que respondan a las necesidades de cada territorio y sus principales renglones productivos.
- Se recoge información para divulgar historias de vidas de productores líderes, de los GIAL nuevos conformados en los municipios, utilizando las redes sociales y los espacios creados como plataforma primordial para el intercambio y difusión de éstas informaciones. Aprovechando con un sentido estratégico y planificado los recursos que disponemos en pos de estas acciones y haciendo protagonistas a nuestros productores.

En un 3er tiempo: que es el momento después, de retroalimentación, seguimiento y evaluación para dar a conocer los resultados.

Contar con estadísticas, documentar ejemplos, correlacionar indicadores, evaluar tendencias y sobre todo, poder hablar con claridad lo que se quiere, son recomendaciones para quienes se adentran en el trabajo comunitario. Entre las sugerencias a considerar está darle un trato directo y personalizado a los públicos objetivos. El diseño de reuniones y encuentros, la invitación a participar en actividades o debates, ofrecerles colaboración, constituyen maneras de acercar y comprometer a decisores de los gobiernos municipales.

El enfoque comunicativo con el que se aborden los contenidos y mensajes a transmitir a de considerar las características del grupo y los actores locales, productores y productoras; sus motivaciones y prioridades, además del saber

tradicional y la información que poseen sobre los temas a abordar y representar sus significados.

### **Conclusiones**

- Visibiliza las contribuciones del Sistema de Innovación Agropecuaria Local (SIAL) que le permitan incidir en las estrategias de desarrollo municipales y en políticas públicas.
- Contribuir a que las buenas prácticas aportadas por el sistema de innovación local sean implementadas por las estrategias municipales y los grupos de innovación agropecuaria locales se consoliden como espacios de participación para el fomento de la innovación agropecuaria local en base a procesos y dinámicas participativas.
- Se asume desde la comunicación para el desarrollo como protagonistas a los actores locales y sus identidades, cultura y prácticas sociales en su desarrollo por las tradiciones que denotan lo propio, lo autóctono que define cada comunidad y a su vez es fiel representante de su identidad, se basa en la “comunicación comunitaria” que representan lo local y su desarrollo.

### **Referencias bibliográficas**

- Alonso Fryre, J. Y otros (2003). Gestar lo comunitario. Santa Clara: Editorial “Feijóo”.
- Beltrá L. R. (2002). Comunicación para el desarrollo [ponencia]. IV Congreso de radios y televisiones locales, públicas y alternativas. Chipiona.
- Betancourt, A (1990) “La experiencia Vivencial en la Dinámica de grupo: técnicas y ejercicios grupales”. Edit San Juan: Iberoamericana de ediciones.
- Fajardo Nápoles, L., Figueras Matos, D., Santos Vítores, I., Roque Doval, Y., Pérez Díaz, A., Leticia Toledo, G., Peña Sarduy, R., Díaz Fuentes, O. (2013). Innovación social y desarrollo local: Documentación y sistematización de experiencias. Sancti Spíritus: Ediciones Luminaria.
- Frascara Jorge. (2002). Diseño Gráfico y comunicación. Editorial Félix Varela. La Habana.

- Freire, Paulo. (2008). La esencia del dialogo. En Alejandro, Martha, María Isabel Romero y José Ramón Vidal (comp): ¿Qué es la educación popular. Editorial Caminos, La Habana.
- González, N. y Fernández, A. (1993) Trabajo comunitario. Selección de lecturas. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Heredero, L. y Ana María Roura (2005) La televisión Comunitaria del Registro Local. Tesis de Licenciatura en Periodismo, Facultad de Comunicación, Universidad de La Habana. La Habana
- Informe de sistematización. Colectivo de autores, La Habana. Junio 2016.
- INCA (2018). Hacia una gestión participativa del desarrollo local. La Habana.
- Kaplún, M (2002) “Una pedagogía de la comunicación. El comunicador popular”. Editorial Caminos, La Habana.
- Ortiz, R.; La O, M.; Miranda, S. (2017). El Sistema de Innovación Agropecuaria Local. Conformación y funcionamiento. Tomado del manual: Hacia una gestión participativa del desarrollo local. Texto de apoyo al diplomado para la implementación del Sistema de Innovación Agropecuaria Local.
- Rodríguez N. y Díaz, A. (2003) Trabajo Comunitario. Selección de Lecturas. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Tamara Roselló Reina y Marielys del Toro Padrón. (2003) Entre el dicho y el hecho. El tratamiento comunicativo del tema ambiental en Cuba. Trabajo de d Trelles Rodríguez, Irene. Comunicación Organizacional. Selección de Lecturas. Editorial Félix Varela. La Habana, 2001.
- Tovar M. (1998) Selección de lecturas de Psicología de las Comunidades. La Habana: Editorial Félix Varela. iploma. Universidad de La Habana.
- Unión Internacional para la Conservación de la naturaleza: Guía para la elaboración de estrategias de comunicación para la incidencia Política, (2012).

## **ALTERNATIVAS ECOLÓGICAS VIABLES PARA EL DIAGNÓSTICO Y REHABILITACIÓN DE SUELOS SALINOS EN SANCTI SPÍRITUS.**

ALTERNATIVE ECOLOGICAL VIABLE FOR THE DIAGNOSIS AND REHABILITATION OF SALINE FLOORS IN SANCTI SPÍRITUS.

**Miguel Salvat Quesada.** (<http://orci.org/0000-0002-7874-2958>)

**Marcos T García González**

**Leosdel Marín Ramos.**

<sup>1</sup>Universidad de Sancti Spiritus "Jose Martí" (CUBA), [Salvat@uniss.edu.cu](mailto:Salvat@uniss.edu.cu)

<sup>2</sup>Universidad de Sancti Spiritus "Jose Martí" (CUBA). [marcostg@uniss.edu.cu](mailto:marcostg@uniss.edu.cu)

<sup>3</sup>Universidad de Sancti Spiritus "Jose Martí" (CUBA).

### **Resumen**

La salinidad de los suelos donde se desarrollan las plantas, causa a estas el estrés salino, que produce reducción en su crecimiento y desarrollo, el trabajo de investigación sistematiza una serie de herramienta que permite llegar al objetivo de: proponer un modelo metodológico que posibilite el diagnóstico y recuperación sustentable de los suelos salinos en el sur del Jíbaro en la provincia de Sancti Spíritus. En la metodología se emplean variables físico químicas para el diagnósticos del suelo y a partir de ahí se seleccionan para la aplicación diferentes alternativas sustentables de prácticas de mejoramiento, entre las que se destacan: los métodos hidrotécnicos (lavado de suelos), los físicos (intensidad de labranza, nivelación, inversión de perfiles), los químicos (intercambio de sodio por calcio mediante el uso de sales cálcicas o de ácidos) y los biológicos (abonos orgánicos, establecimiento de cultivos tolerantes). Esto contribuirá a proponer un modelo que hasta donde se conoce, no hay estudios en Cuba sobre el papel de estas técnicas en el mejoramiento de la respuesta de las plantas a condiciones de estrés salino.

**Palabras clave:** Suelo salino, Diagnóstico de suelo, mejoramiento de suelos.

### **Summary**

The salinity of the floors where the plants are developed, it causes to these the saline estrés that produces reduction in their growth and development, the investigation it systematizes a tool series that allows to arrive to the objective: propose a methodological model that facilitates the diagnosis and sustainable recovery of the saline floors in the south of the Jíbaro in the county of Sancti Spíritu. In the methodology are used chemical physical variables for the diagnostic of the floor and starting from there they are selected for the sustainable alternative different application of practical of improvement, among those that stand out: the methods hydrotecnic (laundry of floors), the physiqués (farm intensity, leveling, investment of profiles), the chemists (exchange of sodium for calcium by means of the use of calcic salts or of acids) and the biological ones (organic payments, establishment of tolerant cultivations). This will contribute to propose a model that up to where one knows, there are not studies in Cuba on the paper of these techniques in the improvement of the answer of the plants to conditions of saline stress.



Key words: I am accustomed to saline, Diagnostic of floor, improvement of floors

## Introducción

La salinidad en los suelos cubanos en mayor parte es secundaria (antropogénica); entre las causas que la producen se encuentran: la deforestación de las tierras altas, el uso de agua salinizada de acuíferos con intrusión marina, la elevación del manto freático salinizado, así como el uso de agua de riego de mala calidad (González-Núñez et al., 2004). Se ha podido constatar en la práctica, que estas tres últimas afectan los suelos del Sur del Jibaro de Sancti Spíritus, junto con el aumento del nivel del mar debido al cambio climático.

Los métodos de mejoramiento son caros después que hay deterioro del suelo, en las condiciones actuales de Cuba se hace imperioso proponer modelos que abaraten este complejo y urgente incursión práctica que mejore los rendimientos de los cultivos en lo fundamental el arroz.

Por tal razón el trabajo se traza como objetivo: proponer un modelo metodológico que posibilite el diagnóstico y recuperación sustentable de los suelos salinos en el sur del Jíbaro en la provincia de Sancti Spíritu.

## *Desarrollo*

### **La salinidad de los suelos en las plantas**

La salinidad de los suelos donde crecen y se desarrollan las plantas, causa lo que se conoce por estrés salino, que produce reducción en el crecimiento y en el desarrollo de esta, existen fundamentalmente tres tipos de estrés y como consecuencia de la combinación de estos estreses, según Ramírez, R.; et al (2008) existe un cuarto estrés que se manifiesta en plantas expuestas a condiciones de salinidad. Estos son:

1. Inducción de estrés hídrico, efecto es similar a una falta de agua en el suelo, ya que se afecta el potencial hídrico ( $\psi$ ) de las plantas, por la presencia en exceso de solutos en la solución del suelo (sales) que produce una disminución del potencial osmótico ( $\psi\pi$ ) y, consecuentemente, del  $\psi$ . Por tanto, el balance hídrico de la planta en general se encuentra afectado, ya que para mantener un gradiente entre el suelo y las hojas, que permita continuar con la absorción de agua necesaria para la planta, se debe generar un potencial hídrico mucho más negativo que el de la solución del suelo.
2. Toxicidad ion específica, debido la alta concentración de sodio y cloruro, esto ocurre debido a la captación y acumulación en las plantas de ciertos iones que se hacen tóxicos disueltos en el agua de riego. Como es el caso específico de la salinidad por sodio ( $\text{Na}^+$ ), cloruro ( $\text{Cl}^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Aunque el sodio resulta ser un micronutriente esencial (que puede competir con el  $\text{K}^+$ ) para un limitado número de plantas C4, no siendo así para la mayoría de las plantas C3, ellos se acumulan en las hojas, y causan lesión probablemente por la carga de sales que exceden la capacidad de la célula de compartimentarlas en vacuolas. Asociando a efecto de

inhibición de la actividad enzimática, alteraciones en la funcionalidad de la membrana, inhibición de la fotosíntesis, repercusión en los mecanismos de transporte y selectividad, y derivación de parte de la energía metabólica a distintos el procesos diferentes al crecimiento.

(4)

3. Desbalance nutricional, debido a los altos niveles de sodio y cloruro que reducen la captación de  $K^+$ ,  $NO^-$ ,  $PO_4^{3-}$ , etc, que resultar en considerable déficit y desbalance nutricional, con acumulación excesiva de iones  $Na^+$  y  $Cl^-$  que reduce la afinidad de otros nutrientes minerales tales como  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ , y  $Mn^{2+}$
4. Incremento de la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS *reactive oxygenspecies*) que dañan las macromoléculas, los factores anteriores provocan un desequilibrio metabólico que ocasionan un esteres oxidativo, se ha planteado por diversos autores la presencia de ROS en condiciones salinas, tales como  $H_2O_2$  (peróxido de hidrogeno),  $O_2^-$  (superoxido) y  $.OH$  (radicales hidroxilo), lo que puede causar en las plantas reacciones fitotóxicas como la peroxidación de lípidos, degradación de proteínas y mutaciones en el ADN.

Otros autores han planteado que los daños en la membrana inducidos por estrés salinos están asociados a una alta producción de ROS, lo que se ha podido comprobar con la producción de malondialdehído (MDA) como indicador de peroxidación de lípidos al someter las plántulas de tomate a condiciones de estrés salino.

La mejora genética se convierte en una herramienta que, sin lugar a dudas, favorecer la utilización de variedades de cultivo en áreas subutilizadas, que pueden rendir productividad en aquellas zonas donde la salinidad sea un factor limitante de la producción agrícola. Pero las vías que se trabaja para la obtención de materiales que se ofrezcan en esta dirección son costosas aunque efectivas y de largo tiempo de obtención de resultados, además en Cuba los avances en la liberación de variedades adaptadas o de buen comportamiento productivo en condiciones de campo con problemas de salinidad no han sido fructíferos, dejando claro hacia dónde debe de encaminarse las estrategias de búsquedas científicas para la mejora de esta situación.

## **Metodología**

Métodos de *Diagnóstico de suelo*

*Físico- químico*

En función de esta variable se establecen los indicadores que permite en correspondencia a los varios sistemas de clasificación de los suelos; el sistema más empleado es el propuesto por el Laboratorio de Salinidad de Estados Unidos (Richards, 1954). Este sistema se basa en indicadores de fácil obtención como son: la conductividad eléctrica del extracto de saturación (CE), el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) y el pH, a partir de lo cual se divide a los suelos afectados por sales en tres grupos ([tabla 1](#))

Tabla 1. Clasificación de los suelos afectados por sales.

Clasificación	CE (dS/m)	PSI	pH
Salinos	> 4	< 15	< 8,5
Sódicos	< 4	> 15	> 8,5
Salinos-sódicos	> 4	> 15	< 8,5

Fuente: Richards (1954).

#### DIAGNÓSTICO Y MONITOREO DE DEGRADACIÓN DE SUELOS POR SALINIZACIÓN

Tabla 2. Criterios para calificar grado de salinidad

VARIABLES	RANGOS PARA CALIFICACIÓN	CALIFICACIÓN
PSI o RAS o CE o (pH y SO <sub>4</sub> )	RAS ≥ 13 o PSI ≥ 15	
CE ≥ 16 dS/m		
CE ≥ 4 y, pH < 4 y, [SO <sub>4</sub> ] ≥ 0,05%		
CE o PMgI o CaCO <sub>3</sub> eq o CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	CE ≥ 8 dS/m < 16 dS/m	<b>Severo</b>
PMgI ≥ 40		
[CaCO <sub>3</sub> eq] ≥ 10%		
[CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O] ≥ 15%		
CE o PMgI o CaCO <sub>3</sub> eq o CaSO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	CE ≥ 4 dS/m < 8 dS/m	<b>Moderado</b>
PMgI ≥ 30 < 40		
[CaCO <sub>3</sub> eq] < 10%		
[CaSO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O] < 15%		
CE	CE ≥ 2 dS/m < 4 dS/m	<b>Ligero</b>
CE	CE < 2	<b>Muy ligero</b>

Fuente: Protocolo Salinización CAR-IDEAM-UDCA

Así, para la zonificación preliminar a nivel regional, se establecen cinco grados de salinidad en términos de severidad, teniendo en cuenta los contenidos o concentraciones en los suelos: muy ligero, ligero, moderado, severo y muy severo. A continuación, se describe cada uno de ellos.

Tabla 3: Criterios para calificar clase de salinidad

Variables	CRITERIO	CLASE
CE (Conductividad eléctrica) (dS/m)	$CE \geq 2$ dS/m	Salino
PSI (Porcentaje de sodio intercambiable)	$PSI \geq 7,5$ o $RAS \geq 13$	Sódico
PMgl (Porcentaje de magnesio intercambiable)	$PMgl \geq 30$	Magnésico
CaCO <sub>3</sub> eq (Porcentaje de carbonato de calcio equivalente)	$CaCO_3eq \geq 2\%$	Calcáreo
Yeso (CaSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O) Porcentaje de yeso	Yeso (CaSO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O) > 5%	Gypsicos
Sulfatado ácido		
CE (Conductividad eléctrica), pH y Sulfatos[SO <sub>4</sub> ]	pH < 6 (Horizonte Orgánico) y SO <sub>4</sub> > 0,05 o S > 2%	
pH * si no cumplen ningún criterio anterior	$pH \geq 7.4$	Alcalinos

**Fuente:** Protocolo Salinización CAR-IDEAM-UDCA 20

#### *Manejo de los suelos salinos*

Una vez evaluados los suelos, se pueden aplicar diferentes alternativas para su manejo, entre las que se destacan: los métodos hidrotécnicos (lavado de suelos), los físicos (intensidad de labranza, nivelación, inversión de perfiles), los químicos (intercambio de sodio por calcio mediante el uso de sales cálcicas o de ácidos) y los biológicos (abonos orgánicos, establecimiento de cultivos tolerantes). Aunque las clasificaciones de los métodos varían, así como las prácticas de mejoramiento que ellos agrupan, varios autores coinciden en que los mejores resultados se obtienen con la aplicación combinada de estos (González et al., 2014).

El método más utilizado para la recuperación de los suelos salinos es el lavado o lixiviación de las sales solubles con agua de baja salinidad. Este método consiste básicamente en aplicar una lámina grande de agua para disolver las sales y removerlas de la zona radical del cultivo; aunque para lavar un suelo salino es indispensable que este sea permeable y que existan adecuadas condiciones de drenaje (Serrato et al., 2002).

La recuperación de los suelos sódicos se ha realizado principalmente cambiando el sodio en el complejo coloidal por otro catión; para ello se aplica ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y yeso agrícola (CaSO<sub>4</sub> 2 H<sub>2</sub>O); también se ha hecho de forma mecánica, al mezclar la capa superficial con el empleo de un arado, y mediante el uso de plantas halotolerantes. Sin embargo, no es fácil ni económico eliminar o disminuir las concentraciones de sodio en el suelo. Los métodos químicos resultan costosos para las grandes extensiones, tanto por la cantidad de material que se utiliza como por su aplicación, ya que en algunos casos se requiere de equipos especializados (Ruiz et al., 2007).

Numerosos autores han evaluado una serie de tecnologías no convencionales para la recuperación de suelos; para ello aplicaron tres tratamientos alternativos: biofertilizantes, biopolímeros y

electromagnetismo, comparados con enmienda química convencional (yeso-azufre) y un testigo absoluto (solo drenaje). Según la respuesta agronómica de un cultivo de maíz (*Zea mays* L.), los tratamientos basados en el uso de microorganismos (biofertilizantes y electromagnetismo) fueron los más efectivos. El uso de biorremediación con bacterias halófitas capaces de capturar sodio, así como los aislamientos nativos y las cepas comerciales de rizobios, también son alternativas que se han estudiado.

Otra alternativa para el mejoramiento y el aprovechamiento de los suelos salinos es el cultivo de pastos forrajeros con propiedades excretoras de sal, debido a que reducen la salinidad, y además se puede aprovechar su cobertura vegetal. En tal sentido, Ruiz et al. (2007) obtuvieron resultados positivos con tres especies de zacate: *Sorghumsudanense* (Piper) Stapf, *Lolium perenne* L. y *Cynodondactylon* (L.) Pers. En Argentina, al igual que en muchos países, existen plantaciones de arbustos tolerantes a la salinidad como *Jatropha curcas* L., que producen aceites de uso industrial y constituyen otro ejemplo de la incorporación productiva de las plantas en tierras afectadas por la salinidad (Taleisnik y López, 2011). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la incorporación de plantas tolerantes a la salinidad en suelos afectados puede incrementar la acumulación de sales en los estratos superiores. Esto ocurre si las plantas usan el agua freática salina para cubrir sus requerimientos hídricos, como se ha informado en plantaciones de *Eucalyptus*, *Acacia* y *Prosopis* (Taleisnik y López, 2011).

Entre las principales tecnologías aplicadas en Cuba para combatir la salinidad se encuentran: el lavado de los suelos, mediante el establecimiento de adecuados sistemas de irrigación-drenaje; la aplicación de materia orgánica y enmiendas químicas; el uso de cultivos tolerantes a la salinidad; y el cultivo intensivo de arroz, de manera que año tras año, en los suelos dedicados a dicho cultivo disminuye la concentración de sales, y después estos pueden emplearse para otros cultivos o en sistemas de rotación (González-Núñez et al., 2004).

También se ha trabajado en programas de mejoramiento genético y existen en Cuba dos variedades de arroz tolerantes a la salinidad (IACUBA-25 e INCA LP-7), liberadas a la producción. Sin embargo, la liberación de variedades con buen comportamiento productivo en condiciones de campo con problemas de salinidad no ha sido fructífera. Teniendo en cuenta que la selección de plantas tolerantes a la salinidad es un proceso largo, en Cuba se trabaja en la búsqueda de indicadores eficientes para la selección temprana de genotipos con mejor comportamiento agronómico. Otras vías fisiológicas alternativas y promisorias han sido poco exploradas, tales como los tratamientos de HD de las semillas, aspecto que se discute a continuación.

Teniendo en cuenta las diferentes consideraciones sistematizadas se conforma un modelo que orienta los pasos a partir de los diferentes métodos estudiados y aplicados por la ciencia para las rehabilitación de los suelos diagnosticados como salinos para el Sur del Jíbaro en la provincia de Sancti Spíritus, estas extensiones de suelos se dedican en su mayoría al cultivo del arroz en terrazas.

*Tratamientos de hidratación-deshidratación (HD) de las semillas*

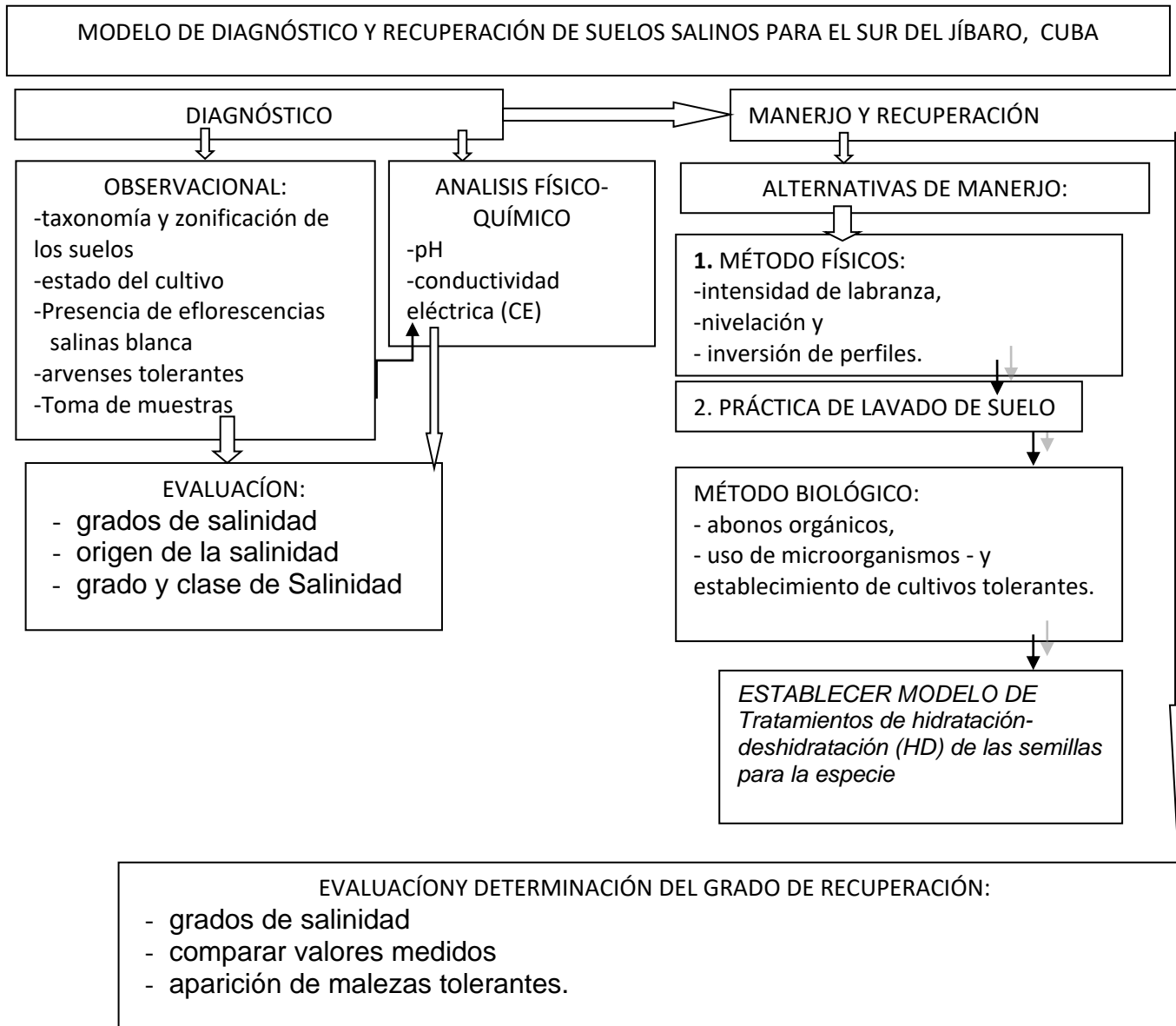
Los tratamientos pregerminativos de HD de las semillas han resultado eficientes para acelerar y uniformar la germinación, revigorizar semillas envejecidas, e incrementar el rendimiento de los cultivos en condiciones ecológicas óptimas y adversas. Dichas técnicas son conocidas fundamentalmente como acondicionamiento de semillas o "seedpriming", revigorización de semillas o "seedreinvigoration" y robustecimiento de semillas o "seedhardening" (Khan, 1992; Taylor et al., 1998; Welbaum et al., 1998a; McDonald, 2000; Sánchez et al., 2001a); aunque el término más empleado en la literatura científica es acondicionamiento o "seedpriming", independientemente de los objetivos que se persigan.

La característica común es que todas estas técnicas implican absorción controlada de agua. Esta se puede definir como la toma de agua que inicia los eventos tempranos de la germinación, pero no lo suficiente como para permitir la emergencia de la radícula, seguida de una deshidratación. Las semillas pueden ser hidratadas en soluciones osmóticas, en agua o en partículas sólidas. La toma de agua es controlada en función del equilibrio de potenciales químicos, limitación de la cantidad de agua añadida, o en función del tiempo de inmersión en agua.

En adición, los tratamientos de HD se han aplicado en combinación con choques térmicos (Sánchez et al., 2001b, 2006) y ácidos (Sánchez et al., 2007), y se lograron incrementos significativos en la germinación y el vigor de las plántulas en condiciones de estrés calórico y acidez del medio, respectivamente.

En Cuba se ha estudiado el efecto de los tratamientos de HD de las semillas en un gran número de especies de interés agrícola, en sistemas silvopastoriles y en árboles tropicales pioneros. Con dichos tratamientos se logró mejorar la germinación y el establecimiento de las plántulas en diferentes condiciones de estrés abiótico.

Resultados y discusión del modelo



Hasta donde se conoce, no hay estudios en Cuba sobre el papel de estas técnicas en el mejoramiento de la respuesta de las plantas a condiciones de estrés salino. Esto podría ser una línea importante de investigación, no solo por su interés teórico, sino por la significación práctica que podría tener su aplicación en los sistemas agrícolas y de repoblación forestal en condiciones ecológicas adversas o cambiantes, tal como se propone en los posibles escenarios ambientales inducidos por el cambio climático.

### **Conclusiones**

Se establecen las pautas para el monitoreo y diagnóstico físico químico de los suelos para determinar el grado de salinización que posibilita además determinar criterios para calificar tipo de salinidad.

Se propone un modelo que integra los distintos métodos de recuperación de suelos salino.

### **Referencias bibliográficas**

Barrios, E; et al. (2006) Indicators of soil quality: a South—South development of a methodological guide for linking local and technological knowledge. *Geoderma* 135: 248-259

Barrios, Edmundo. (2007) Soil biota, ecosystem services and land productivity. *EcologicalEconomics* 64: 269-285

Gonzalez, L. M. (2000) Análisis de la tolerancia a la salinidad en variedades de *Vigna unguiculata* (L.) sobre la base de caracteres agronómicos, la acumulación de iones y el contenido de proteínas. *Cultivos Tropicales*, vol. 21, no. 1, p. 47-52.

González, J., Languasco, P. & Prado, F. (2014) Efecto de las vinazas sobre la germinación de soja, trigo y quinoa en condiciones controladas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 49 (4): 473-481.

González-Núñez, L. M.; Tóth, T. & García-Bermejo, D. (2004) Integrated management for the sustainable use of salt-affected soils in Cuba. *Universidad y Ciencia*. 20 (40):85-102.

Guerrero, J. (2013) Recuperación de suelos degradados por erosión, contaminación, salinización y acidez. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad e Agronomía. Lima, PE. 138-154 p.

Korndörfer, G., Nolla, A., Waldo, A. & Lara, C. (2004). Impacto ambiental del uso de la vinaza en la agricultura y su influencia en las características químicas y físicas del suelo en: Encuentro sobre vinazas, potasio y elementos menores para una agricultura sostenible. Palmira, Colombia. Corpoica. Pp.: 233.

Ramírez, R.; et al (2008) Respuesta antioxidante enzimática en frutos de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) bajo condiciones de estrés salino. *Interciencia*, vol. 33, no. 5, p. 377-383.



Ruiz, E.; et al(2007) Aprovechamiento y mejora de un suelo salino mediante el cultivo de pastos forrajeros. *Téc. Pec. Méx.* 45 (1):19-24.

Serrato, R.; Ortiz, A.; Dimas, J. & Berúmen, S. (2002) Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en La Comarca Lagunera, México. *Terra.* 20 (3):329-336,

## **DISEÑO DEL RIEGO POR SURCOS ASOCIADO AL CULTIVO DEL FRIJOL, EN LA COMUNIDAD DE BANAQ**

ROW IRRIGATION DESIGN ASSOCIATED WITH BEAN CULTIVATION, IN THE COMMUNITY OF BANAQ.

**Dr. C. Manuel Rodríguez González<sup>1</sup> (ORCID),** <https://orcid.org/0000-0002-7448-295>

**Dr. C. Daisy Deniz Jiménez<sup>1</sup> (ORCID)** <https://orcid.org/0000-0002-0332-5594>

**Ing. Nerelys Cabrera Julien<sup>1</sup> (ORCID),** <https://orcid.org/0000-0002-1918-8555>

<sup>1</sup> Universidad de Sancti Spíritus (Cuba)

E-mails: [manuelaleyu@gmail.com](mailto:manuelaleyu@gmail.com), [daisydeniz1990@gmail.com](mailto:daisydeniz1990@gmail.com), [cnerelys@gmail.com](mailto:cnerelys@gmail.com).

### **RESUMEN**

Esta investigación propone una tecnología que contribuya a mejorar los parámetros de desempeño del riego por surco, en el cultivo del frijol. Se empleó un diseño de parcelas en franjas con tres tratamientos: (A) riego con flujo continuo, (B) riego intermitente con criterio de manejo de distancias variables con tiempos incrementales, (C) riego intermitente con criterio de manejo de tiempos variable y distancias constantes. Se evaluaron los parámetros de diseño, y el comportamiento del cultivo. Los resultados demostraron que el tratamiento B reduce el tiempo de aplicación en 1,7 veces, la lámina aplicada 42%, lo que equivale a incrementar hasta un 52,4 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> la superficie regada con el volumen de agua utilizado por el método tradicional. En cuanto al tiempo de oportunidad, el tratamiento C logró, incrementar en los últimos 20 m del surco la oportunidad de infiltración de 1,68 a 1,77 veces, alcanzó la mayor respuesta agroproductiva, se incrementa los rendimientos en 6,7 % respecto al método tradicional. El desarrollo de esta tecnología, permitió demostrar, que esta tecnología es superior al método tradicional, reduce los tiempos de riego, ahorro de agua, mayor producción del cultivo que se traduce en productividad del riego.

**PALABRAS-CLAVES:** productividad del riego, desempeño, riego por surco

### **SUMMARY**

This research proposing a technology that contributes to improving these performance parameters of furrow irrigation in bean cultivation. A strip plot design with three treatments was used: (A) continuous flow irrigation, (B) intermittent irrigation with variable distance management criteria with incremental times, (C) intermittent irrigation with variable time and distance management criteria constant. The design parameters and the agro-productive behavior of the crop were evaluated. The results showed that irrigation times are reduced, treatment B stood out by reducing the application time by 1.7 times, the applied sheet 42%, which is equivalent to increasing the surface up to 52.4 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> watered with the volume of water used by the traditional method. Regarding the opportunity time, treatment C managed to increase in the last 20 m of the furrow the infiltration opportunity from 1.68 to 1.77 times, it reached the highest agro-productive response, increasing yields by 6.7% compared to the traditional method. The development of this technology allowed demonstrating that this technology is superior to the traditional method, reduces irrigation times, saves water, and increases crop production that translates into irrigation productivity.

KEY WORDS:irrigation productivity, performance, furrow irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La isla de Cuba por sus características geográficas presenta un clima predominantemente tropical. El comportamiento histórico de las precipitaciones es muy variable en el territorio nacional. Aproximadamente el 75 % de las lluvias ocurren durante el período lluvioso (mayo-octubre). Como resultado, los suelos agrícolas cubanos presentan niveles inestables de humedad, que son a su vez insuficientes para satisfacer totalmente los requerimientos hídricos de los cultivos, situación que se agrava en las condiciones actuales de sequía que afectan a todo el territorio nacional. El riego agrícola, por su estrecha relación con el uso, el manejo y la conservación del agua, es una de estas áreas dentro de la agricultura que requiere de mayores estudios, avances tecnológicos y de la aplicación de los mismos sin deteriorar el medio ambiente.

En Cuba hasta el 2016 el riego superficial ocupaba 75 % del área bajo riego (Tornés et al., 2016) con eficiencia del uso del agua del 40 – 50%, estos sistemas presentan, en sentido general, un reconocido atraso tecnológico. Es evidente que ante este hecho se tenga que contemplar la posibilidad de introducir cambios que impliquen un mejoramiento de este método de riego, con un enfoque científico racional, que permite utilizar el recurso agua con mayor eficiencia, minimizar efectos adversos como la erosión y el drenaje deficiente de los suelos (Rodríguez et al., 2019).

Conocer el diseño hidráulico del riego por surcos y considerar sus indicadores de desempeño en función de las condiciones en que se desarrollen, permiten que se aplique agua en cantidades compatibles con las necesidades de consumo de los cultivos y mejorar el riego. El objetivo de esta investigación es diseñar una tecnología de riego por surcos para el cultivo del frijol, basada en el mejoramiento de los parámetros de calidad del riego en un suelo ferralítico rojo lixiviado.

## DESARROLLO

La investigación se realizó en el sector campesino perteneciente a la comunidad Banao, en la Finca "La Esperanza". Sobre un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado. El diseño experimental empleado para determinar los indicadores de desempeño del riego por surcos fue de parcelas con tres tratamientos (nivel de factor), su empleo obedece a la naturaleza del estudio con un marco de siembra 0,70 x 0,10 m para el cultivo frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de la variedad de Bat-304 de testa negra, bajo las condiciones en que se desarrolla la producción de este cultivo en la localidad, con surcos abiertos y drenaje libre en su extremo. Las observaciones se realizaron en área efectiva de cada parcela, para evitar el efecto de las variantes vecinas. Se evaluaron un total de cinco eventos de riego. Las atenciones culturales consistieron básicamente en las prácticas comunes de los productores de la zona. Se delimitaron tres tratamientos en el campo de acuerdo a los diferentes parámetros considerados para el mejoramiento del riego por surcos, los cuales se relacionan a continuación:

**Tratamiento A:** riego por surcos con flujo continuo (RC) en surcos abiertos (método tradicional).

**Tratamiento B:** riego por surcos con caudal intermitente (RI) con criterio de manejo de tiempos variables (incrementales) con dos ciclos de riego y uno de remojo con un intervalo de tres minutos.

**Tratamiento C:** riego por surcos con caudal intermitente (RI) con criterio de manejo de tiempos variables y distancias constantes (20 m) con una sola etapa de avance y un intervalo de tres minutos entre ciclos.

El número de ciclos de riego ( $N_i$ ) y el intervalo entre ciclos se determinó de forma experimental a partir de diferentes criterios de manejo, tecnología utilizada y estudios precedentes, se consideró: la rapidez, homogeneidad del avance en el surco y que el frente de avance recorriera distancias sensiblemente iguales en cada ciclo. En el tratamiento B donde el criterio de manejo es tiempos variables incrementales el  $N_i$  se determinó por la metodología propuesta por Romay (2008), a partir de la relación entre el tiempo de aplicación de agua durante el primer ciclo de avance ( $(T_p)$  tiempo que tarda el agua en avanzar  $\frac{1}{4}$  del surco o sea en 15,0 m), y los subsiguientes tiempos de los ciclos para concretar la etapa de avance según la ecuación [1] y los tiempos de cada ciclo por la expresión [2].

$$RPA = PN_i^{1,52} - (PN_i - 1)^{1,52} \quad [1]$$

$$TC_i = T_p.RPA_i \quad [2]$$

Para la etapa de remojo se utiliza la expresión [3]

$$RPR = NPA^{1,52} .FR \quad [3]$$

Dónde:  $RPA$ : relación intermitencia y avance;  $PN_i$ : número de intermitencia;  $RPR$ : relación intermitencia y remojo;  $NPA$ : cantidad de ciclos durante el avance;  $FR$ : factor de remojo según la clase de textura (tabla 1);  $TC_i$ : tiempo de cada ciclo (min).

Tabla 1: Valores del Factor de Remojo para diferentes texturas

Clase de Textura	Gruesa	Media	Fina
Factor de Remojo ( $FR$ )	0,2	0,15	0,1

Fuente: Romay, (2008)

A partir de esta metodología se determinó que los tiempos de riego para el tratamiento B fue: para el primer ciclo ( $RPA$  1) de 2,00 min, el segundo ciclo ( $RPA$  2) de 3,54 min y el ciclo de remojo ( $RPR$ ) 2,46 min.

Para evitar la erosión del suelo por arrastre excesivo de partículas durante el riego, se estima el caudal máximo no erosivo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) a partir de la expresión [4] con sus coeficientes adimensionales (tabla 2) recomendada por Romay *et al.* (2010).

$$Q_{m\acute{a}x} = \frac{C}{S_0^a} \quad [4]$$

Donde.  $Q_{m\acute{a}x}$ : caudal máximo no erosivo ( $L s^{-1}$ );  $S_0$ : pendiente del surco (%);  $C$  y  $a$ : coeficientes experimentales que dependen del tipo de suelo (tabla 3).

Tabla 3. Valores de los coeficientes ( $C$  y  $a$ ) para diferentes texturas

Textura	Coficiente
---------	------------

	<b>C</b>	<b>a</b>
Muy fina	0,892	0,937
Fina	0,988	0,550
Media	0,613	0,733
Gruesa	0,644	0,704
Muy gruesa	0,665	0,548

Para el aforo del flujo de entrada al surco y final del surco se instaló un aforador (vertedor triangular) a distintos intervalos de tiempo se registró el caudal entrado y salido al pie en cada uno de los surcos. Las lecturas de la lámina de agua, fueron procesadas mediante la ecuación [5] utilizadas por Rodríguez et al, (2019). El instrumento se colocó en la estación cero que se ubicó a 2,0 m del inicio del surco y al final. Esta posición permitió, mantener controlado el flujo de entrada durante todas las evaluaciones.

$$Q_0 = CH^{5/2} [5]$$

Donde.  $Q_0$ : caudal ( $L s^{-1}$ );  $C$ : coeficiente de gasto para el vertedor triangular (0,0138);  $H$ : tirante (cm) altura del agua cresta arriba del vertedor.

Para determinar los tiempos de riego, previamente se colocaron estacas (estaciones) a equidistancias de 10 metros sobre la longitud total hacia el pie del surco. Los tiempos determinados en esta investigación fueron: tiempo de avance ( $t_{av}$ ), tiempo de aplicación ( $t_a$ ) y tiempo de oportunidad ( $t_o$ ). En el  $t_o$  se consideró que existiera menos del 10 % de la lámina de agua sobre la superficie en cada estación lectura ya que ocurre rápidamente la retirada del frente de avance. El instrumento utilizado para la medición del tiempo fue un cronómetro digital modelo Casio con una precisión de milésimas de segundos.

Para determinar la lámina total aplicada ( $L_a$ ) por el método propuesto por Arbatet *al.* (2019) para los cinco eventos de riego realizados según la ecuación [6]:

$$L_a = \frac{Q_0 \cdot t_a}{1000 \cdot W \cdot L} [6]$$

Donde.  $L_r$ : lámina requerida (mm);  $H$ : profundidad efectiva del cultivo (m);  $\alpha$ : densidad del suelo ( $g cm^{-3}$ );  $C_c$ : capacidad de campo (% bss);  $L_p$ : límite productivo (% bss);  $L_a$ : lámina aplicada (mm);  $Q_0$ : caudal de diseño, ( $m^3 min^{-1}$ );  $t_a$ : tiempo de aplicación, (min);  $W$ : espaciamiento entre surcos (m);  $L$ : longitud del surco (m).

Las evaluaciones se realizaron durante el ciclo del cultivo, acordes al descriptor varietal del cultivo del frijol, según Almeida, (2018). Cada muestreo se realizó por conglomerado con tres grupos determinados de un metro de longitud, ubicados respectivamente en la parte alta, media y baja del surco. La selección de los grupos en cada muestreo fue aleatoria, el número de plantas a evaluar por tratamiento fue de 30. Las variables evaluadas en el área efectiva de cada tratamiento son las siguientes:

- Número devainas por plantas: Fue determinado por conteo físico del número devainas que tuviesen, por lo menos, una semilla viable en cada planta muestreada.
- Longitud de la vaina (cm): Medición realizada desde la inserción de la vaina en el pedicelo hasta el extremo libre del ápice. Se tomó en cuenta las vainas correspondientes al cuarto nudo, se consideró como nudo número uno el de los cotiledones. Instrumento cinta métrica.
- Número de semilla por vainas: Fue determinado por conteo físico y se utilizaron las mismas vainas para determinar la longitud, y se contaron el número de semillas viables que contenían.
- Rendimiento total ( $t \cdot ha^{-1}$ ): Se tomó como base la producción de semillas en la superficie sembrada, refiriéndola a una hectárea.

#### **Procesamiento estadístico**

Los datos referidos a las variables estudiadas para los distintos parámetros de riego y características morfométricas del cultivo se analizaron estadísticamente *SPSS -23*. Se determinó la distribución normal según la prueba de *Kolmogorov- Smirnov* y el estadístico de Levene para comprobar la homogeneidad de varianza. A partir de un análisis varianza simple para cada variable se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey para un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ . También se realizó estimaciones curvilíneas de regresión para determinar el modelo que más se ajusta y la dependencia entre las variables.

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los valores promedios de la altura del agua a través del vertedor para los tres tratamientos se muestran en la Fig. 1, se destaca que no existe diferencias significativas entre ellos durante los cinco eventos de riego realizados con una carga hidráulica promedio de 4,2 cm de la lámina de agua. El caudal promedio durante el ciclo del cultivo de  $0,51 L s^{-1}$ , a partir de la transformación de la unidad lineal (cm). Al determinar el caudal máximo no erosivo ( $Q_{m\acute{a}x}$ ) como indicador de desempeño en este tipo de suelo y su pendiente es de  $0,54 L s^{-1}$ . En este experimento se utilizó solo el 96,3 % del caudal máximo no erosivo. Se destaca que el caudal de diseño utilizado es inferior al máximo no erosivo ( $Q_{m\acute{a}x} > Q_o$ ). Si tiene en cuenta estos criterios, queda demostrado que el caudal utilizado está entre los límites reconocidos por la bibliografía internacional. Es recomendable realizar un estudio en el campo para verificar localmente la magnitud de esta variable, pues con esto se evita la erosión de la superficie del terreno (lixiviado frontal).

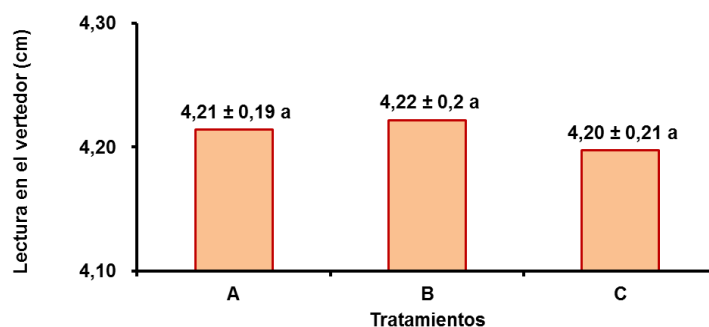


Figura 1 Lectura de la lámina de agua promedio durante los eventos de riego.

El tiempo de avance del riego durante el ciclo del cultivo muestra en la tabla 4. Se destaca que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, bajo estas condiciones. Al determinar cuál de los tratamientos es el que más incide en la variable respuesta. Se demuestra que, en los tratamientos, donde se utilizó el riego con caudal intermitente, el tiempo de avance es menor al empleado por el método tradicional. Se destaca los tratamientos B y C que utilizan de 1,8 a 1,4 veces menos tiempo que el riego continuo respectivamente, lo que se relaciona con el incremento del área a beneficiar por unidad de tiempo.

Esta reducción del tiempo de avance en los tratamientos donde se utilizó el riego con caudal intermitente se sustenta en los criterios de Rodríguez, (2014). Este demostró que el efecto se origina por una reducción de la permeabilidad del suelo. La principal causa de esta reducción la constituye la consolidación del suelo mojado durante la interrupción del flujo, debido a un incremento en la tensión suelo-agua, una sección de surco más estable durante la infiltración de agua entre ciclos, la entrada y captura de aire que ocurre entre estos.

Tabla 4 Tiempo de avance en los diez eventos de riego para cada tratamiento

Tratamientos	Número de riegos					Media ± S tav (min)
	1	2	3	4	5	
Tratamiento A	34,03	35,05	34,58	34,23	33,06	34,19 ± 0,7 c
Tratamiento B	19,15	19,35	19,48	19,52	19,57	19,41 ± 0,6 a
Tratamiento C	25,35	26,41	23,28	24,52	25,18	24,96 ± 0,8 b
CV %						14,3
Esx						0,5156

*Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Los resultados demuestran que, en los tratamientos, donde se utilizó el riego por surcos con caudal intermitente, se puede regar más área en la misma unidad de tiempo comparado con el riego continuo. Se destacan los tratamientos: B que puede alcanzar 45,9 m más, que equivale 1,8 veces superior y el C 22,1 m (1,36 veces mayor), más que el tratamiento: A respectivamente, lo que representa un indicador de eficiencia, ahorro de energía, agua y tiempo. Con el caudal utilizado en esta investigación se proporcionan avances parciales sobre suelo seco dentro del rango 26,3 y 27,8 m aproximadamente en cada ciclo para el tratamiento B con el criterio de manejo distancias variables y tiempos incrementales, por lo que es necesario realizar dos ciclos en cada riego más un remojo. Con los dos primeros ciclos se logró que el frente de humedecimiento proporcione un avance parcial promedio de 52,0 y 55,0 m, respectivamente.

El tiempo de aplicación ( $t_a$ ) es directamente proporcional al tiempo de avance, donde existen diferencias significativas entre los tres tratamientos (tabla 5). Los tratamientos de mejor desempeño fueron en los que se utilizó el riego con caudal intermitente, el tratamiento B con 1,73 veces menos tiempo de aplicación y el C con 1,39 veces menos comparados con el riego continuo. Rodríguez et al, (2019) infiere que el riego superficial con caudal intermitente consume de un 20 a 40 % menos tiempo de aplicación para alcanzar la misma distancia que el método de riego con flujo continuo. En este experimento los tratamientos, donde se utilizó el riego intermitente se demostró lo planteado por este investigador, ya que se consumió desde un 28,3 hasta un 42 % de menor tiempo de riego por una misma unidad de área.

Tabla 5: Tiempo de aplicación promedio de los cinco eventos de riego

Tratamientos	Número de riegos					Media $\pm$ S ta (min)
	1	2	3	4	5	
Tratamiento A	35,23	36,33	35,76	35,36	34,26	35,39 $\pm$ 0,3 c
Tratamiento B	20,10	20,42	20,45	20,54	20,45	20,39 $\pm$ 0,4 a
Tratamiento C	25,75	26,83	23,71	24,99	25,57	25,37 $\pm$ 0,5 b
CV %						11,3
Esx						0,5098

*Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

El tiempo de oportunidad ( $t_o$ ) promedio a todo lo largo del surco, como se observa en la tabla 6, el tratamiento A y C difieren significativamente del otro tratamiento. Es de destacar que en el tratamiento (C) con criterio de manejo tiempos variables y distancias constante el  $t_o$  promedio es inferior 1,07 veces el tiempo en que existe una lámina de agua sobre la superficie del terreno a pesar de que se reduce el tiempo de avance en 1,4 veces.

Tabla 6: Tiempo de oportunidad (min) promedio de los cinco eventos de riego en cada punto de lectura

Distancia (m)	Tratamiento A	Tratamiento B	Tratamiento C
10	31,89	18,98	23,77
20	25,72	16,63	21,67
30	20,63	14,54	20,06
40	15,22	11,27	12,42
50	9,24	10,03	18,04
60	1,19	0,99	0,42
(Media $\pm$ S)	17,31 $\pm$ 7,4 b	12,07 $\pm$ 6,3 a	16,06 $\pm$ 7,1 b

*Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Como se destaca en la Fig.2, el tiempo de oportunidad promedio (tiempo en que existe una lámina de agua sobre la superficie del terreno) de los primeros 20 m, existen diferencias significativas entre los tres tratamientos. El mayor tiempo de oportunidad al inicio del surco correspondió al riego continuo, que superó desde 1,3 hasta 1,6 veces al resto de los tratamientos, por lo que es evidente que ocurren mayores pérdidas por percolación. Se destaca el tratamiento donde se utilizó distancias constantes y tiempo variable fue el de mejor desempeño en cuanto a la diferencia entre los 20 m iniciales y los finales, que solo los iniciales superan a los finales en 2,52 veces y en el B 3,37 veces. Esto se traduce en mayor uniformidad en el patrón de humedecimiento, no así en el tratamiento de riego continuo donde el tiempo de oportunidad



alcanza una diferencia de 5,52 veces; la lámina infiltrada al inicio del surco en el riego continuo es mayor y describe menor uniformidad en el patrón de humedecimiento.

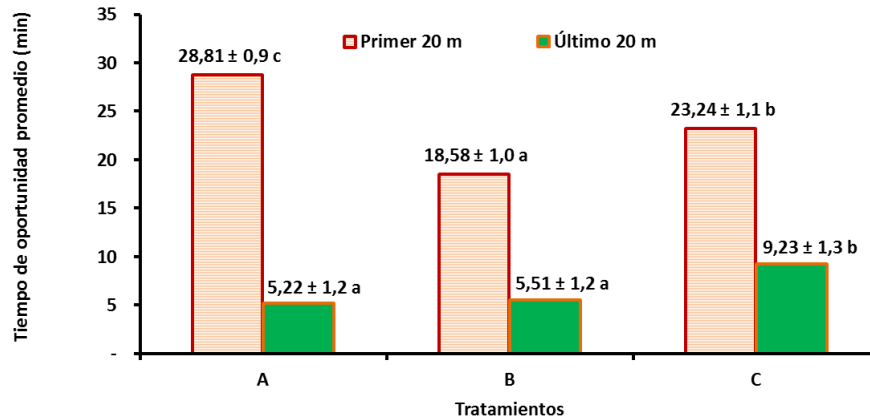


Figura 2: Tiempo de oportunidad promedio en los primeros y últimos veinte metros del surco

En los últimos 20 m del surco, el tratamiento C difiere significativamente del resto bajo estas condiciones en que se desarrolló la investigación, este tratamiento supera al resto de 1,77 a 1,68 veces el tiempo en que existe una lámina de agua sobre la superficie en este último tramo del surco que se traduce en lograr un mejor aprovechamiento del agua ya que aumenta su oportunidad de infiltración a lo largo del surco.

En cuanto al avance del riego por unidad de área y tiempo en la Fig.3, se puede interpretar que los tratamientos bajo riego intermitente, superan al riego continuo de 28,3 hasta 52,4 m<sup>2</sup> h<sup>-1</sup> en el avance del riego, se destacan los tratamientos donde se utilizó el tiempo incremental, que superan desde 1,24 a 1,73 veces el área regada respecto al continuo. Romay y Morábito (2010), Lui et al (2017) plantean que el riego con caudal intermitente mejora la hidráulica de la fase de avance, facilita al regador mojar todo el largo de la parcela de manera más uniforme y con menor lámina aplicada. Los resultados obtenidos coinciden con los criterios de estos investigadores al poder regar mayor área en la misma unidad de tiempo.

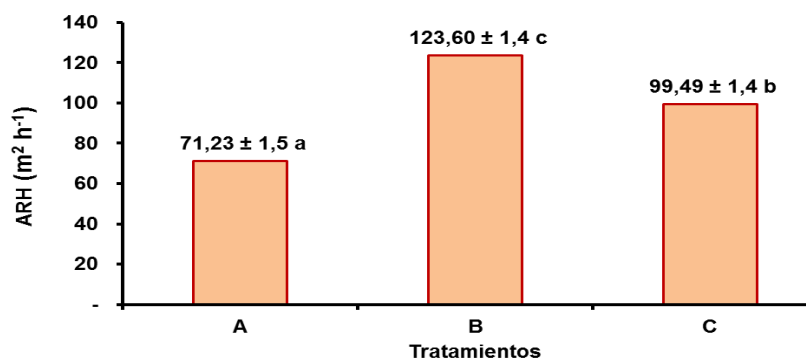


Figura 3: Avance del riego por unidad de área y tiempo

La lámina total aplicada durante todos los eventos de riego difiere entre los tres tratamientos. En las dos variantes donde se utilizó el riego intermitente la lámina aplicada fue para el tratamiento (B) 1,71 (42 %), (C) 1,45 (31 %) veces inferiores comparado al de riego continuo. Por lo que esta tecnología en el método de riego superficial demuestra el ahorro de agua por concepto de riego

respecto al método tradicional. Si el volumen de agua utilizado en el riego continuo se aplicara con flujo intermitente, con la propuesta del tratamiento B, se pueden regar 43 m que equivalen a 72 % de superficie adicionalmente y con el tratamiento C 27 m (45 %) por lo que aumenta la productividad del riego.

En el análisis de la relación entre la lámina total aplicada y el tiempo de aplicación (Fig.4) promedio, dio como resultado que el modelo de mejor ajuste es el lineal, con tendencia positiva, con un coeficiente de correlación de 0,95. La tendencia creciente indica que con un coeficiente de determinación 0,90 la variabilidad es muy fuerte. Esto significa que el 90 % de la variación de la lámina total aplicada aumenta en 1,32 mm por cada unidad del tiempo de aplicación.

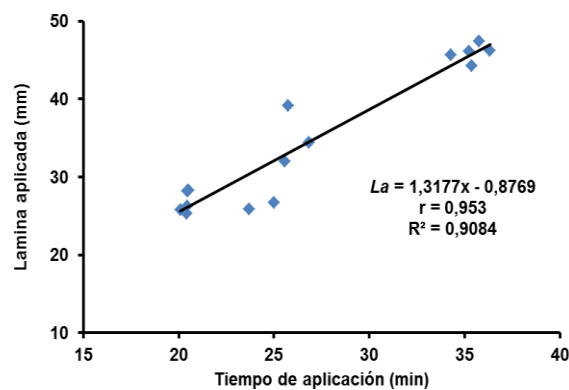


Figura 4: Análisis de regresión entre las variables: lámina total aplicada y tiempo de aplicación.

El modelo matemático generado a partir de la interacción de la variable lámina aplicada y el tiempo de aplicación me permite la cuantificación de la lámina total aplicada en función del pronóstico del tiempo que se dispone para el riego que busca mayor eficiencia del sistema.

La aplicación del agua de forma intermitente provocó un incremento significativo del crecimiento de la plantadurante las observaciones realizadas (Fig.5), los valores medios del número de vainas por plantas que alcanzó niveles entre 11 y 17 vainas por planta. También se muestra que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos, bajo estas condiciones y tamaño de muestra. El tratamiento que más incide en la variable respuesta es el tratamiento C que supera al resto 1,43 a 1,16 veces. El otro tratamiento de riego intermitente también supero al de riego continuo 1,2 veces en este indicador.

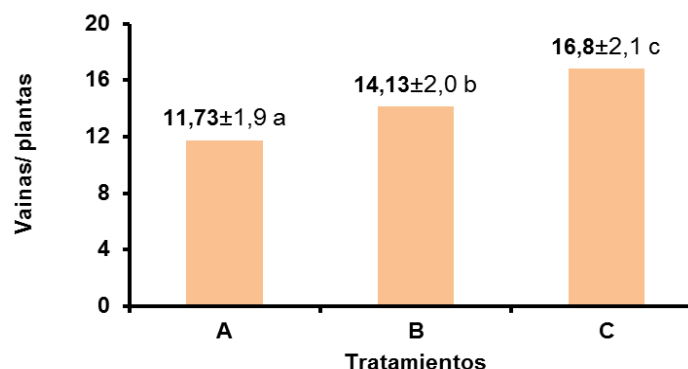


Figura 5: Vainas por planta en los tres tratamientos

El carácter longitud de las vainas no mostró diferencias significativas entre los dos tratamientos donde se utilizó el riego con caudal intermitente, respecto al riego continuo (Fig.6). Los tratamientos B y C con una media de 8,64 cm superaron al tratamiento A en 1,03 veces la longitud de las vainas. En cuanto a la cantidad de semillas por vaina no existen diferencias significativas entre los tres tratamientos este es un carácter varietal (Almeida 2018), presentan una variación de 4 a 6 semillas por vaina, resultado que está acorde a los descritos para esta variedad. No obstante, en el tratamiento B el valor de la media fue superior al resto de los tratamientos en la unidad experimental.

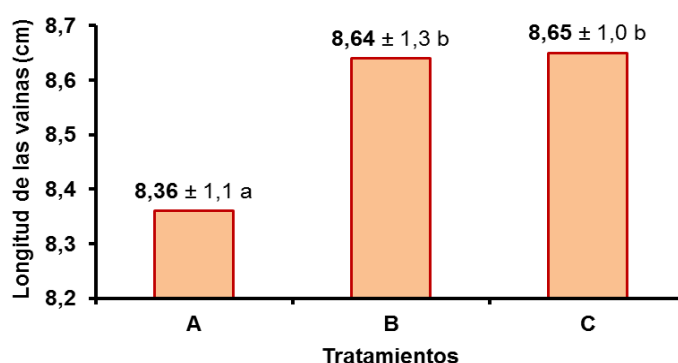


Figura 6: Longitud de las vainas en los tres tratamientos

El rendimiento es el producto final de la interacción de la planta con factores genéticos, abióticos, bióticos y de manejo agronómico donde el riego juega un papel fundamental según Martínez *et al.*, (2015). En Cuba los rendimientos en parcelas experimentales son bajos entre 0,8 y 1,0 t ha<sup>-1</sup> por lo que podemos decir que los tres tratamientos superan la media para este cultivo (Fig.7). Se destaca el tratamiento C que supera de 6,7 a 1,7 % el rendimiento obtenido por el tratamiento de riego continuo.

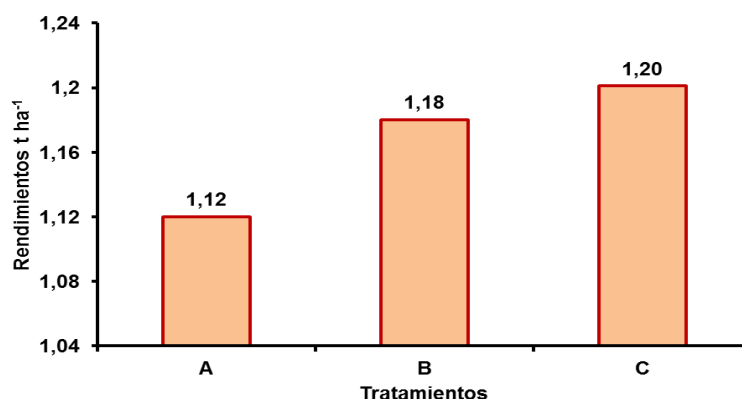


Figura 7: Rendimiento del cultivo por cada tratamiento

Estos resultados indican que con el mejoramiento del riego por surcos a partir del suministro del caudal intermitente se pueden incrementar los rendimientos del cultivo del frijol con innovaciones

locales en la comunidad de Banao, en la finca “La Esperanza”. Se aumentan los rendimientos, el ahorro de agua y la eficiencia del riego superficial.

#### **CONCLUSIONES**

- El estudio de los parámetros de diseño y manejo del riego superficial en el cultivo del frijol, permitió corroborar, que el riego por surcos con caudal intermitente es superior al riego con flujo continuo y proporciona reducir los tiempos de riego, ahorro de agua, que se traduce en productividad del riego.
- La mayor respuesta agroproductiva del cultivo se alcanzó con el tratamiento que tuvo como criterio de manejo tiempos variables y distancias constantes la que aportó un incremento del 6,7 % de los rendimientos respecto a los alcanzados por el método tradicional.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. Almeida, D. (2018). Qualidade de grãomfeijoeirocomum: Estimativa de parâmetros genéticos, interação com ambiente, eficiência de seleção e correlação entre caracteres. Goiânia-Brasil.
2. Arbat, G.; Olivé, F.; Roselló, A.; Puig-Bargués, J. y Ramírez, F. (2019). Distribución del agua en el suelo en riego por surcos alternos y no alternos en el cultivo de Maíz. Estudios en la Zona no Saturada del Suelo, vol. IX, nº 124, pp. 1-8.
3. Martínez, S.; Leiva, M.; Rodríguez, M.; Gómez, O.; Quintero, E.; Rodríguez, G. y Cárdenas, M. (2015). Nuevas variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) para la Empresa Agropecuaria “Valle del Yabú”, Santa Clara, Cuba. Centro Agrícola, vol. 4, nº 48, pp. 89-91.
4. Rodríguez M, Deniz D, Mesa M. y Alonso F. (2019). Tecnología para maximizar la efectividad del riego por surcos, construidas con recursos locales en suelo ferralítico rojo lixiviado. Revista digital de Medio Ambiente. Ojeando la agenda ISSN 1989-6794.2f nº 60 de Julio.
5. Rodríguez, M. (2014) Tecnología para el mejoramiento del riego por surco, asociado al cultivo de la cebolla en solo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis Dr. UCLV: Departamento de Ingeniería. Universidad Central de La Villa. H. 143.
6. Romay, Catalina y Morábito, J. (2010). Evaluación de los sistemas de riego por superficie técnica de caudal discontinuo. Mendoza, Argentina: Cátedra de Hidrología Agrícola FCA - UNCuyo, nº 12.
7. Romay, Catalina. Riego por pulsos. (2008). Manejo y diseño. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires y el Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino, p. 12
8. Roqué, C. (2016.) Labranza de conservación de suelos bajo sistema de riego por pulsos. Reunión de Trabajo en Consorcio de e Regantes Rio de los Sauces. Villa Dolores. 49p.

9. Tornés, N.; Brown, O. y Gómez, Y. (2016). Eficiencia de aplicación máxima del agua y longitud del surco en función de los caudales. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, enero, vol. 25, nº 1, pp. 23-27. ISSN: 1010-2760

## **EFICIENCIA DEL RIEGO POR SURCOS CON ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL, EN UN SUELO FERRALÍTICO ROJO**

EFFICIENCY OF ROW IRRIGATION WITH SURFACE DRAINAGE, IN A RED FERRALITIC SOIL.

**Dr. C. Manuel Rodríguez González<sup>1</sup> (ORCID),**<https://orcid.org/0000-0002-7448-295>

**Dr. C. Daisy Deniz Jiménez<sup>1</sup> (ORCID)**<https://orcid.org/0000-0002-0332-5594>

**Ing. Nerelys Cabrera Julien<sup>1</sup> (ORCID),** <https://orcid.org/0000-0002-1918-8555>

<sup>1</sup> Universidad de Sancti Spiritus (Cuba)

E-mails: [manuelaley@gmail.com](mailto:manuelaley@gmail.com), [daisydeniz1990@gmail.com](mailto:daisydeniz1990@gmail.com), [cnerelys@gmail.com](mailto:cnerelys@gmail.com).

### **Resumen**

La investigación se desarrolló con el objetivo de evaluar el sistema de riego por surco con diferentes criterios de manejo en un suelo Ferralítico rojo, en un diseño de parcelas en franjas con tres tratamientos: (A) riego con flujo continuo, (B) riego intermitente con criterio de manejo de distancias variables con tiempos incrementales, (C) riego intermitente con criterio de manejo de tiempos variable y distancias constantes. Se evaluaron los principales indicadores de eficiencia del riego. El resultado demostró que con la tecnología del tratamiento B se logra reducir lámina aplicada 1,71 veces (42%) respecto al tratamiento A, el tratamiento C logró, reducir las pérdidas de agua 2,25 veces y las de suelo 2,3 veces respecto al método tradicional. Con la propuesta del tratamiento C se puede incrementar la eficiencia de aplicación en 6,73% con un ahorro del 31,2% del volumen de agua aplicado e incrementar la productividad del agua en 36% con respecto al riego de flujo continuo. El estudio de los indicadores de desempeño del riego, permitió corroborar que, con la tecnología propuesta, se reduce las pérdidas de agua y suelo por escorrentía, se incrementa la eficiencia de aplicación y la productividad del riego.

Palabras-clave: eficiencia de aplicación, pérdidas de agua y suelo.

### **SUMMARY**

The research was developed with the objective of evaluating the furrow irrigation system with different management criteria in a red Ferralitic soil, in a design of plots in strips with three treatments: (A) irrigation with continuous flow, (B) intermittent irrigation with criteria for managing variable distances with incremental times, (C) intermittent irrigation with criteria for managing variable times and constant distances. The main irrigation efficiency indicators were evaluated. The result showed that with the technology of treatment B it was possible to reduce the applied sheet 1.71 times (42%) compared to treatment A, treatment C was able to reduce water losses 2.25 times and those of soil 2.3 times with respect to the traditional method. With the treatment C proposal, the application efficiency can be increased by 6.73% with a saving of 31.2% of the volume of water applied and increase the water productivity by 36% with respect to continuous flow irrigation. The study of the irrigation performance indicators, allowed corroborating that, with the proposed technology, the losses of water and soil due to runoff are reduced, the application efficiency and the irrigation productivity are increased.

KEY WORDS: application efficiency, water and soil losses.

## Introducción

El agua es un bien cada vez más escaso no solo por la cantidad sino también por la calidad y como tal los principales usuarios, que son los agricultores, están obligados a usarla con la mayor “eficiencia” posible. Aun en los territorios hasta ahora considerados con agua para riego suficiente, una aplicación con bajo control se puede traducir en problemas de contaminación del acuífero que repercutirán negativamente en los agricultores situados aguas abajo. El riego superficial, es el método de riego más utilizado en el mundo (Laura, 2015). El área regada por este método a escala mundial cubre cerca de 250 millones de hectáreas de las 270 beneficiadas con el riego. Estos sistemas de riego, trabajan con niveles de eficiencias de riego muy bajo, se ha demostrado que los sistemas bien diseñados y manejados pueden alcanzar altas eficiencias en comparación con las eficiencias reportada para este método de 40 a 60 %.

Uno de los aspectos comunes de las áreas de riego en la Cuba es la baja eficiencia del uso del agua. La eficiencia de riego promedio es del 40 % y resulta baja a muy baja si se la compara con las obtenidas en otros países de similar desarrollo. Esto se debe principalmente al predominio de los métodos de riego superficial sobre aquellos más modernos como los riegos presurizados. De aquí la importancia de incrementar su eficiencia de aplicación y uniformidad de distribución. Por esta razón se necesita asimilar las nuevas tecnologías para optimizar el diseño y operación de los sistemas, de tal manera que posibiliten su mecanización, automatización (Rodríguez et al, 2019), el uso racional del agua y la energía, o sea, al mismo tiempo incrementar o mantener la producción agrícola desde las condiciones en las que se aplica en la actualidad el riego superficial.

Un desarrollo reciente en tecnología del riego por superficie lo constituye el llamado riego por pulsos o con caudal intermitente (Surge flow). Esta técnica tiene el potencial para mejorar significativamente las eficiencias de riego, minimizando las pérdidas por percolación profunda y escurrimiento al final del surco, y ser más versátil para el regador cuando se lo compara a otros sistemas (Antúnez et al., 2015). Sin embargo, implica la adopción de nuevos conceptos para el diseño. El objetivo de esta investigación es determinar el mejor aprovechamiento del agua y uso eficiente del riego por surcos a nivel parcelario en suelos Ferralítico Rojo a nivel parcelario.

## Desarrollo

La investigación se desarrolló en el sector campesino perteneciente a comunidad Banao, en la Finca “La Esperanza” sobre un suelo Ferralítico rojo lixiviado, ubicado en la región central de Cuba en la provincia Sancti Spíritus. Las propiedades hidrofísicas fundamentales del suelo en la unidad experimental se presentan en la tabla 1 para una profundidad promedio de 0 - 50 cm.

Tabla 1: Características de las propiedades hidrofísicas del área experimental

Área total de la unidad experimental	1 550 m <sup>2</sup>
Separación entre surcos	0,70 m
Largo de los surcos	60 m
Pendiente longitudinal $S_0$ (%)	1,2
H: profundidad efectiva del cultivo (m)	0,30
Densidad volumétrica ( $\alpha$ )	1,11 g cm <sup>-3</sup>
Densidad real ( $\beta$ )	2,6 g cm <sup>-3</sup>

Capacidad de campo (% bss)	28,05
Lp: límite productivo (% bss)	22,44

Los parámetros del riego por surcos en el cultivo frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) variedad de Bat-304 de testa negra, se determinaron a partir de los resultados experimentales obtenidos en pruebas de campo bajo las condiciones en que se desarrolla la producción de este cultivo en la localidad. El diseño experimental que se utilizó es de parcelas en franjas con tres tratamientos con parcelas de 10 surcos y 60 m de longitud. Se evaluaron un total de cinco eventos de riego, sin considerar el mine que se efectuó de forma tradicional y el primer riego para garantizar la mayor homogeneidad del surco. Se definieron en el campo tres tratamientos de acuerdo a los diferentes parámetros evaluados para el mejoramiento del riego por surcos, los cuales se relacionan a continuación:

**Tratamiento A:** riego por surcos con flujo continuo en surcos abiertos (método tradicional).

**Tratamiento B:** riego por surcos con caudal intermitente (RI) con criterio de manejo de tiempos variables (incrementales) con dos ciclos de riego y uno de remojo con un intervalo de tres minutos.

**Tratamiento C:** riego por surcos con caudal intermitente (RI) con criterio de manejo de tiempos variables y distancias constantes (20 m) con una sola etapa de avance y un intervalo de tres minutos entre ciclos.

El número de ciclos de riego ( $N_i$ ) y el intervalo entre ciclos se determinó de forma experimental a partir de diferentes criterios de manejo, tecnología utilizada y estudios precedentes realizados por Rodríguez (2014), se consideró: la rapidez, homogeneidad del avance en el surco y que el frente de avance recorriera distancias sensiblemente iguales en cada ciclo. En el tratamiento B donde el criterio de manejo es tiempos variables incrementales el  $N_i$  se determina por la metodología propuesta por Romay (2008), desarrollando una relación entre el tiempo de aplicación de agua durante el primer ciclo de avance ( $T_p$ ) tiempo que tarda el agua en avanzar  $\frac{1}{4}$  del surco o sea en 15,0 m), y los subsiguientes tiempos de los ciclos para concretar la etapa de avance según la ecuación [1] y los tiempos de cada ciclo por la expresión [2].

$$RPA = PN_i^{1,52} - (PN_i - 1)^{1,52} \quad [1]$$

Siendo

$$TC_i = T_p \cdot RPA_i \quad [2]$$

Para la etapa de remojo se utiliza la expresión [3]

$$RPR = NPA^{1,52} \cdot FR \quad [3]$$

Donde:  $RPA$ : relación intermitencia y avance;  $PN_i$ : número de intermitencia;  $RPR$ : relación intermitencia y remojo;  $NPA$ : cantidad de ciclos durante el avance;  $FR$ : factor de remojo según la clase de textura;  $TC_i$ : tiempo de cada ciclo (min).

A partir de esta metodología se determinó que los tiempos de riego para el tiramiento B fue: para el primer ciclo ( $RPA$  1) de 2,00 min, el segundo ciclo ( $RPA$  2) de 3,54 min y el ciclo de remojo ( $RPR$ ) 2,46 min.



En la tabla 2 se muestran los parámetros promedios de diseño de los cinco eventos de riego realizados durante la etapa experimental. En cada uno de los surcos del área efectiva por tratamiento se instaló un aforador (vertedor triangular) en el inicio del surco (entrada del agua) y otro al final (salida). A distintos intervalos de tiempo se registró el caudal entrado y salido al pie en cada uno de los surcos.

TABLA 2. Valores promedios de los parámetros de riego durante el estudio realizado

Parámetros	A	B	C
Caudal de entrada $Q_0$ (L s <sup>-1</sup> )	0,36	0,39	0,35
Caudal de salida $Q_s$ (L s <sup>-1</sup> )	0,03	0,04	0,03
Coefficiente de rugosidad $n$ Manning	0,03	0,03	0,03
Tiempo total de avance $t_{av}$ (min)	34,19	19,41	24,96
Tiempo de aplicación $t_a$ (min)	35,39	20,39	25,37

La lámina total aplicada ( $L_a$ ) a partir de la relación del volumen de agua ingresado a la parcela y su superficie por el método propuesto por Arbatet *al.* (2019) para los cinco eventos de riego realizados según la ecuación [4]:

$$L_a = \frac{Q_0 \cdot t_a}{1000 \cdot W \cdot L} \quad [4]$$

Donde.  $L_a$ : lámina aplicada (mm);  $Q_0$ : caudal de diseño, (m<sup>3</sup> min<sup>-1</sup>);  $t_a$ : tiempo de aplicación, (min);  $W$ : espaciado entre surcos (m);  $L$ : longitud del surco (m).

El escurrimiento superficial se determinó utilizando un pozo de sedimentación y un cubo que permitió coleccionar los volúmenes de suelo y agua escurridos al final del surco del área efectiva de cada tratamiento. Para cada evento de riego, en todos los tratamientos, se determinó la lámina escurrida ( $L_e$ ) y las pérdidas de suelo ( $A_s$ ). Estas variables fueron determinadas por el método volumétrico a partir de los procedimientos, para medir la lámina escurrida [5] y la producción de sedimento [6]. La influencia del suelo, la pendiente y la vegetación fueron uniformes en la parcela de escurrimiento en cada tratamiento.

$$L_e = \frac{V_e}{A} \quad [5]$$

$$A_s = P_s \cdot V_e \quad [6]$$

Donde.  $L_e$ : lámina escurrida (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>);  $V_e$ : volumen de agua escurrida (m<sup>3</sup>);  $A$ : área del lote de escurrimiento (ha);  $A_s$ : producción del sedimento (kg m<sup>-3</sup>);  $P_s$ : peso del sedimento (kg);

Eficiencias de riego se determinó a partir de la medición del hidrógrama de entrada y salida para realizar un balance de volúmenes. Se calculó la eficiencia de aplicación ( $EAP$ ) a partir de la expresión matemática [7]. El volumen infiltrado y almacenado se determinó experimentalmente empleando la ecuación de balance de volumen [8] para el riego por surcos y el volumen escurrido, se obtuvo de forma experimental por el método volumétrico. El volumen aplicado se obtuvo por la expresión [9]

$$EAP = \frac{V_{IAL}}{V_{Apl}} \cdot 100 \quad [7]$$

$$V_{IAL} = V_{Apl} - V_e \quad [8]$$

$$V_{Apl} = Q_0 \cdot ta \quad [9]$$

Donde. *EAP*: eficiencia de aplicación (%); *V<sub>IAL</sub>*: volumen de agua infiltrada y almacenada (L); *V<sub>Apl</sub>*: volumen de agua aplicada (L); *Q<sub>0</sub>*: caudal de diseño, (L min<sup>-1</sup>); *ta*: tiempo de aplicación, (min); *V<sub>e</sub>*: volumen escurrido (L).

La productividad del agua (*WP*) se define como un indicador fisiológico ya que representa la capacidad productiva de un cultivo (cosecha física o económica) por unidad de agua consumida bajo el concepto de riego (kg m<sup>-3</sup>) y se determinó por la expresión [10] utilizada por Pereira, (2012).

$$WP = \frac{Pr od}{V_{Apl}} \quad [10]$$

Donde. *WP* productividad del agua en el cultivo (kg m<sup>-3</sup>); *Prod.*: producción obtenida (kg); *V<sub>Apl</sub>* volumen de agua aplicada por riego (m<sup>3</sup>).

#### Procesamiento estadístico

Los datos referidos a las variables estudiadas para los distintos parámetros de eficiencia del riego se analizaron estadísticamente con el SPSS 23. Se determinó la distribución normal según la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y el estadístico de Levene para comprobar la homogeneidad de varianza. A partir de un análisis varianza simple para cada variable y se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey para un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ . También se realizó una estimación curvilínea de regresión para determinar el modelo que más se ajusta.

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El caudal de entrega en los cinco riegos no existe diferencias significativas bajo las condiciones en que se desarrolló el experimento. El valor de caudal promedio fue de 0,51 L s<sup>-1</sup>, a partir de la transformación de la unidad lineal (cm) con una carga hidráulica promedio en el vertedor de 4,2 cm. El caudal promedio utilizado para esta pendiente 1,2 % y tipo de suelo oscila entre 0,44 a 0,61 L s<sup>-1</sup>. Se confirma que los caudales utilizados para las condiciones referidas son adecuados y coinciden con el utilizado por los campesinos de la zona.

La lámina total aplicada durante el experimento como se muestra en la tabla 3, existen diferencias significativas entre los tres tratamientos. Se destaca el tratamiento con el criterio de manejo de distancias variables y tiempos incrementales con una reducción de la lámina aplicada de 1,71 veces, respecto al de riego continuo lo que representa un 42 % de ahorro. El otro tratamiento donde se utilizó el riego intermitente también se reduce la lámina aplicada 1,45 (31 %) veces respecto al tratamiento A. Por lo que el riego por surcos con caudal intermitente con el criterio de manejo de los tratamientos B y C se logra incrementar el ahorro de agua por concepto de riego respecto al método tradicional.

Tabla 3 Lámina aplicada en los cinco eventos de riego.

Tratamientos	Número de riegos					Media $\pm$ S La (mm)
	1	2	3	4	5	
Tratamiento A	46,07	46,22	47,41	44,29	45,68	45,93 $\pm$ 1,12 c
Tratamiento B	25,77	25,31	26,22	28,24	28,22	26,75 $\pm$ 1,13 a
Tratamiento C	39,18	34,40	25,84	26,66	31,96	31,61 $\pm$ 1,2 b
CV %						19,3
Esx						0,6192

Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Si el volumen de agua utilizado en el riego continuo se aplicara con flujo intermitente, con la propuesta del tratamiento B, se pueden regar un 72 % de superficie adicionalmente que equivalen 43 m respecto al método tradicional. El tratamiento C con el mismo volumen de agua del tratamiento A incrementa el área regada en un 45 % que representa 27 m. Se demuestra que con el uso del riego intermitente con estos dos criterios de manejo se puede regar más área con la misma unidad de volumen.

El pozo de sedimentación y el cubo posibilitó determinar volumétricamente las pérdidas de agua y suelo por escorrentía. Como se muestra en la tabla 4, existen diferencias significativas entre los tres tratamientos. Se destaca el tratamiento de riego continuo (tradicional) con la mayor pérdida de la lámina escurrida promedio. Este tratamiento tubo niveles de pérdidas de 5,23 litros de agua por cada metro cuadrado de superficie regada, que supera de 1,11 a 2,25 veces a los tratamientos donde se utilizó el riego con caudal intermitente. En el tratamiento C las pérdidas alcanzó valores más bajos en la unidad experimental de 2,32 L m<sup>-2</sup> regados. Para el caso de riego con flujo continuo uno de los principales indicadores de ineficiencia son las excesivas pérdidas por escurrimiento superficial por unidad regada.

Tabla 4 Lámina escurrida en los cinco eventos de riego.

Tratamientos	Número de riegos					Media $\pm$ S Le (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
	1	2	3	4	5	
Tratamiento A	54,50	49,95	52,00	53,04	52,14	52,33 $\pm$ 0,02 c
Tratamiento B	45,48	48,08	47,19	45,95	49,23	47,19 $\pm$ 0,01 b
Tratamiento C	21,78	21,71	24,19	24,20	24,30	23,24 $\pm$ 0,01 a
CV %						14,3
Esx						0,1961

Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

El porcentaje de pérdidas por escurrimiento superficial durante los cinco eventos de riego respecto al volumen aplicado, muestra diferencias, donde se destaca el porcentaje de pérdidas del tratamiento C, con valores promedio menores de la unidad experimental, respecto al tratamiento B, se reduce en 1,4 veces. Al comparar el tratamiento C con el A se puede apreciar que el porcentaje de pérdidas de agua es 1,5 veces menor como promedio que equivale a un 33,5 % de reducción perdida de agua por concepto de escorrentía. Es de destacar que los dos tratamientos de menores pérdidas de agua fueron los que utilizaron el riego con caudal intermitente. El tratamiento B con criterio de manejo de distancias variables y tiempos incrementales también se

alcanzó menores porcentajes de pérdidas por escurrimiento de 7,5 % menor respectivamente con relación al tratamiento A.

Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez (2014), que logró reducir estas pérdidas hasta un 48,5 %, con caudales de diseño muy similares a los utilizados en esta investigación. Resultados que demuestran la efectividad del riego con caudal intermitente relacionado con la disminución de las pérdidas de agua por escurrimiento. Con esta tecnología de riego se cumplen los dos principales objetivos a alcanzar por los operadores de los sistemas de riego intermitente: (I) avanzar el agua hacia el extremo final de los surcos, tan rápido como sea posible y (II) minimizar los escurrimientos durante los ciclos intermitentes.

En la tabla 5 se aprecia que el tratamiento A, fue el de mayores pérdidas de suelo por escurrimiento, supera 5,0 veces al tratamiento C que fue el de menos pérdidas. El tratamiento de criterio de manejo distancias constantes y tiempos variables difiere significativamente del resto de los tratamientos de la unidad experimental, bajo esas condiciones y el mismo tamaño de muestra. Las pérdidas del tratamiento B representan el 76,8 % comparado con el riego continuo.

TABLA 5 Producción de sedimento en las cinco eventos de riego.

Tratamientos	Número de riegos					Media ± S As (kg ha <sup>-1</sup> )
	1	2	3	4	5	
Tratamiento A	0,59	0,52	0,55	0,57	0,55	0,56±1,6 c
Tratamiento B	0,42	0,44	0,44	0,41	0,45	0,43±1,5 b
Tratamiento C	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11± 1,3 a
CV %						16,1
Esx						0,0121

Letras no comunes difieren según Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

En el tratamiento A, que las pérdidas promedio de sedimento (Fig. 1) que se arrastra en cada riego representan 2,31 veces mayores que el tratamiento C en cada riego. Este tratamiento C difiere significativamente del resto. El índice de pérdidas de la variante B respecto al C fue de 1,96 veces mayor. Al analizar estos resultados se puede apreciar que con la tecnología propuesta en el tratamiento C, se reduce las pérdidas de suelo por lixiviación frontal y las arcillas dispersas en el surco.

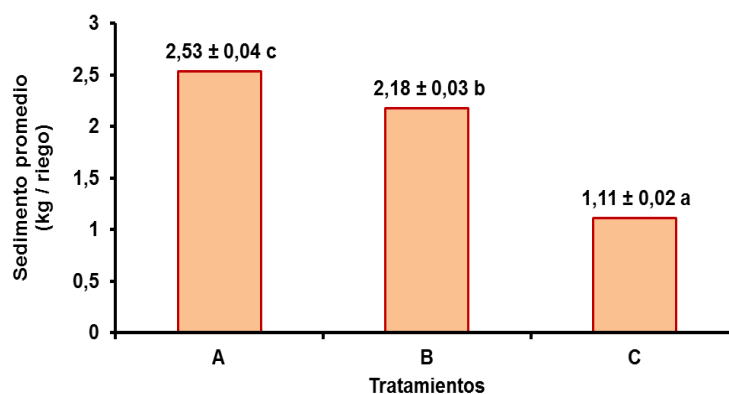


Figura 1: Cantidad de sedimento escurrido por cada norma de riego aplicada.

A partir de la estimación curvilínea (regresión) entre las variables producción de sedimento (dependiente) y lámina escurrida (independiente) en toda la unidad experimental, el modelo que más se ajusta es el lineal (Fig. 2) con tendencia positiva muy fuerte con un coeficiente de correlación 0,96 y un nivel de significación alto entre las variables y el coeficiente de determinación 0,98. La calidad del modelo encontrado se reafirma en el análisis de varianza que resultó altamente significativo. Se determinó como tendencia que a medida que se incrementa la variabilidad de la producción de sedimento aumenta la lámina escurrida, con un nivel de exactitud de 98,6 %. Esto significa que por cada unidad que varía la variable ( $Le$ ) independiente ( $m^3$ ) se incrementa la dependiente ( $As$ ) en 0,0148 kg, lo que indica una correlación adecuada entre el modelo matemático y la evaluación de campo.

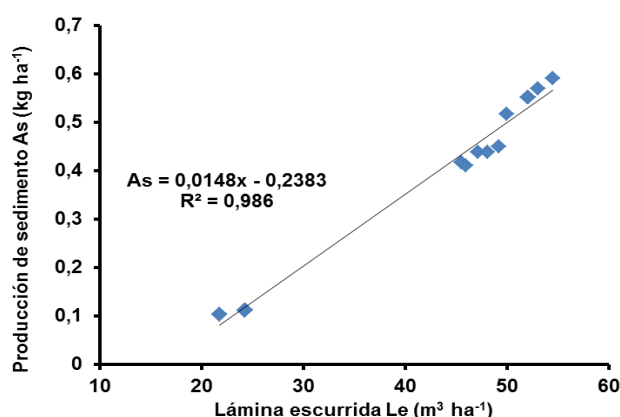


Figura 2 Análisis de regresión entre las variables: producción de sedimento y lámina de escurrimiento.

Las ecuaciones funcionales resultantes para cada tratamiento constituyen, un modelo empírico que les permiten a los investigadores y productores predecir las pérdidas de suelo a partir de la lámina escurrida (tabla 6). Se destacan en todos los tratamientos que la relación entre las variables producción de sedimento y lámina escurrida es alta con coeficiente de determinación entre 0,96 a 0,97. Se destacan los dos tratamientos donde se utilizó el riego intermitente con variaciones entre 0,0101 y 0,0036 kg de sedimento por cada  $m^3$  de la lámina escurrida. En el tratamiento de riego continuo, esta relación fue de 0,0163  $kg\ m^{-3}$  que equivale de 1,61 a 4,52 veces superior a los tratamientos de mejor comportamiento. El modelo empírico encontrado en cada método de riego resulta una herramienta práctica importante para la cuantificación de las pérdidas de sedimento en función de la lámina escurrida ( $Le$ ) para cada riego.

Tabla: 6. Funciones de ajuste entre la producción de sedimento y lámina promedio escurrida para cada tratamiento.

Tratamientos	Ajuste Lineal $A_s = b(Le) - a$	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )	Coefficiente de correlación (r)	Error std.	p-valor ANOVA
A	$A_s = 0,0163. Le - 0,2971$	0,96	0,97	0,013	0,000
B	$A_s = 0,0101. Le - 0,0456$	0,96	0,98	0,005	0,0001
C	$A_s = 0,0036. Le - 0,0239$	0,97	0,98	0,002	0,001

Los valores de eficiencia de aplicación (EAP) medios obtenidos en las evaluaciones realizadas, se destaca el mejor tratamiento fue el C que difiere significativamente del resto de los tratamientos, bajo estas condiciones. El tratamiento C es seguido de forma cuantitativa por el tratamiento B. Los dos tratamientos donde se utiliza el riego intermitente superan al riego continuo. En los tres tratamientos la EAP fue superior al 65 %, y llegó en una ocasión a superar el 86 % por encima de los rangos citados para este sistema de riego por Roqué(2016.) y Rodríguez et al, (2019), estos consideran que es habitual que la EAP del riego superficial oscile de 40 al 60 %. Esta baja eficiencia se debe fundamentalmente a un mal manejo del riego condicionado por una alta variabilidad espacial y temporal en cuanto a las características del suelo, que unido a un conocimiento no exacto de las características de infiltración del suelo, origina un mal manejo del riego.

El porcentaje en que se incrementa la eficiencia de aplicación para igual longitud de surco que el tratamiento A y el porcentaje de volumen de agua utilizado, respecto al total empleado por este propio tratamiento (Fig. 3) y con la tecnología propuesta en el tratamiento C se puede incrementar en un 6,73 % la eficiencia de aplicación, que implica disminuir a 31,2 % los volúmenes de agua aplicada con el criterio de manejo de tiempos variables con distancias constante respecto al tratamiento A. Con la propuesta del tratamiento B se ahorra 1,02 veces el volumen de agua aplicada por tratamiento A y alcanza 1,01 veces mayor EAP. Lo anterior demuestra que el uso del riego con caudal intermitente, se incrementa el área regada en menos tiempo aumenta la eficiencia de aplicación y ahorro del agua, por lo que aumenta la productividad del riego.

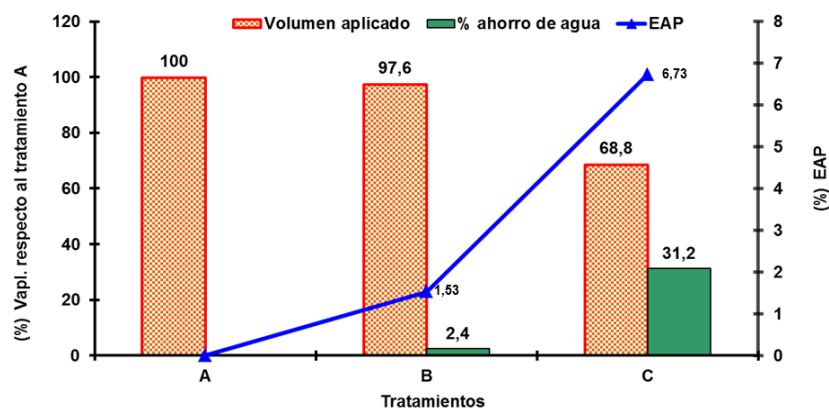


Figura 3. Incremento de la eficiencia de aplicación promedio y porcentaje de agua consumida respecto al riego

La eficiencia del riego en la finca “La Esperanza” se puede incrementar, a partir de la introducción del riego con caudal intermitente con los dos criterios de manejo evaluados. Se destaca el tratamiento C que implica disminuir, en 33,47 % la lámina escurrida al pie del surco y en 80,36 % la pérdida de suelo por escorrentía en cada riego, el 31,17 % del volumen de agua aplicado, alcanzar eficiencia de aplicación con valores 86,62 % respecto al riego continuo. Por lo que se puede afirmar que el riego superficial alcanza elevada eficiencia cuando está bien diseñado y correctamente manejado.

Al aplicar del riego intermitente en el cultivo del frijol en esta zona bajo estas condiciones, se logra incrementar la productividad del agua (tabla 7) con la propuesta del tratamiento C desde un 36 % al riego con flujo continuo hasta un 31,3 % al riego intermitente con criterios de manejo de distancias variables con tiempos incrementales, como consecuencia de la aplicación de un volumen de agua inferior y de los niveles de rendimiento agrícola alcanzado.

Tabla: 7. Productividad del agua en el cultivo del frijol

Tratamientos	Volumen aplicado (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Producción (t ha <sup>-1</sup> )	Productividad del agua (kg m <sup>-3</sup> )
A	260,40	1,12	4,30
B	254,12	1,18	4,60
C	179,19	1,20	6,70

Con la tecnología aplicada en el tratamiento C se logra reducir desde 31,2 a 29,5 % el volumen de agua aplicado e incrementa los rendimientos en 6,7 a 1,7 % el rendimiento obtenido por el resto tratamiento. Estos resultados indican que con el mejoramiento del riego por surcos a partir del suministro del caudal intermitente se pueden incrementar los rendimientos del cultivo del frijol con innovaciones locales. Se aumentan los rendimientos, el ahorro de agua y la eficiencia del riego superficial.

#### CONCLUSIONES

El estudio de los indicadores de calidad del riego por surco en el cultivo del frijol, permitió corroborar, que, el riego por surcos con caudal intermitente alcanza mayoreficiencia de aplicación que el riego con flujo continuo y proporciona reducir las pérdidas de agua y suelo por escorrentía, ahorro de agua de aplicación, que se traduce en productividad del riego.

El tratamiento con criterios de manejo de distancias contaste y tiempos variables alcanzó los mejores índices de eficiencia del riego bajo estas condiciones en que se desarrolló el experimento.

#### Referencias bibliográficas

- Antúnez, A.; Vidal, m.; Felmer, S. & González, M. (Eds.). (2015) "Riego por Pulsos en Maíz Grano". Rengo, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Boletín INIA N° 312, 114 p.
- Arbat, G.; Olivé, F.; Roselló, A.; Puig-Bargués, J. y Ramírez, F. (2019). Distribución del agua en el suelo en riego por surcos alternos y no alternos en el cultivo de Maíz. Estudios en la Zona no Saturada del Suelo, vol. IX, n° 124, pp. 1-8.
- Laura, M. (2015) Manual de capacitación del riego superficial. Ed. INTA Argentina. ISBN (978-987-33-8774-6).
- Lui, E.; Roa, R; Martínez, RS; Zelmer, H; Reinoso, L; D'Onofrio, M. (2017) Evaluaciones de riego parcelarias en el valle inferior del río Negro, estrategias para la mejora de indicadores. VI Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Mendoza. Argentina.
- Pereira, S. (2012). Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. Agricultural Water Management 108, 2012. 39 - 51.

15. Rodríguez M, Deniz D, Mesa M. y Alonso F. (2019). Tecnología para maximizar la efectividad del riego por surcos, construidas con recursos locales en suelo ferralítico rojo lixiviado. Revista digital de Medio Ambiente. Ojeando la agenda ISSN 1989-6794.2f nº 60 de Julio.
16. Rodríguez, M. (2014) Tecnología para el mejoramiento del riego por surco, asociado al cultivo de la cebolla en solo Ferralítico Rojo Lixiviado. Tesis Dr. UCLV: Departamento de Ingeniería. Universidad Central de La Villa. H. 143.
17. Romay, Catalina. Riego por pulsos. Manejo y diseño. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: Facultad de Agronomía - Universidad de Buenos Aires y el Instituto Nacional del Agua - Centro Regional Andino, 2008. p. 12
18. Roqué, C. (2016.) Labranza de conservación de suelos bajo sistema de riego por pulsos. Reunión de Trabajo en Consorcio de e Regantes Rio de los Sauces. Villa Dolores. 49p.



**IMPACTOS AL MANGLAR POR ASCENSO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR. ÁREA  
PROTEGIDA TUNAS DE ZAZA, SANCTI SPÍRITUS, CUBA.**

*IMPACTS TO THE MANGROVE BY SEA LEVEL RISE. TUNAS DE ZAZA  
PROTECTED AREA, SANCTI SPÍRITUS, CUBA.*

**Osmany Ceballo Melendres<sup>1</sup> (0000-0003-2805-8282),**

**Ariadna García Vega<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Ingeniero Geólogo, Máster en Ciencias Meteorológicas y Doctor en Ciencias Agrarias, Alimentos y Ambiente. Investigador Agregado y Profesor Asistente. Subdelegación de Medio Ambiente Sancti Spíritus. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. Teléf.: +53 52 698 892.*

<sup>2</sup>*Ingeniera Forestal y Profesora Instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Cuba. Teléf.: +53 54 129 329.*

[osmany.ceballo@umass.yayabo.inf.cu](mailto:osmany.ceballo@umass.yayabo.inf.cu), [osmany.ceballo@gmail.com](mailto:osmany.ceballo@gmail.com)

**RESUMEN**

En la región centro-sur de Cuba, se ubica, el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, en el delta fluvial del río Zaza, en la costa meridional de la provincia de Sancti Spíritus. El objetivo de este trabajo fue determinar los impactos que ocurrirán por la elevación del nivel medio del mar para los escenarios de cambio climático 2050- 2100, en el bosque de mangle del Refugio de Fauna Tunas de Zaza, utilizando herramientas geoespaciales. La cartografía del bosque de mangle, diferenciando los principales componentes naturales, fueron obtenidos utilizando el método de *teledetección*, mediante la metodología de *Análisis de Mezcla Espectral de Múltiples Pixel Puros*, así como las áreas de inundación fueron derivadas de los resultados del Macroproyecto de Cambio Climático en Cuba. Con la cartografía resultante del Macroproyecto se pudo establecer las áreas de inundación para el 2050 y 2100 en el área de estudio, y se determinó que la línea de costa se va a desplazar hacia el interior emergido del Refugio de Fauna Tunas de Zaza provocando diferentes respuestas en las especies del bosque de mangle.

Palabras clave: Teledetección, Cambio Climático, Bosque de Mangle, Costa

**ABSTRACT**

In the south-central region of Cuba is located the Tunas de Zaza Fauna Refuge, in the fluvial delta of the Zaza River, meridional coast of province Sancti Spíritus. The objective of this work was to determine the impacts that will occur due to the rise in mean sea level for the climate change scenarios 2050-2100, in the mangrove forest of the Tunas de Zaza Fauna Refuge, using geospatial tools. The cartography of the mangrove forest, differentiating the main natural components, was obtained using the remote sensing method, through the *Multiple Endmember Spectral Mixture Analysis methodology*, as well as the flood areas were derived from the results of the Climate Change Macroproject in Cuba. With the cartography resulting from the Macroproject, it was possible to establish the flood areas for 2050 and 2100, in the research area. It was determined that the shoreline is going to move towards the interior emerged from the Tunas de Zaza Fauna Refuge, causing different responses in mangrove forest species.

Keywords: Remote Sensing, Climate Change, Mangrove Forest, shoreline

## INTRODUCCIÓN

“El Cambio Climático se define como aquellas variaciones del clima atribuidas directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables” (IPCC, 2013), como mínimo de 30 años. Las estrategias fundamentales en el enfrentamiento al cambio climático son la mitigación y la adaptación.

En Cuba, las inundaciones y las sequías, parte del ciclo hidrológico, se hacen cada vez más extremas. El cambio del clima global y la contaminación ambiental podrían repercutir sobre la disponibilidad de agua dulce y constituir una amenaza para los ecosistemas, en particular en las zonas costeras bajas.

Para la gestión de las zonas costeras en áreas tropicales y subtropicales y de los ecosistemas frágiles que las componen; se dificultan las investigaciones en el terreno por las difíciles condiciones de acceso. En estos casos, la teledetección permite obtener información relevante para el monitoreo, manejo y la conservación de áreas naturales y antropo-naturales. Logrando determinar las diferencias existentes entre la información espectral de los componentes naturales (suelos, agua, vegetación y otros) y componentes antrópicos presentes en las zonas costeras, Ceballos et al., (2019).

El uso del sensor multiespectral permite a regiones y países que no tienen acceso a información satelital referida a los sensores hiperespectrales; procesar una valiosa información y establecer procedimientos y metodologías que, en condiciones de países en desarrollo y pequeños estados insulares, como el caso de Cuba, puedan obtener nuevos conocimientos vinculados a la mitigación de impactos y a la adaptación en las zonas costeras, en relación con el Desarrollo Sostenible, Ceballos, (2017).

El bosque de mangle se define, según Feller y Sitnik, (1996), como un conjunto de árboles tropicales y arbustos que crecen en la zona intermareal. Para Tomlinson, (1986), se requieren los siguientes criterios para que una especie sea considerada verdadera o estrictamente como “manglar”: total afinidad con el medio ambiente de manglar; jugar un papel importante en la estructura de la comunidad y tener la capacidad de formar estratos puros; especialización morfológica y fisiológica para la adaptación al hábitat; y, aislamiento taxonómico de sus parientes terrestres.

Estas características tan particulares del bosque de mangle son las que le atribuyen una respuesta específica cuando se utilizan procedimientos de teledetección que permiten obtener diferencias espectrales entre los componentes de la comunidad vegetal, como entre otros componentes, tanto naturales como antrópicos.

El objetivo de este trabajo fue determinar los impactos que ocurrirán por la elevación del nivel medio del mar para los escenarios de cambio climático 2050- 2100, en el bosque de mangle del Refugio de Fauna Tunas de Zaza en la provincia de Sancti Spíritus, utilizando herramientas

geoespaciales como la teledetección (*Análisis de Mezcla Espectral de Múltiples Pixel Puros*, MESMA, por sus siglas en inglés) y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

## DESARROLLO

La investigación se realizó en 18 parcelas estudiadas por Ceballo, (2017), en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, “Fig.1”, utilizando el “Protocolo para el monitoreo del ecosistema de manglar”, Menéndez et al., (2003) y Menéndez et al., (2006). En los meses de agosto y primera semana de septiembre del 2015, Ceballo, (2017) y tercera semana de abril del 2019.

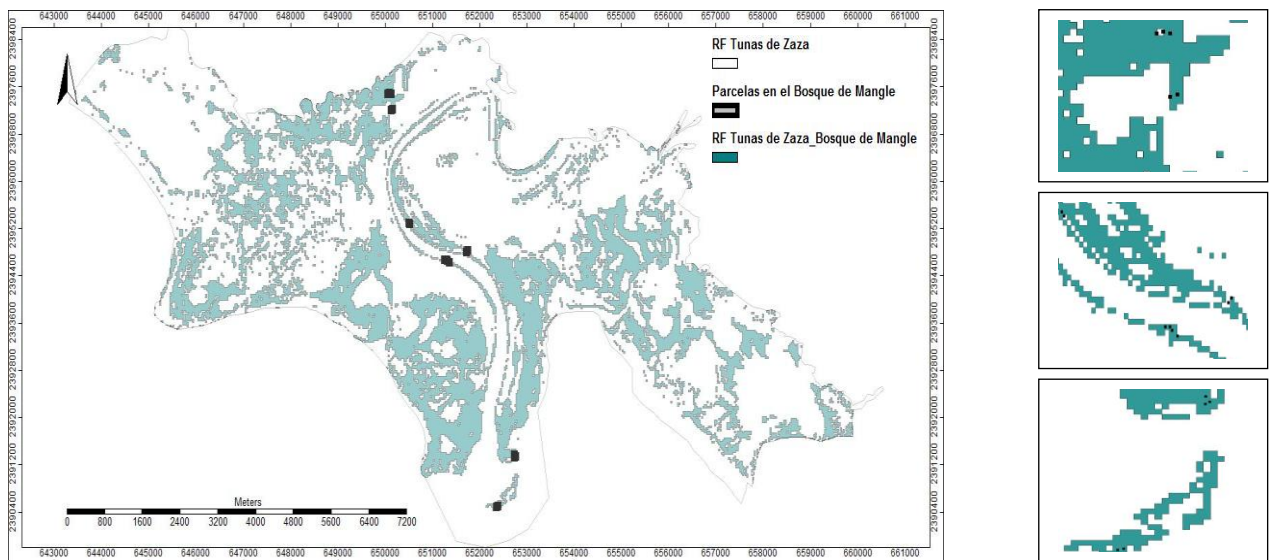


Fig 1. Parcelas del bosque de mangle en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Para el estudio se utilizaron series de tiempo de imágenes multiespectrales Landsat – 8 OLI, obtenidas en la página WEB del Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), Path:14/Row:45, para la región central de la República de Cuba que abarca en su totalidad la zona de estudio. Con criterio de cobertura nubosa menor del 10 % para los meses noviembre y diciembre del 2014 y los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, julio, octubre y diciembre del 2015.

La información utilizada pertenece a las bandas del visible: 2, 3 y 4y las bandas del infrarrojo: 5, 6 y 7. Las imágenes multiespectrales, recibieron calibración radiométrica y geométrica para la reflectancia utilizando algoritmos realizados sobre lenguaje de programación M (MATLAB), Ceballo, (2017).

La “Fig. 2”, describe el diagrama de flujo que contiene los pasos necesarios para obtener, la detección y cartografía del bosque de mangle diferenciando los principales componentes naturales; para imágenes monotemporales y multitemporales para el periodo 2014 – 2015, utilizando la metodología de *Análisis de Mezcla Espectral de Múltiples Pixel Puros*(MESMA, por sus siglas en inglés).

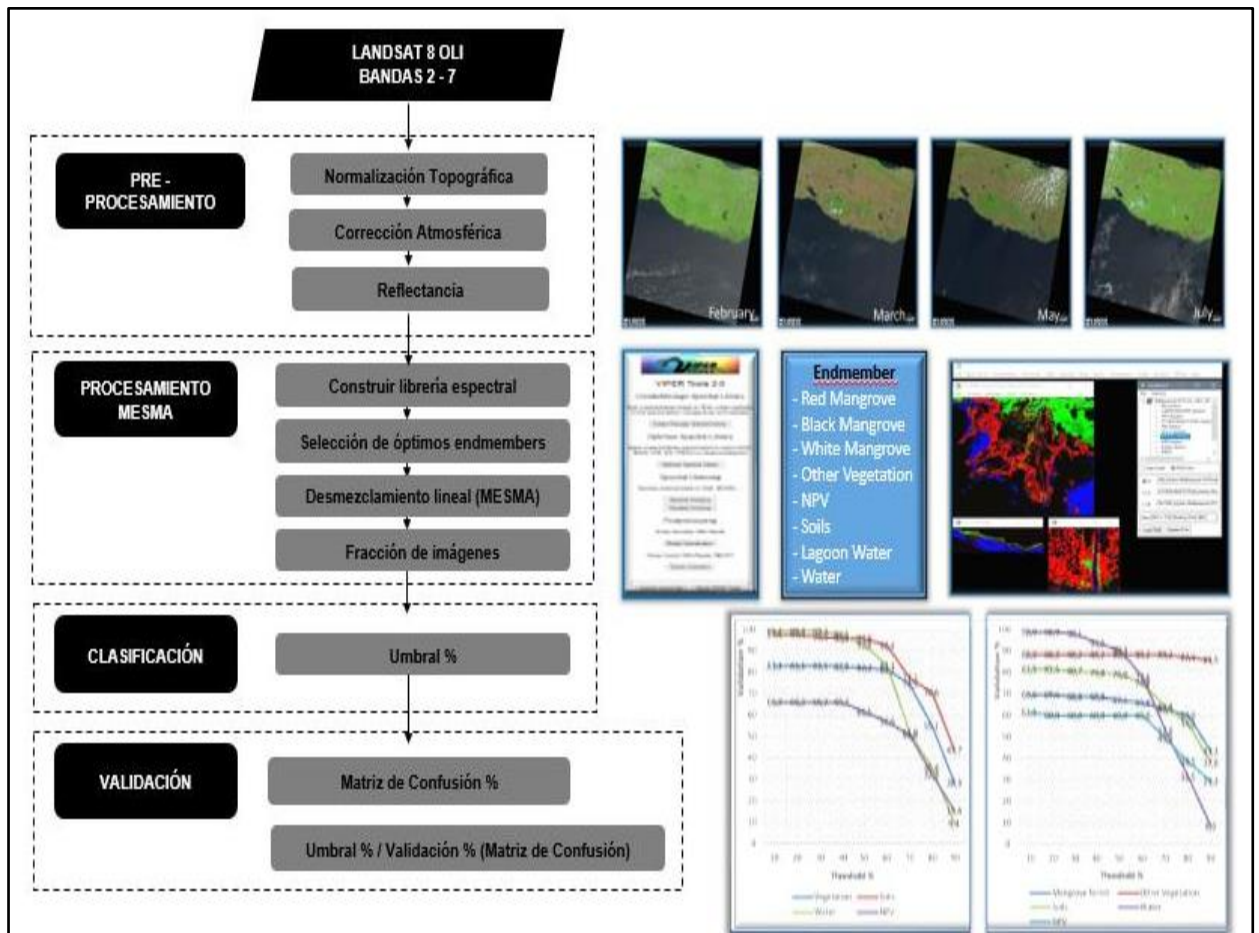


Fig. 2. Diagrama de flujo que explica el procedimiento para obtener fracciones de imágenes y su validación utilizando la metodología MESMA, según Roberts et al., (1998). Ceballo, (2019). Con la cartografía obtenida en formato ráster para diferentes clases (bosque de mangle y sus especies (mangle rojo (*Rhizophora mangle*), negro (*Avicennia germinans*) y blanco (*Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*)), suelos, agua, vegetación y vegetación no fotosintética) en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, a partir de la aplicación de la metodología MESMA y usando la técnica de evaluación espacial en Sistema de Información Geográfica, permitió realizar rutinas de análisis espacial por procedimientos los cuales se describen a continuación:

- i. Consulta espacial: análisis básico de la información referida al Refugio de Fauna Tunas de Zaza que resulta en una información simple de los datos que determinaron una posición de cada elemento geográfico en la costa sur de la provincia Sancti Spíritus, Ceballo, (2017), referida a la fracción de imagen obtenidas con la aplicación de la metodología MESMA, Robert *et al.*, (1998), en falso color en ENVI 5.3, "Fig. 3".

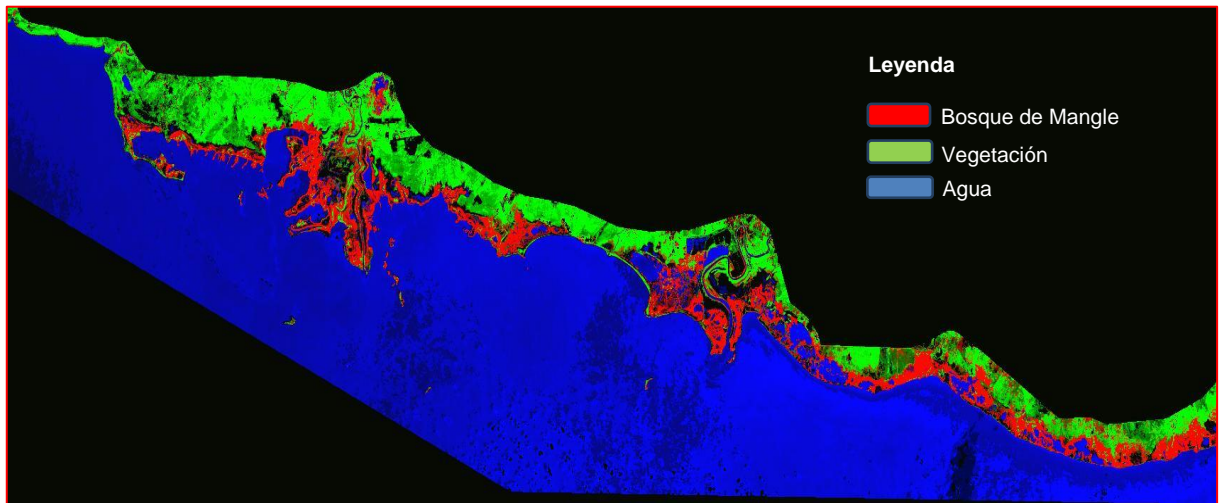
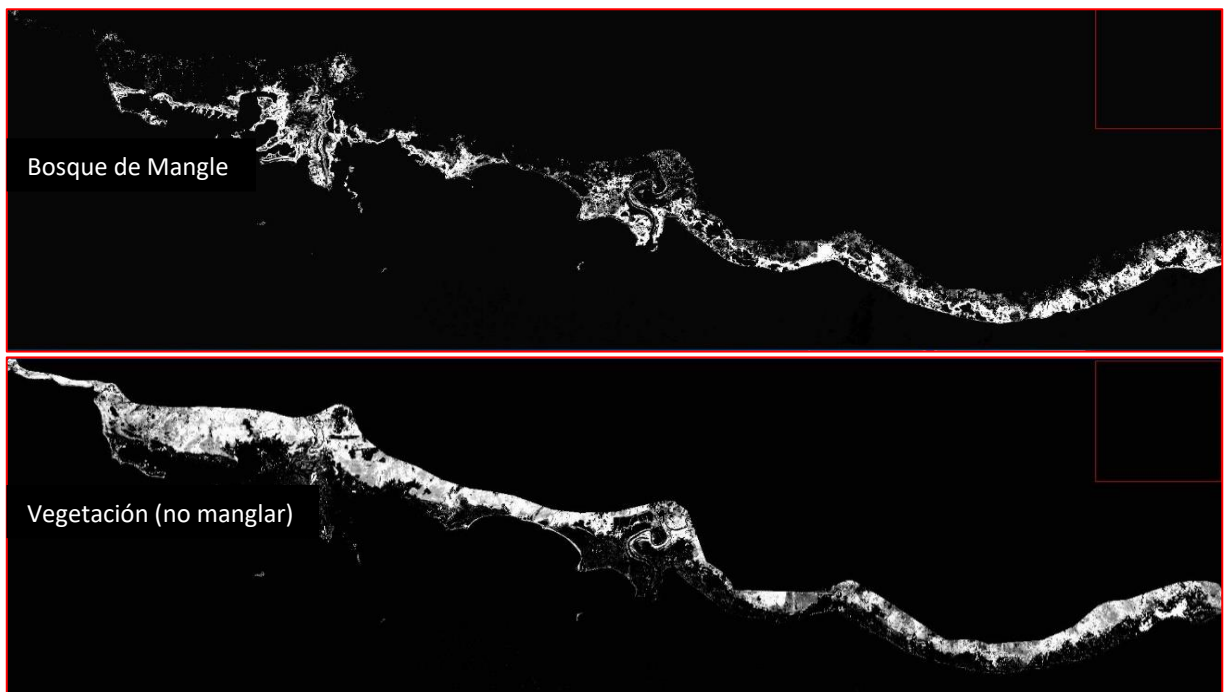


Fig 3. Fracción de clases (en falso color) referida a la costa sur de la provincia Sancti Spiritus, obtenidas con la aplicación de la Metodología MESMA, Robert et al., (1998), en ENVI 5.3.

*Fuente:* Ceballo, (2017) y Ceballo et al., (2019)

- ii. Análisis topológico: se realizaron consultas que permitieron encontrar la relación entre elementos de una misma fracción de imagen y con otras en escala de grises en ENVI 5.3, Sistema de Información Geográfica (SIG) y otros, "Fig. 4".



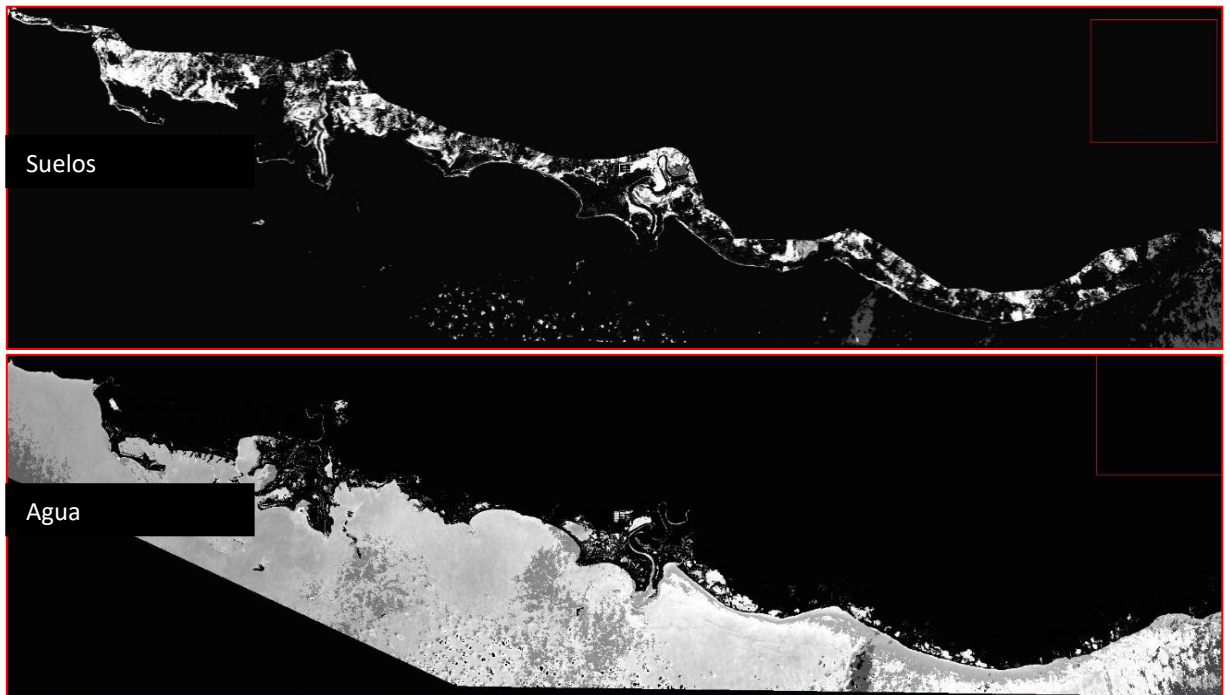


Fig 4. Relación entre elementos de una misma fracción de imagen y entre otras clases, en escala de grises en ENVI 5.3, para la costa sur de la provincia Sancti Spíritus.

**Fuente:** Ceballo, (2017) y Ceballo et al., (2019)

- iii. Medición: la existencia de una referencia espacial para cada uno de las clases determinó una respuesta también espacial que posibilitó medir las variables: área, perímetro, longitud y factores de forma como las pendientes, rugosidad, "Fig. 5", en SAGA GIS.

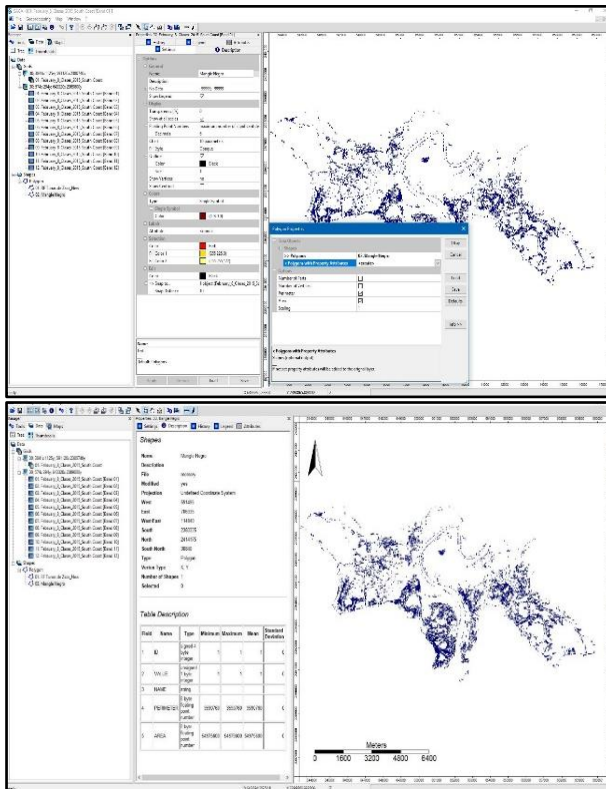


Fig 5. Variables asociadas a la información espacial de las clases.

iv. Combinación: se superpusieron capas para llevar a cabo análisis donde se combinan información entre diferentes capas y clases, “Fig. 6”, en SAGA GIS.

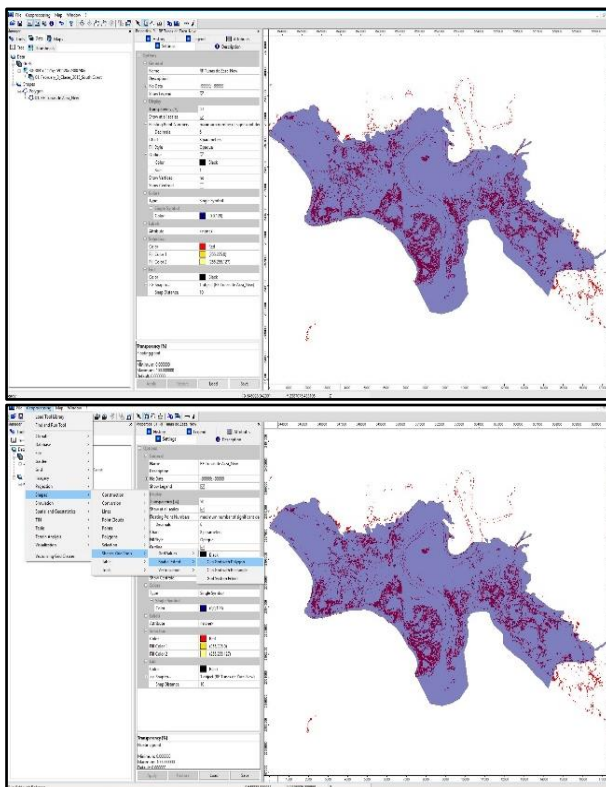


Fig 6. Superposición de capas asociando límite del área de estudio y bosque de mangle.

v. Transformaciones: procedimientos que modificaron elementos de entrada de diversas clases con el objetivo de obtener nuevos resultados, “Fig. 7”.

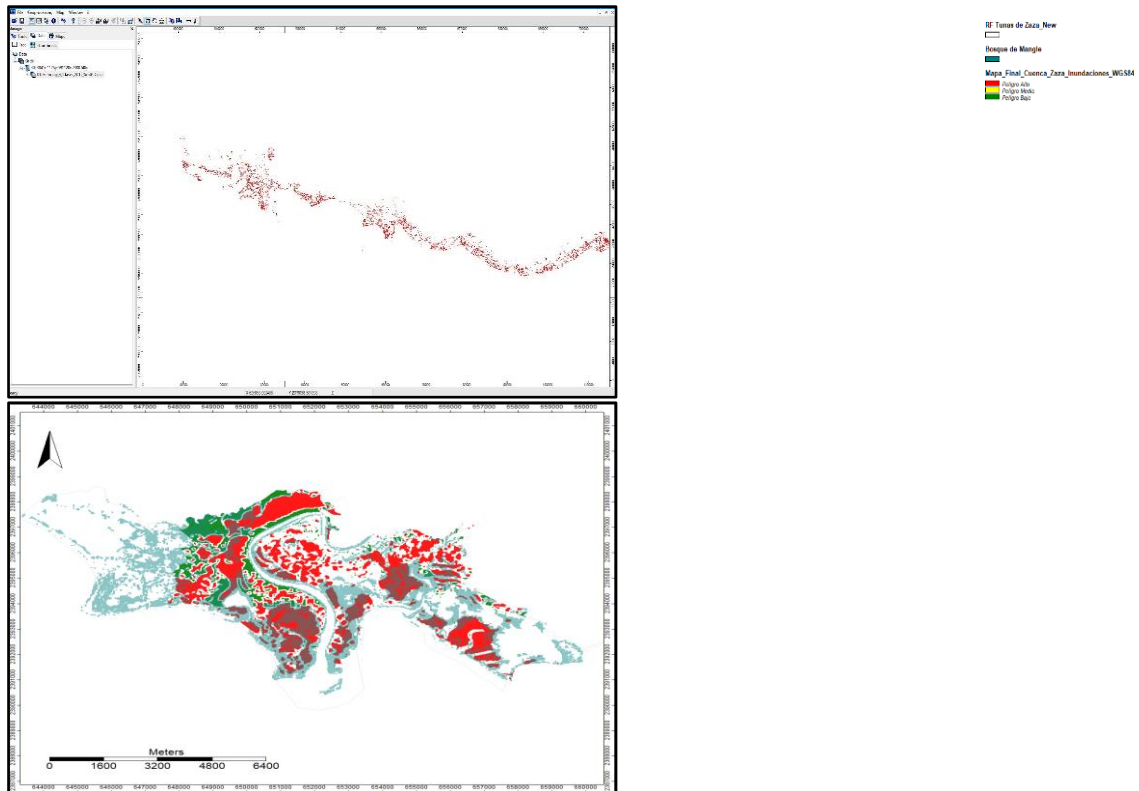


Fig 7. Modificación de información ráster a vectorial para obtener la relación entre la inundación generada por precipitaciones intensas y el bosque de mangle.

vi. Toma de decisiones y optimización: La superposición de capas para estudiar la relación entre las clases de una misma capa o entre clases de diferentes capas nos permitió agilizar la toma de decisiones relativas al impacto del cambio climático en las zonas costeras, “Fig. 8”, en SAGA GIS.



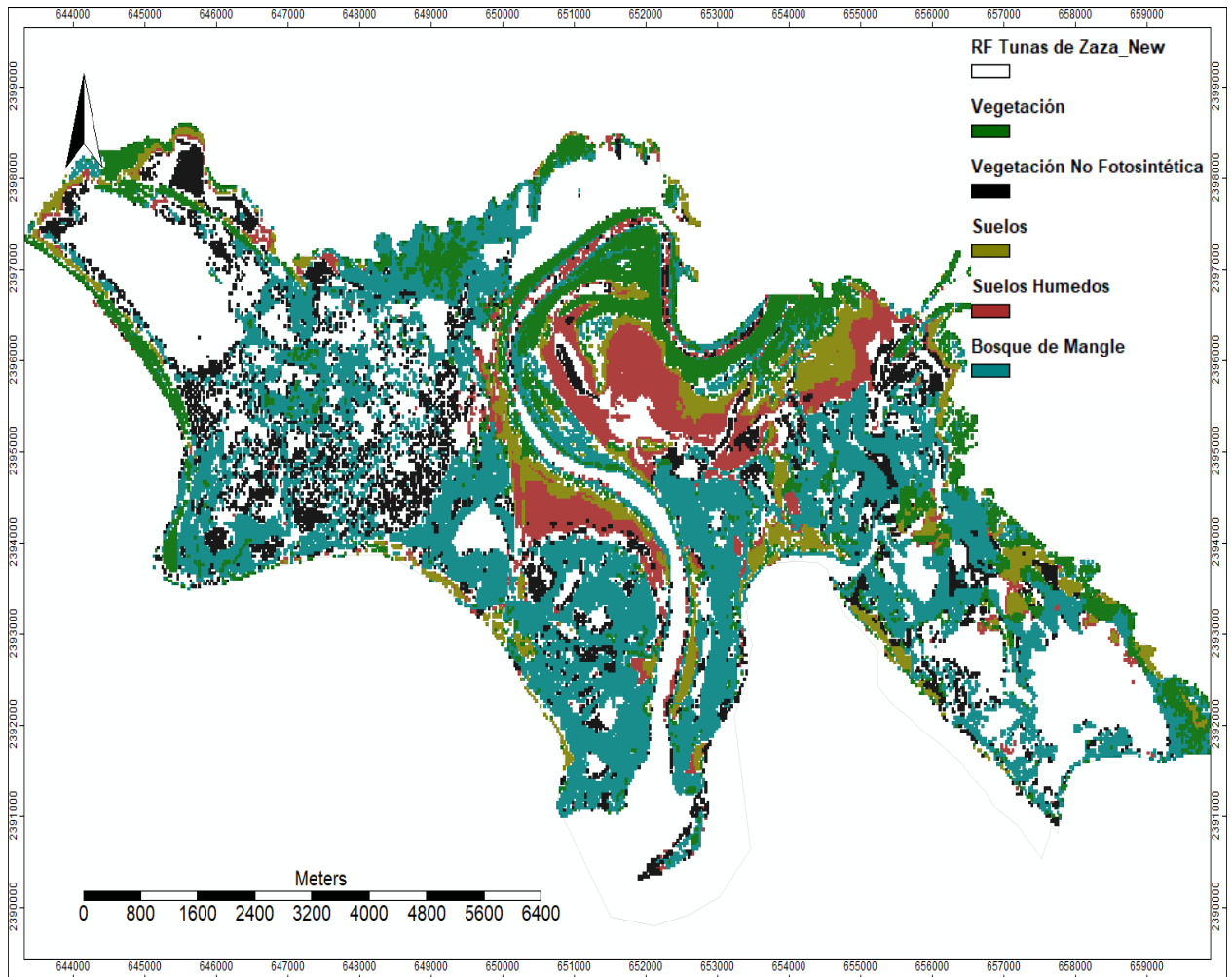


Fig 8. Superposición de capas que permite determinar relación entre clases en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Aplicando procedimientos como los anteriores, según Olaya, (2011), modificado por los autores; se obtuvo la cartografía del bosque de mangle diferenciando los principales componentes naturales (fracción de imagen) utilizando la metodología MESMA y en formato SIG, esto permitió determinar las áreas de inundación debido al impacto por el calentamiento global antrópico y el aumento del nivel medio del mar en los escenarios previstos de cambio climático 2050 y 2100. Información resultante del Macroproyecto de Cambio Climático en Cuba, según González et al., (2018), para la región central de la República de Cuba.

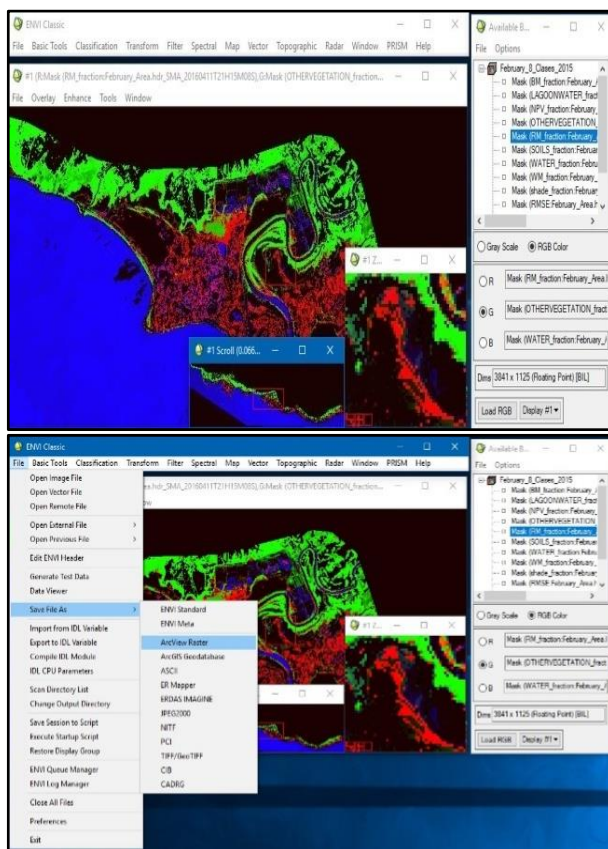
### Geoprocesamiento para obtener impactos por ascenso del nivel medio del mar

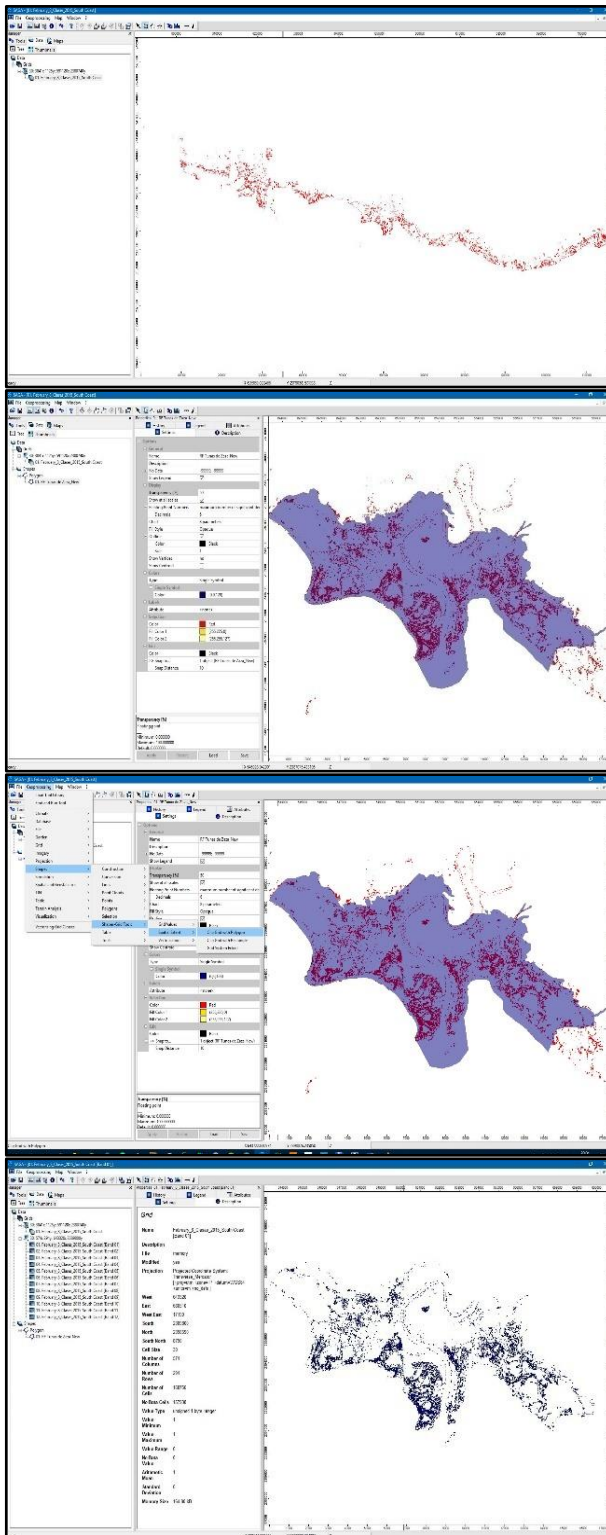
Un modelo vectorial trabaja con entidades discretas, modelizando el espacio geográfico mediante una serie de primitivas geométricas que contienen los elementos más destacados de dicho espacio. Estas primitivas son de tres tipos: puntos, líneas y polígonos (Olaya, 2011).

Los impactos del ascenso del nivel del mar sobre los manglares provocarán pérdidas importantes de biodiversidad; la migración hacia tierra adentro, cambios en la dominancia e incremento o decrecimiento de área a corto plazo, dependerán de las características morfológicas y otras asociadas que pueden ser estudiadas usando imágenes satelitales y los sistemas de información geográfica que permiten convertir información de álgebra de mapas en información vectorial para llegar a obtener nuevos conocimientos utilizando el geoprocesamiento.

**Estimación del área cubierta para cada una de las clases.**

Las imágenes multispectrales Landsat 8 – OLI, de 30 m de pixel, los datos de campo en parcelas del bosque de mangle, según Menéndez *et al.*, (2003) y Menéndez *et al.*, (2006) y la metodología MESMA Robert *et al.*, (1998), permiten capturar y cartografiar clases de fracción de imagen del Refugio de Fauna Tunas de Zaza, referidas en información monotemporal (febrero/2015, caracteriza el periodo poco lluvioso) y (julio/2015, caracteriza el periodo lluvioso) o multitemporal (febrero-marzo-mayo-julio/2015, caracteriza la media espectral) expresadas en capas ráster que serán llevadas utilizando SAGA GIS a capas vectoriales, “Fig. 9”.





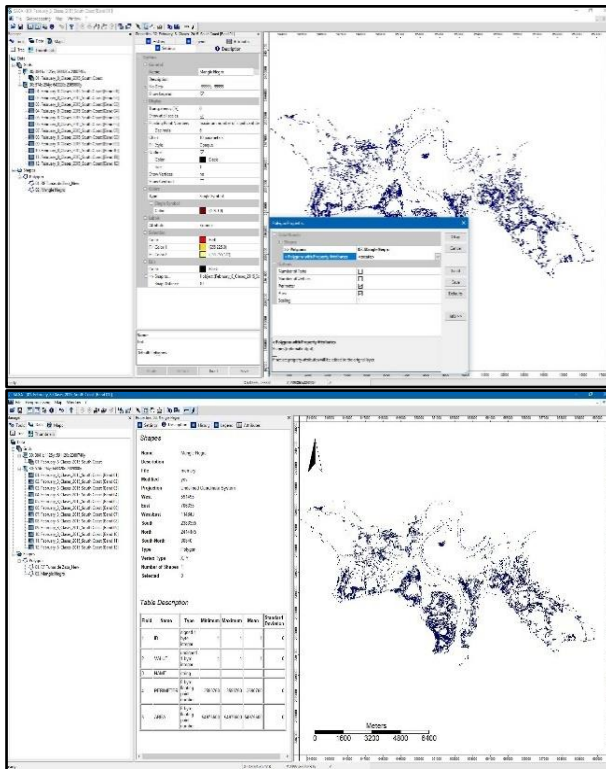


Fig 9. Transformación de información ráster de las fracciones de imágenes generadas con la metodología MESMA en ENVI 5,3; a capas vectoriales en Sistema de Información Geográfica en SAGA GIS.

Estos modelos ráster al ser separados en cada una de sus clases permiten obtener para la imagen multitemporal cinco (5) capas vectoriales (bosque de mangle, agua, suelos, vegetación y vegetación no fotosintética). Y para las imágenes monotemporales en ocho (8) clases, con la separación de las especies del bosque de mangle (mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (patabán (*Laguncularia racemosa*) y yana (*Conocarpus erectus*)), “Fig. 10”, además, de las clases (vegetación, agua, suelos, agua en las lagunas costeras y vegetación no fotosintética), “Fig. 11”.

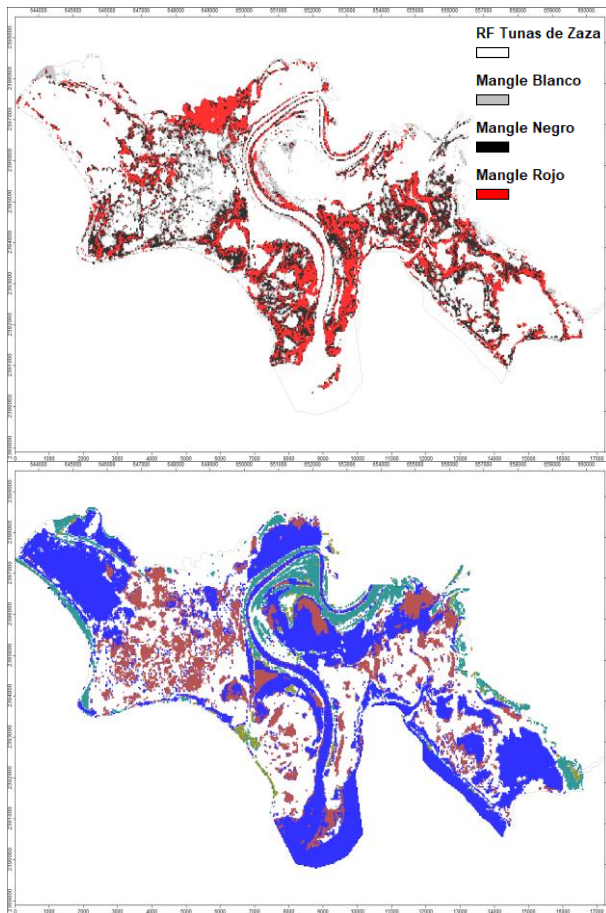


Fig 10. Separabilidad entre las especies *Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erectus*.

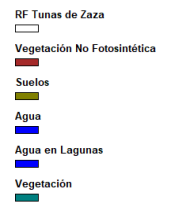


Fig 11. Capas vectoriales obtenidas para imágenes monotemporales de julio/2015, sin el bosque de mangle

La “Tabla 1”, muestra para la imagen multitemporal (febrero, marzo, mayo y julio/2015), el comportamiento de cinco (5) clases expresadas en unidades de área y las monotemporales (febrero/2015 y julio/2015); el comportamiento de ocho (8) clases expresadas en unidades de área; que fueron cartografiadas a partir de la imagen multispectral Landsat 8 – OLI, utilizando la metodología MESMA.

Las imágenes monotemporales para febrero/2015 y julio/2015, expresan comportamientos característicos de los períodos poco lluvioso y lluvioso, respectivamente.

Ceballo, (2017); Ceballo et al., (2019a), obtuvo gráficos multitemporales que relacionan la fenología descrita para el bosque de mangle en Cuba (Menéndez *et al.*, 2006) y la respuesta espectral para imágenes monotemporales para cada una de las especies (clases-R.O.I.), que conforman el bosque de mangle (*Rhizophora mangle*, *Avicennia germinans*, *Laguncularia racemosa*, *Conocarpus erectus*), utilizando una curva de respuesta espectral media al 95% (1), (Somers and Asner, 2013); para las bandas del VIS, NIR y SWIR de imágenes Landsat 8 – OLI del USGS.

$$x - 1,96 * \sigma / \sqrt{n} < \mu < x + 1,96 * \sigma / \sqrt{n} \quad (3)(1)$$

Estas curvas de respuesta espectral que caracterizan la reflectancia de imágenes multiespectrales para las bandas del visible e infrarrojo medio y cercano, aportan una valiosa información que caracteriza el comportamiento mensual en las imágenes Landsat 8 – OLI, que no han sido descritas con anterioridad para estas especies que conforman el bosque de mangle en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Tabla 1. Área calculada para cada clase de imagen monotemporal y multitemporal.

Variables	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )	
<b>Refugio de Fauna Tunas de Zaza</b>	65 264 274,88	6 526,42	65,26	
<b>RF TUNAS DE ZAZA - MULTIESPECTRAL LANDSAT 8 OLI (30 M)</b>				
<b>MULTITEMPORAL (Feb, Mar, May, Jul/2015) 5 CLASES + Shade Fraction</b>				
Nº	Variable	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )
<b>BOSQUE DE MANGLE</b>				
2	Vegetación	5 993 100,00	599,31	5,99
3	Vegetación No Fotosintética	5 416 200,00	541,62	5,42
4	Suelos	3 468 600,00	346,86	3,47
5	Superf. Hídricas (Río + Mar + Lag.)	17 163 000,00	1 716,30	17,16
6	Suelos Húmedos (ShadeFraction)	4 259 700,00	425,97	4,26
<b>TOTAL CARTOGRAFIADO</b>		<b>54 662 400,00</b>	<b>5 466,40</b>	<b>54,66</b>
<b>MONOTEMPORAL (Febrero/2015) 8 CLASES</b>				
Nº	Variable	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )
1	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	9 148 500,00	914,85	9,14
2	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	9 737 100,00	973,71	9,73
3	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	2 060 100,00	206,01	2,06
<b>BOSQUE DE MANGLE</b>				
4	Vegetación	4 609 800,00	460,98	4,69
5	Vegetación No Fotosintética	9 199 800,00	919,98	9,19
6	Suelos	5 126 400,00	512,64	5,12
7	Superficies Hídricas (Río + Mar)	4 599 000,00	459,90	4,59
8	Lagunas Costeras	1 299 600,00	129,96	1,29
<b>TOTAL CARTOGRÁFIADO</b>		<b>45 780 300,00</b>	<b>4 578,30</b>	<b>45,78</b>
<b>MONOTEMPORAL (Julio/2015) 8 CLASES</b>				
Nº	Variable	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )
1	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	11 677 500,00	1 167,75	11,67
2	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	7 730 100,00	773,01	7,73
3	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	3 722 400,00	372,24	3,72
<b>BOSQUE DE MANGLE</b>				
4	Vegetación	4 100 400,00	410,04	4,10
5	Vegetación No Fotosintética	7 449 300,00	744,93	7,44
6	Suelos	638 100,00	63,81	0,63
7	Superficies Hídricas (Río + Mar)	6 373 800,00	637,38	6,37
8	Lagunas Costeras	16 452 000,00	1 645,20	16,45
<b>TOTAL CARTOGRÁFIADO</b>		<b>58 143 600,00</b>	<b>5 814,36</b>	<b>58,14</b>

Con la cartografía obtenida a partir de las capas vectoriales, se puede determinar que el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, representa el 0,97 % del área que ocupa la provincia Sancti Spíritus. Con una respuesta espectral de la superficie de bosque de mangle en el mes de febrero, cuando la cobertura vegetativa tiene un máximo negativo que representa el 32,09 %, del Refugio de Fauna, mientras que en el mes de julio esa respuesta espectral se incrementa al 35,44 %, cuando con el inicio del periodo lluvioso existe un aumento de presencia de hojas nuevas que incrementan la cobertura. Si analizamos la imagen multitemporal que expresa valores medios, ya que contiene información espectral de meses del periodo poco lluvioso y lluvioso la cobertura alcanza para el bosque de mangle el 28,13 % del área del Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Si analizamos por especies del bosque de mangle y otras coberturas, Fig. 12y Fig. 13, para el mangle rojo la respuesta espectral oscila entre el 17,89 %, de cobertura para el periodo lluvioso y el 14,02 %, para el periodo poco lluvioso, para el mangle negro estos valores muestran cambios menos significativos entre un 11,02 % y 14,92 %, con respecto a la cobertura total del área protegida y en el mangle blanco los porcentos de área abarcan los menores valores asociados a zonas altas emergidas entre 3,16 % y 5,70 %.

Para las demás clases, los mayores porcentos de cobertura lo encontramos en la vegetación no fotosintética con una oscilación entre el periodo poco lluvioso y lluvioso de 14,10 % y 11,41 % respectivamente, demostrando estos altos valores que han ocurrido y se manifiestan actualmente impactos negativos por estrés hídrico, ciclones tropicales, sequías, alta salinidad, y otros asociados a deficiente gestión antrópica, que han provocado el colapso de especies de la flora.

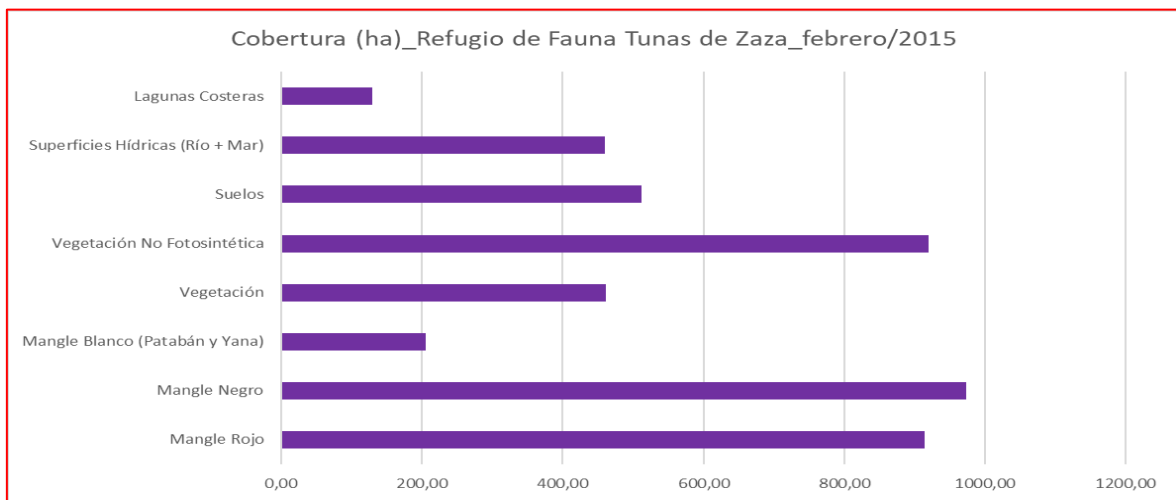
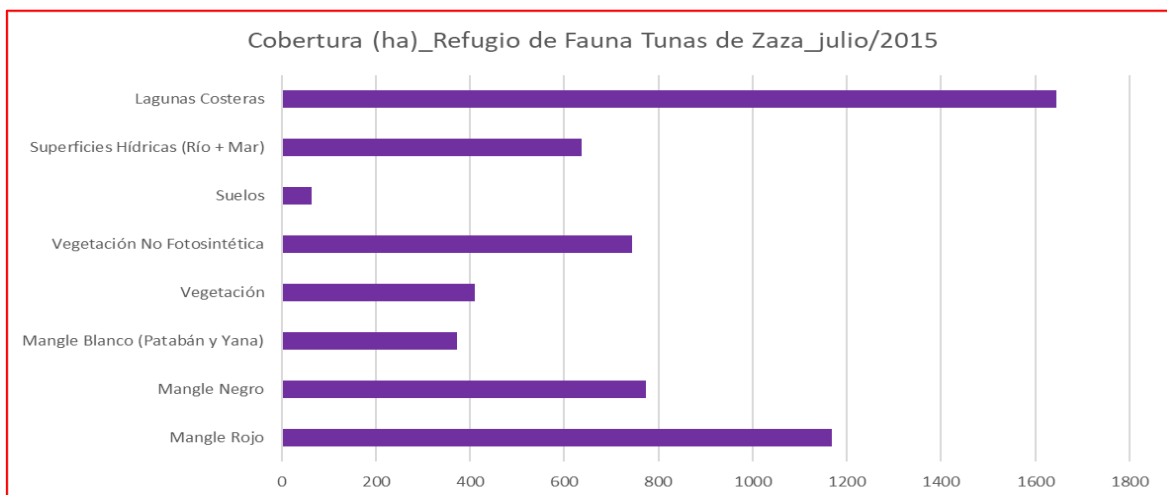


Fig 12. Cubertura por (ha) de las clases que conforman el Refugio de Fauna Tunas de Zaza. Caracterizado para febrero (periodo poco lluvioso).



**Figura 13.** Cobertura por (ha) de las clases que conforman el Refugio de Fauna Tunas de Zaza. Caracterizado para julio (periodo lluvioso).

La vegetación (no bosque de mangle), oscila para ambos periodos poco lluvioso y lluvioso con valores de cobertura muy similares entre un 7,06 % y 6,28 %, con presencia de *Copernicia gigas*, con impactos muy negativos asociados a la ganadería.

Los suelos tienen diferencias marcadas para ambos periodos por la presencia de la inundación generada por las precipitaciones; en el periodo poco lluvioso las áreas de suelos sin cobertura abarcan el 7,85 %, mientras que para el periodo lluvioso no pasan del 0,98 %, esto asociado con la cobertura de las lagunas costeras que cambian su volumen y espejo de agua que se expresa inversamente con 1,99 %, en el periodo poco lluvioso y en el periodo lluvioso hasta un 25,21 %; también las superficies hídricas reflejan el comportamiento asociado al estrés hídrico del periodo poco lluvioso con un 7,05 %, y para el periodo lluvioso un ligero aumento del 9,7 %.

#### Estimación del área afectada de bosque de mangle debido al ascenso del nivel medio del mar para los escenarios 2050 y 2100.

A partir de información relevante en formato vectorial obtenida por el Macroproyecto de Cambio Climático en Cuba, según González et al., (2018), se pudo estimar para el Refugio de Fauna Tunas de Zaza el área de ascenso del nivel medio del mar para el escenario 2050, el cual representa con respecto al límite del área protegida un 61,24 % de tierra emergida que quedará inundada y fijar el nuevo límite hasta donde llegue la línea de las mareas. Para el 2100, penetrará aún más tierra adentro la inundación con un escenario de ascenso del nivel medio del mar de hasta 0,85 m, "Tabla 2", ocupando hasta el 75,71 % del Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Tabla 2. Ascenso del nivel medio del mar para los escenarios 2050 y 2100.

ASCENSO DEL NIVEL DEL MAR PARA LOS ESCENARIOS 2050 Y 2100				
Nº	Variable	Área (m <sup>2</sup> )	Área (ha)	Área (km <sup>2</sup> )
1	Ascenso NMM 2050 (0,27 m)	20 907 135,60	2 090,71	20,90
	Lagunas Costeras	19 061 834,08	1 906,18	19,06
	<b>SUBTOTAL</b>	<b>39 968 969,68</b>	<b>3 996,89</b>	<b>39,96</b>
2	Ascenso NMM 2100 (0,85 m)	<b>9 444 220,57</b>	<b>944,42</b>	<b>9,44</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>49 413 189,25</b>	<b>4 941,32</b>	<b>49,41</b>



La información espacial en SAGA GIS, permite detallar las áreas que quedarán sumergidas para el escenario 2050, "Fig. 14", y para el 2100, "Fig. 15", debido al ascenso del nivel medio del mar.

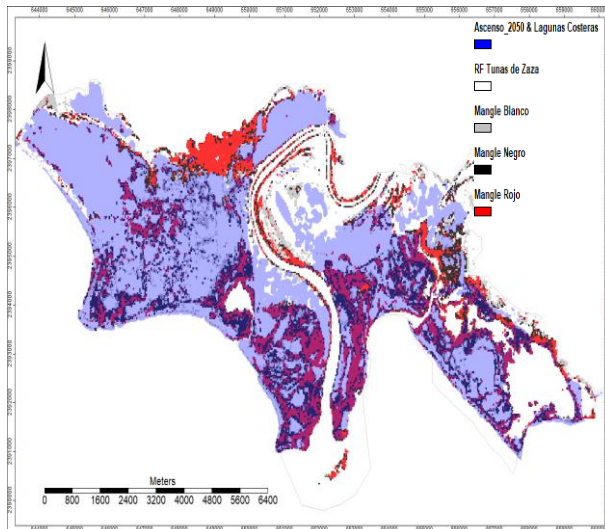


Fig 14. Ascenso del nivel medio del mar para el escenario proyectado 2050

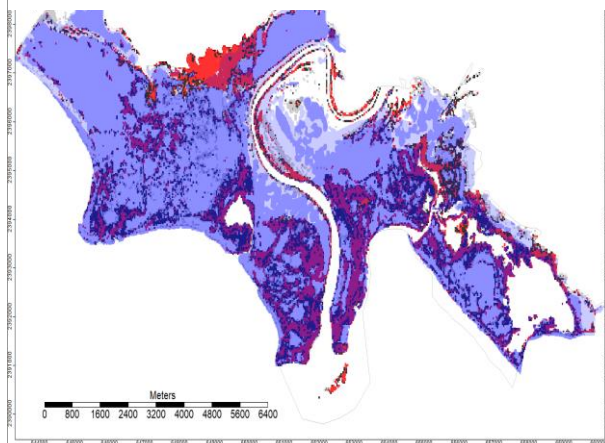


Fig 15. Ascenso del nivel medio del mar para el escenario proyectado 2100

Con respecto al bosque de mangle, los impactos de la inundación serán significativos para el año 2050, cuando quedarán afectadas utilizando como referencia la información obtenida de la imagen multitemporal que expresa valores medios de comportamiento de hasta 1 354,68 ha, con respecto al valor total de 1 836,18 ha, determinadas para el bosque de mangle de las imágenes multispectrales del año 2015. Para el 2100, las afectaciones por inundación se expandirán hasta afectar otras 287,23 ha de bosque de mangle, de las 481,54 ha, aproximadamente existentes en el 2050, "Tabla 3".

Tabla 3. Relación entre el ascenso del nivel del mar y el bosque de mangle.

<b>RELACIÓN ASCENSO DEL NIVEL MEDIO DEL MAR &amp; BOSQUE DE MANGLE</b>				
<b>MULTITEMPORAL (Feb, Mar, May, Jul/2015) 5 CLASES + Shade Fraction</b>				
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
1	Bosque de Mangle/2050 (0,27 m)	4 815 064,43	481,50	4,81
2	Bosque de Mangle/2100 (0,85 m)	1 942 762,52	194,27	1,94
<b>MONOTEMPORAL (Febrero/2015) 8 CLASES</b>				
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>Bosque de Mangle/2050 (0,27 m)</b>	<b>6 538 298,29</b>	<b>653,82</b>	<b>6,53</b>
-	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	3 124 627,82	312,46	3,12
-	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	2 064 564,31	206,45	2,06
-	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	1 349 106,16	134,91	1,34
<b>2</b>	<b>Bosque de Mangle/2100 (0,85 m)</b>	<b>2 431 472,89</b>	<b>243,14</b>	<b>2,43</b>
-	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	962 908,55	96,29	0,96
-	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	845 205,27	84,52	0,84
-	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	623 359,07	62,33	0,62
<b>MONOTEMPORAL (Julio/2015) 8 CLASES</b>				
<b>Nº</b>	<b>Variable</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
<b>1</b>	<b>Bosque de Mangle/2050 (0,27 m)</b>	<b>6 978 365,23</b>	<b>697,83</b>	<b>6,97</b>
-	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	3 693 419,55	369,34	3,69
-	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	1 916 560,27	191,65	1,91
-	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	1 368 385,41	136,83	1,36
<b>2</b>	<b>Bosque de Mangle/2100 (0,85 m)</b>	<b>2 844 467,94</b>	<b>284,44</b>	<b>2,84</b>
-	Mangle Rojo ( <i>R. mangle</i> )	1 457 053,26	145,70	1,45
-	Mangle Negro ( <i>A. germinans</i> )	750 290,07	75,02	0,75
-	Mangle Blanco (Patabán ( <i>L. racemosa</i> ) y Yana ( <i>C. erectus</i> ))	637 124,61	63,71	0,63

## CONCLUSIONES

Se pudo determinar para el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, a partir del geoprocesamiento de modelos ráster de fracción de imagen obtenidos con la metodología MESMA (Ceballos, 2017); información vectorial relevante para una imagen multitemporal de cinco (5) clases (bosque de mangle, agua, suelos, vegetación y vegetación no fotosintética), y para las imágenes monotemporales de ocho (8) clases de los meses febrero y julio, con la separación de las especies del bosque de mangle (mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle negro (*Avicennia germinans*) y mangle blanco (patabán (*Laguncularia racemosa*) y yana (*Conocarpus erectus*)); además, de las clases (vegetación, agua, suelos, agua en las lagunas costeras y vegetación no fotosintética).

Con la cartografía resultante del Macroproyecto y los resultados obtenidos de la información vectorial geoprocesada, se logró establecer las áreas de inundación para el 2050 y para el 2100 en el área de estudio, y se determinó que la línea de costa se va a desplazar hacia el interior emergido

del Refugio de Fauna Tunas de Zaza provocando diferentes respuestas en las especies del bosque de mangle y otras especies.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agenda 21; 1992; Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Río de Janeiro del 3 al 14 de junio de 1992

Ceballos O.; 2017; Implementación de Herramientas para la Evaluación y Gestión Integrada de los Recursos Hídricos a Nivel de Paisaje en la Cuenca Hidrográfica del Río Zaza. Provincia Sancti Spíritus, Cuba. <http://hdl.handle.net/11566/245510>

Ceballos O.; J.P. García Lahera; L. M. Pérez; 2019; Interpretación cartográfica del bosque de mangle usando la metodología MESMA con imágenes multiespectrales LANSAT – 8 OLI. XIV Congreso de Informática y Geociencias (GEOINFO 2019), VIII Convención de Ciencias de la Tierra. Palacio de las Convenciones. La Habana. Del 1 al 5 de abril de 2019.

Ceballos O.; J. P. García Lahera; L. M. Pérez; 2019; Fenología y respuesta espectral en el uso de imágenes multiespectrales LANDSAT en el bosque de mangle de la costa sur de la provincia de Sancti Spíritus, Cuba. XIV Congreso de Informática y Geociencias (GEOINFO 2019), VIII Convención de Ciencias de la Tierra. Palacio de las Convenciones. La Habana. Del 1 al 5 de abril de 2019.

Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., Wehberg, J., Wichmann, V., and Boehner, J. (2015): System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA) v. 2.1.4. Geosci. Model Dev., 8, 1991-2007, doi:10.5194/gmd-8-1991-2015.

ENVI Classic 5.3; 2015; Exelis Visual Information Solutions, Inc., a subsidiary of Harris Corporation. Feller, I. C. y Sitnik M. (eds.); 1996; Mangrove Ecology Workshop Manual. Smithsonian Institution. Washington. DC. 1996.

González, F.; 2018; Escenarios de peligro por ascenso del nivel medio del mar para la República de Cuba, según el modelo RCP 8,5 tercer reporte al IPCC.

IPCC; 2013; Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F.D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América

U.S. Geological Survey. <https://earthexplorer.usgs.gov/>  
MATLAB R2018b

Menéndez, L.; J. M. Guzmán; R. T. Capote; L. F. Rodríguez y A. V. González; 2003; Situación ambiental de los Manglares del Archipiélago cubano. Casos de estudios: Archipiélago Sabana Camagüey, franja sur de la Habana y costa norte de Ciudad Habana. En Memorias IV Convención Internacional sobre medio ambiente y desarrollo, 2 al 6 de junio de 2003, La Habana, pp. 435-451.

Menéndez, L. y J. M. Guzmán; 2006; Los manglares del archipiélago cubano: Aspectos generales. En: L. Menéndez y J. M. Guzmán (eds.) Ecosistema de Manglar en el Archipiélago Cubano. UNESCO, Ciudad de la Habana; 329 pp.

Olaya, V.; 2011; Sistemas de Información Geográfica. Versión 1.0. Revisada el 24 de marzo de 2011.

QGIS 3.16.2-Hannover. <https://www.qgis.org/es/site/>

Somers, B. and Asner, G. P.; 2013; Multi-temporal hyperspectral mixture analysis and feature selection for invasive species mapping in rainforest. Remote Sensing of Environment, 136 (2013)

14-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2013.04.006>

Tomlinson, P. B.; 1986; The botany of mangroves. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.

## **ALMIDÓN DE YUCA COMO ALTERNATIVA PARA LA CONSERVACIÓN DE LA FRUTA BOMBA (*Carica papaya* L.)**

CASSAVA STARCH AS AN ALTERNATIVE FOR THE CONSERVATION OF PAPAYA (*Carica papaya* L.)

**Dr. C. Daisy Deniz Jiménez<sup>1</sup> (ORCID)**<https://orcid.org/0000-0002-0332-5594>

**Dr. C. Manuel Rodríguez González<sup>2</sup> (ORCID)**,<https://orcid.org/0000-0002-7448-295>

**Ing. Nerelys Cabrera Julien<sup>3</sup> (ORCID)**, <https://orcid.org/0000-0002-1918-8555>

**MsC. Marxia Ma. Macías Concepción (ORCID)**, <https://orcid.org/0000-0002-1381-8365>

<sup>1</sup> Universidad de Sancti Spíritus (Cuba)

E-mails: [daisydeniz1990@gmail.com](mailto:daisydeniz1990@gmail.com), [manuelaley@gmail.com](mailto:manuelaley@gmail.com), [nerelys@gmail.com](mailto:nerelys@gmail.com).

### **RESUMEN**

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del almidón de yuca en la conservación y calidad de la papaya en la etapa post-cosecha. Se utilizó un diseño de bloque completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres réplicas. Las evaluaciones se realizaron cada cuatro días, en un período de 16 días, donde se determinaron las propiedades físico-químicas. Todos los frutos a los que se le aplicó la cobertura de almidón, alcanzaron una media de los 16 días de pérdida de masa fresca de 1,9 a 2,6 veces menor, color de la cascara de un 25 a 50 % de color amarilla con relación a un 50 a 75 % de la superficie del testigo. El pH disminuyó a medida que aumento de la acidez titulable y menor tenor de sólidos solubles que los frutos control durante todo el período. De acuerdo con los resultados observados es posible afirmar que la cobertura de almidón en los frutos fue efectiva, donde se destacó la concentración del 3% de almidón para la conservación del fruto, incrementando el tiempo de vida útil durante los 16 días post-cosecha con estadios de madurez inferiores a los frutos no tratado, mejorando la apariencia externa.

**PALABRAS-CLAVES:** cobertura, conservación, calidad, papaya.

### **SUMMARY**

In this work, the objective was to determine the effect of cassava starch on the conservation and quality of the papaya fruit in the post-harvest stage in papaya. A completely causalized block design was used, with four treatments and three replicates. The evaluations occurred every four days in a period of 16 days, where the physical-chemical properties were evaluated. All fruits with film had a mean of 16 days of fresh weight loss of 1.9 to 2.6 times lower, peel color of 25 to 50% yellow in relation to 50 to 75% of the surface at without film. The pH decreases the ratio of titratable acidity increase and lower soluble solids tenores that control fruits throughout the period. According to the observed results it is possible to affirm that the storage of papaya with starch coating was effective, where the concentration of 3% of starch was highlighted with a good alternative for the conservation of the papaya, increasing the shelf life during the 16 days of storage with maturity stages lower than the untreated fruits, in addition to improving the external appearance.

KEY WORDS: starch, conservation, quality, papaya.

## INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya* L.) es una de las frutas tropicales más apreciada por los consumidores debido a que le atribuyen propiedades nutricionales, digestivas y medicinales; además, posee un agradable aroma, sabor y textura. En Cuba, la fruta es consumida preferentemente fresca, pero su industrialización, a través del aprovechamiento integral del fruto, ofrece extensa gama de productos y subproductos, que pueden ser utilizados en la industria de alimentos y farmacéutica. Varias tecnologías pueden ser aplicadas para el aprovechamiento de esta materia prima y para desarrollar productos de alto valor agregado, con pocas alteraciones nutricionales, y que satisfagan las exigencias del consumidor actual por productos convenientes que, además de nutrir, proporcionen beneficios a la salud.

Un gran problema que enfrentan los productores de papaya es la elevada pérdida post-cosecha de los frutos, estimada en 40 – 50 % del total producido, debido a las prácticas inadecuadas de cosecha, transporte y almacenamiento. Este fruto cuando es almacenado a temperatura ambiente, tiene una vida útil estimada en seis días, ocurriendo posteriormente, marchitamiento y ataque por patógenos, por presentar elevado contenido de humedad, textura blanda y altas tasas respiratorias y de producción de calor. Esas características del fruto generan pérdidas durante su manejo en la etapa post-cosecha, resultando en pérdidas recurrentes de falta de comercialización o de consumo del producto en tiempo hábil post-cosecha, constituyen una situación que acompaña a las frutas que continúan vivas después de su cosecha, manteniendo activo todos sus procesos biológicos vitales (Denizet *et al.*, 2020).

La vida post-cosecha puede ser reducida por causa de factores pre y post-cosecha, como patógenos y factores abióticos los cuales originan pérdidas cuantitativas y/o cualitativas. Debido a esos factores, en conjunto con el alto contenido de agua en su composición química, las frutas se tornan altamente perceptibles (Colivet y Carvalho, 2017).

Los filmes y coberturas (biofilmes comestibles) poseen la función de inhibir o reducir las pérdidas de humedad, oxígeno, dióxido de carbono, lípidos, aromas, entre otros, pues crean barreras semipermeables. Además, pueden transportar ingredientes alimenticios como: antioxidantes, antimicrobianos y flavorizantes, y/o mejorar la integridad mecánica y las características externas del fruto (Chávez, 2015).

Existe un gran interés en el desarrollo de biofilmes comestibles o degradables biológicamente, principalmente debido a la demanda de alimentos de alta calidad. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del almidón de yuca usada como cobertura en la conservación y calidad del fruto de la papaya en la etapa post-cosecha.

## DESARROLLO

El presente trabajo fue desarrollado en la universidad “José Martí Pérez” de Sancti Spiritus con la variedad Maradol. Los frutos utilizados de tamaño uniforme y un peso medio de 800 – 1 000 g, con estadio de maduración 1 (corresponde a frutos con hasta 15 % de cascara amarilla). Después de la cosecha, los frutos fueron transportados y envueltos individualmente con papel periódico para evitar daños mecánicos. Se utilizó un diseño experimental de bloque completamente al azar, con cuatro tratamientos y tres replicas. El total de frutos es de 18 por tratamientos (cada replica tenía seis frutos), todos los frutos fueron colocados en la misma posición.

La disolución (1 %, 2%, y 3% p/v) fue preparada con 1g, 2g, 3g de almidón en 100 ml de agua destilada. La disolución de almidón fue gelatinizada a 75 °C por 30 minutos y enfriada a 25 °C. Las evaluaciones ocurrieron cada cuatro días, por 16 días. Los frutos fueron mantenidos a temperatura ambiente. Este factor se controló tres veces al día, con el auxilio de un termómetro para su efecto en la maduración del fruto. Los tratamientos consistieron.

- **Tratamiento A:** control (sin cobertura).
- **Tratamiento B:** cobertura con almidón de yuca al 1 % en 100 ml H<sub>2</sub>O (p/v).
- **Tratamiento C:** cobertura con almidón de yuca al 2 % en 100 ml H<sub>2</sub>O (p/v).
- **Tratamiento D:** cobertura con almidón de yuca al 3 % en 100 ml H<sub>2</sub>O (p/v).

Los frutos fueron lavados con detergente neutro, y en seguida sometidos a inmersión en una disolución de hipoclorito de sodio al 0,5 % por tres minutos para desinfectarlos y secados al aire libre, según recomienda Pereida et al. (2016). Después de la desinfección se le aplicó cobertura a cada fruto en función de su concentración por un minuto, los frutos fueron dispuestos en bandejas para su maduración. Las evaluaciones ocurrieron cada cuatro días, por 16 días.

Para la obtención de almidón de yuca: primero lavar bien y pelar la yuca. Después rayarla, colocarla en un cubo con agua. Preparar un lienzo fino en forma de amaca, donde se adicionará la yuca rayada con agua, con el objetivo de presionarla y extraer el almidón. El líquido recogido en el cubo se quedará en reposo toda la noche, al día siguiente retiramos el agua, dejando el almidón de color blanco en el fondo, después se deja secar al sol. El resultado obtenido es el almidón de yuca. En el experimento se utilizó 5 kg de yuca obteniendo como resultado 57 g de almidón.

### **Pérdida de masa fresca (PMF)**

La pérdida de masa fresca fue obtenida por la diferencia entre la masa fresca inicial y la masa fresca en el momento de la evaluación (fórmula 1), a través del pesaje de los frutos en balanza semi-analítica con precisión de 0,01g.

$$PMF (\%) = \frac{P_i - P_f}{P_i} \cdot 100 \quad [1]$$

Dónde: PMF: pérdida de masa fresca (%); P<sub>i</sub> masa inicial (masa de la fruta en el día de la aplicación del tratamiento); P<sub>f</sub>: masa final (masa en el día de la evaluación).

### **Apariencia externa (AE)**

Se evaluó a través del porcentaje del área dañada del fruto por una escala de valores de 0 a 5, grados según Aghdam et al. (2013). Los frutos con valores iguales o superiores a cuatro fueron

considerados impropios para consumir. Se observó, en la apariencia externa: depresiones, manchas y manifestaciones de enfermedades.

- Grados 1: sin deterioración;
- Grados 2: hasta 5 % de área dañada;
- Grados 3: hasta 10 % de área dañada;
- Grados 4: hasta 15 % de área dañada;
- Grados 5: mayor que 15 % de área dañada.

#### **Índice de color de la cascara (CC)**

Este índice fue determinado cada cuatro días, por 16 días, siguiendo una escala visual de acuerdo con cinco estadios de maduración, que garantiza la homogeneidad de la coloración, o grado de maduración. Esta escala visual varía de "1" a "5" con las características visuales del fruto con relación al color amarillo, que caracterizan el proceso de maduración, denominado índice de color de la cascara, metodología propuesta por Ceagesp, (2015).

- Estadio 1: fruto con hasta 15% de la cascara amarilla.
- Estadio 2: fruto con hasta 15 a 25 % de la cascara amarilla.
- Estadio 3: fruto con hasta 25 a 50 % de la cascara amarilla.
- Estadio 4: fruto con hasta 50 a 75 % de la cascara amarilla.
- Estadio 5: fruto con hasta 75 a 100 % de la cascara amarilla.

#### **Determinación del pH**

El pH, se determinó con un potenciómetro digital previamente calibrado con disoluciones patrones de pH 7,0 y 4,0. Se utilizó una muestra de 10 ml de jugo de fruta diluida en 90 ml de agua destilada.

#### **Sólidos solubles (SS)**

Se utilizó un refractómetro digital modelo RTD-45 y el resultado expresado en ° Brix (Pereira *et al.*, 2016). Se utilizó una muestra de 10 ml de jugo de la fruta diluida en 90 ml de agua destilada.

#### **Acidez titulable (AT)**

Se determinó a través de la disolución de una muestra de 10 ml de jugo de papaya en 90 ml de agua destilada (agitar bien la mezcla) y con ayuda de una pipeta se transfirió 10 ml de líquido de la mezcla para un balón y llevado el volumen hasta 100 ml, adicionando tres o cinco gotas de fenolftaleína a 1,0 %. Se efectuó la titulación con disolución de hidróxido de sodio (NaOH 0,1M) hasta la aparición de la coloración rosa. Se determinó el porcentaje de acidez por la fórmula (2).

$$AT (\%) = \frac{\text{volumen de NaOH (ml)} \cdot N \text{ de NaOH} \cdot 100 \cdot F}{\text{Masa de la muestra (ml)}} \quad [2]$$

Dónde: AT:acidez titulable (%); N: concentración de hidróxido de sodio (NaOH); f: factor de acidez (%)



### Tiempo de vida útil

La vida útil de la fruta fue determinada en función del número de días necesarios para que los frutos tengan el estadio de maduración cinco, en condiciones de sanidad y apariencia adecuada para el consumo.

### Procesamiento estadístico

Los datos referidos y las variables estudiadas, fueron analizados estadísticamente con el *software* SPSS 23.0. Se determinó la distribución normal según la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y la estadística de *Levene* para comprobar la homogeneidad de varianza. Se aplicó la prueba de intervalos múltiples de *Tuckey* para un nivel de significación de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Pérdida de masa fresca (PMF)

La PMF aumentó gradualmente en todos los tratamientos post-cosecha en el transcurso del periodo de almacenamiento, siendo este aumento menos pronunciado en los frutos almacenados con cobertura (tabla 1). Todos los frutos con cobertura presentaron PMF significativamente menor en relación a los sin cobertura, durante 16 días de almacenamiento. Los tratamientos donde se utilizó la cobertura de almidón de yuca difieren significativamente del control, en todas las observaciones. Se destacó con menor porcentaje de pérdida los tratamientos C y D, no existiendo diferencias estadísticas entre sí, durante los primeros ocho días de almacenamiento, a partir de 12 días el tratamiento D (3 % almidón) manifestó los mejores resultados con diferencias significativas con el resto de los tratamientos.

Tabla 1: Pérdida porcentual de masa de papaya con y sin cobertura durante el período de almacenamiento

Tratamientos	Peso inicial (g) medio	Días en que se tomaron la muestra			
		4 días (PMF %)	8 días (PMF %)	12 días (PMF %)	16 días (PMF %)
		Medía ± S	Medía ± S	Medía ± S	Medía ± S
A	875	3,11 ± 0,3 c	4,53 ± 0,3 c	6,19 ± 0,2 d	9,29 ± 0,3 d
B	905	2,59 ± 0,2 b	3,60 ± 0,2 b	4,40 ± 0,3 c	4,90 ± 0,2 c
C	925	2,10 ± 0,1 a	2,92 ± 0,2 a	3,50 ± 0,3 b	3,83 ± 0,2 b
D	928	2,03 ± 0,2 a	2,70 ± 0,2 a	3,10 ± 0,2 a	3,50 ± 0,2 a
Esx	-	0,072	0,109	0,179	0,340
CV (%)	-	14,3	13,8	16,2	16,5

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de *Tukey* ( $p \leq 0,05$ ).

La tendencia observada es un incremento en la pérdida de peso, siendo mayor en las muestras sin cobertura. A los ocho días de almacenamiento del fruto, existió una pérdida de peso (PMF) de 1,2 a 1,6 veces menos en los tratamientos revestidos que en el control, esta tendencia se mantiene hasta los 16 días que alcanzo una diferencia de 1,9 a 2,6 veces menos pérdida de peso. Fernández *et al.*, (2017) señalo que en muestras de papaya con cobertura de almidón al 3 % se obtienen mejores propiedades de retención de vapor de agua y la pérdida de peso está directamente relacionada con la tasa de transpiración de los productos frescos. La papaya se comercializa por unidades de peso, y la pérdida del mismo resulta un menor rendimiento. Perdidas de peso por

encima de 5 % es suficiente para el deterioro de la papaya y con frecuencia está perdida es negligencia de la cadena de comercialización.

Los frutos del tratamiento A (control) serían considerados impropios al consumo a partir de doce días de almacenamiento, en cuanto a los frutos revestidos con almidón de yuca a los 16 días de almacenamiento, el porcentaje de pérdida fue inferior a 6 % considerados frutos propios al consumo a los 16 días de almacenamiento.

Al hacer un análisis de regresión entre las variables dependiente (PMF) y la independiente (tiempo de almacenamiento). Se encontró que el modelo que más se ajustó fue lineal con tendencia positiva (coeficiente de determinación, superior a 0,96 y un  $p \leq 0,05$  para los cuatro tratamientos). Con esta función de regresión (tabla 2) se puede estimar las PMF en función del porcentaje de cobertura. Se destacó el tratamiento D ( $PMF=1,63+0,48x$ ) que las pérdidas son de 0,48 % por cada día de almacenamiento, mientras que en el control ( $PMF=0,73+2,02x$ ) estas pérdidas son de 2,02 %. El tratamiento B ( $PMF=1,94+0,77x$ ) con 0,77 % de pérdida y el tratamiento C ( $PMF=1,645+0,57x$ ) con solo 0,57 % de pérdidas.

La tendencia observada es un incrementó en las PMF durante el almacenamiento, siendo mayor en el tratamiento control. Se observa que a los ocho días de almacenamiento el fruto tiene PMF de 1,2 a 1,6 veces menor en los tratamientos con cobertura respecto al control, esta tendencia se mantiene hasta los 16 días que alcanzó una diferencia de 1,9 a 2,6 veces menos pérdidas.

Tabla 2: Modelo ajustado de la pérdida porcentual de masa de la papaya con y sin revestimiento durante el período de almacenamiento.

Tratamientos	Modelo ajustado ( $y = a + bx$ )	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )
A	$PMF = 0,73 + 2,02x$	0,96
B	$PMF = 1,94 + 0,77x$	0,98
C	$PMF = 1,645 + 0,577x$	0,96
D	$PMF = 1,63 + 0,48x$	0,98

### Apariencia externa (AE)

Con relación a la apariencia externa, se observó un aumento del deterioro de los frutos, en el tratamiento control, con el avance del período de almacenamiento, siendo menor en los tratamientos con cobertura, como se muestra en la "Fig. 1". Sin embargo, con el aumento del período de almacenamiento en los tratamientos donde se utilizó cobertura la diferencia fue progresivamente reducida para los tratamientos B y C (1 y 2 %) durante los cuatro y ocho días de almacenamiento, más existió diferencia significativa en relación a los frutos tratados con 3% (tratamiento D). A partir de los doce días existió diferencia significativa entre todos los tratamientos. El tratamiento D presentaba índices menores de deterioro durante el tiempo de almacenamiento. Se constató, por tanto, que el almidón 3% presento eficiencia en la conservación de los frutos, siendo eficaz en controlar las deterioraciones.

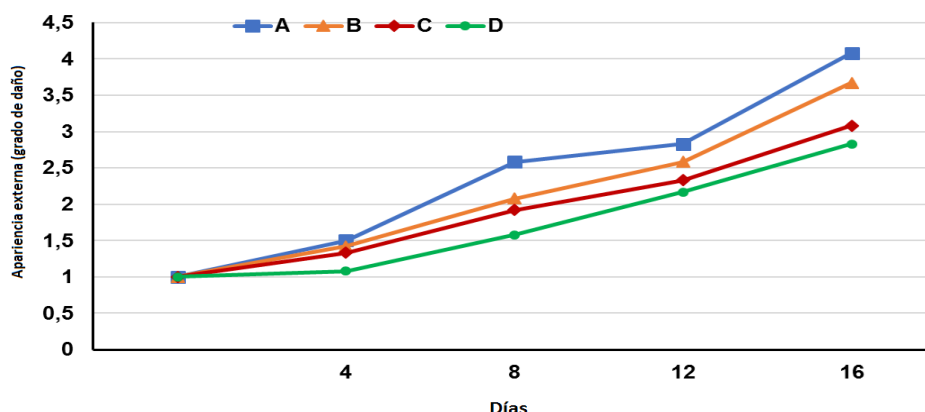


Figura 1: Apariencia externa de las frutas en función del tiempo de almacenamiento.

A partir del análisis de regresión se encontró que el modelo que más se ajustó es el lineal con incidencia positiva (tabla 3) y una relación muy fuerte (coeficiente de determinación, superior a 0,94 y  $p \leq 0,05$ ), por eso existe relación estadística significativa entre las variables en estudio para un nivel de confianza de 95 %. Con estas funciones de regresión lineal se pueden estimar la apariencia externa (AE) y en función del porcentaje de almidón que se utilice como cobertura durante el almacenamiento. En el tratamiento D que difiere significativamente del resto de los tratamientos, se observa que las AE son de 0,47 grados de daño por cada cuatro días de almacenamiento, en cuanto las de control son de 0,74 grados de daño.

Tabla 3: Apariencia externa (AE) media de la papaya durante el tiempo de almacenamiento.

Tratamiento	Media de la AE (grado de daño) durante almacenamiento (Media $\pm$ S)	Modelo ajustado ( $y = a + bx$ )	Coefficiente de determinación ( $R^2$ )
A	2,75 $\pm$ 0,8 c	AT = 1,51 + 0,749x	0,96
B	2,43 $\pm$ 0,9 b	AT = 0,2 + 0,65x	0,97
C	2,16 $\pm$ 0,7 b	AT = 0,384 + 0,516x	0,98
D	1,91 $\pm$ 0,7 a	AT = 0,307 + 0,475x	0,94
Esx	0,213	-	-
CV (%)	12,8	-	-

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Índice de color de la cascara (CC)

El índice de color de la cascara de los frutos durante los días de almacenamiento, presentado en la "Fig. 2" con valor medio inicial 1. Se observa que el índice de color de la cascara tiende a aumentar con los días de almacenamiento. El tratamiento sin cobertura, los frutos control presentan media significativa superior a los demás tratamientos, indicando mayor maduración durante el almacenamiento. A los doce días el tratamiento A ya tenía entre un 50 a 75 % de superficie de la cascara amarilla, mientras que el tratamiento con cobertura solo tenía de 25 a 50 % de color amarillo. Los que frutos que presenten más de 50 % de la cascara con coloración amarilla están óptimos para comercialización.

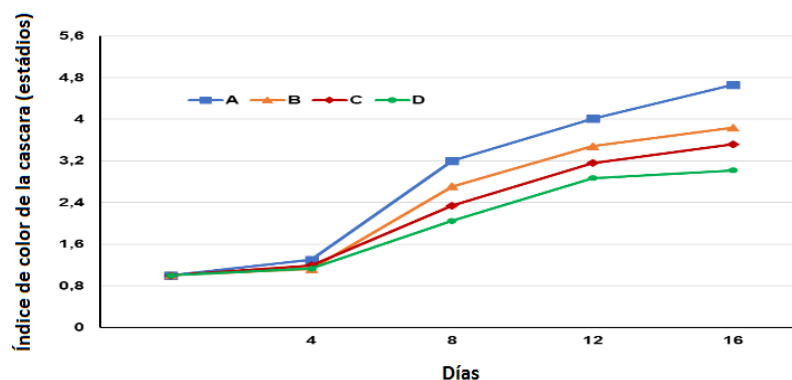


Figura 2: Índice de color de la cascara de papaya en función del tiempo de almacenamiento. El tratamiento control a los 16 días de almacenamiento ya se presentaban con 75 a 100 % de la superficie de los frutos amarillos, aproximándose al estadio avanzado de maduración, con pigmentos oscuros y marrones en la superficie de los frutos, característicos de la aparición de hongos y depresiones en la cascara. Castricini (2019), observaron resultados similares con concentración de almidón al 3 % y atribuyeron este comportamiento al efecto positivo del almidón de yuca que colaboró para mayor retención de clorofila, consecuentemente, mayor concentración de CO<sub>2</sub> y menor de O<sub>2</sub> y de etileno en la pulpa del fruto, ayudando a reducir las tasas metabólicas. En la tabla 4 se puede observar que el tratamiento D (3 % almidón) difiere significativamente del resto con una media 1,4 veces inferior que el tratamiento control. Los revestimientos del 1% y 2% de almidón no difieren entre sí, más se observa que existe una disminución de la pigmentación anaranjada de la cascara de ambos frutos. El nivel crítico o nivel de significación (*Sig.*) es menor que el prefijado en la investigación, con un coeficiente de variación (CV) de 18,1 % bajo estas condiciones. Las medias para el color de la cascara obtenidas en este trabajo indican que existió una reducción en la degradación de la clorofila en la cascara, pero sin perjuicio a la coloración final de los frutos. Song et al., (2018), afirman que uno de los principales indicativos del punto de cosecha de la fruta bomba es la alteración en el color de la cascara.

Tabla: 4: Media de índice de color de la cascara (CC) en 16 días de almacenamiento de los frutos de la papaya con y sin revestimiento con almidón de yuca.

Tratamientos	Estadio de maduración inicial	Media da CC (estadios de maduración) (Media ± S)	95% intervalo de confianza para las medias	
			Límite inferior	Límite superior
A	1,0	3,29 ± 1,4 c	1,30	4,66
B	1,0	2,79 ± 1,2 b	1,12	3,84
C	1,0	2,55 ± 1,0 b	1,19	3,52
D	1,0	2,27 ± 0,8 a	1,13	3,02
Esx	-	0,277	-	-
CV (%)	-	18,1	-	-

*Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Los estadios de maduración preferidos por los consumidores para la compra de esta fruta son el 2 y 3. En el estudio realizado por Sond et al. (2018) los consumidores de supermercados relataron preferir frutos en los estadios de maduración entre 1 y 3. El color de la cascara es la característica

más utilizada para evaluar el estado de maduración de las frutas de la papaya. Las recomendaciones para la cosecha se apoyan en el cambio del color verde oscuro a verde claro y la aparición de tonos amarillos en el extremo distal.

### pH

De acuerdo con la tabla 5 las muestras control en todo el periodo de almacenamiento tuvo un aumento del pH y en las muestras con cobertura una disminución del pH. Pinto *et al.* (2016) explican que la razón del aumento de la acidez titulable simultáneamente con la disminución del pH puede ser debido a la mayor actividad metabólica en el pico climatérico característico de la fruta bomba, lo que llevaría la síntesis de ácidos orgánicos de la fruta y que mayores valores de pH se deben probablemente a la reducción de la actividad metabólica durante el climaterio.

Tabla 5: Valores de pH de la papaya con y sin revestimiento con almidón de yuca

Tratamientos	pH medio inicial	Días de las muestras				Media ± S
		4 días	8 días	12 días	16 días	
A	5,40	5,65	5,85	5,90	6,20	5,90 ± 0,2 c
B	-	5,35	5,20	5,15	5,30	5,20 ± 0,1 b
C	-	5,34	5,08	4,92	5,02	5,09 ± 0,1 ab
D	-	5,03	4,95	4,60	4,80	4,80 ± 0,1 a
Esx	-	-	-	-	-	0,108
CV (%)	-	-	-	-	-	15,3

Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Los aumentos de pH ocurridos a lo largo del almacenamiento son atribuidos al contenido de ácido orgánico que, normalmente, disminuyen con la maduración como resultado del proceso respiratorio o de su conversión en azúcares, además de la ocurrencia de algunas actuaciones como precursores del ciclo de Krebs, donde sufren procesos oxidativos, principalmente cuando estos lleguen a la completa maduración (Podshivalovet *al.*, 2017). Según estos autores, con la maduración, las frutas pierden rápidamente la acidez, más, en algunos casos, hay un pequeño aumento en los valores con el avance de la maduración; lo que justifica las oscilaciones de pH ocurridas en los tratamientos con revestimiento.

### Sólidos solubles (SS)

Los SS, son indicativos del contenido de la acumulación de azúcares durante la maduración. Con la maduración el contenido de sólidos solubles (SS) tiende a aumentar (Songet *al.*, 2018). Este comportamiento se observó en la muestra control, variando de forma discreta (tabla 6). Puede ocurrir un decrecimiento en los sólidos solubles durante el almacenamiento, que se justifica por el consumo de substratos en el metabolismo respiratorio de la fruta. Las frutas recubiertas con filmes presentaron menores contenidos de sólidos solubles que los frutos control durante todo el periodo evaluado (días de almacenamiento). Similar comportamiento fue observado por Castricini, (2019) en muestras de control de papaya con biofilmes de almidón de yuca al 3 % por igual periodo y almacenadas a temperatura ambiente y de refrigeración a 12 °C.

Tabla 6: Valores de sólidos solubles de la papaya con y sin revestimiento con almidón de yuca

Tratamientos	°Brix medio inicial	Días de la muestra				Modelo ajustado ( $y = a + bx$ )
		4 días	8 días	12 días	16 días	
					Media	

A	12,1	12,58	12,85	13,20	14,80	13,35 ± 0,6 b	SS = 11,60 + 0,701x
B	-	12,12	11,50	11,80	12,30	11,93 ± 0,3 a	SS = 11,72 + 0,084x
C	-	13,20	12,75	12,30	12,10	12,58 ± 0,4 ab	SS = 13,52 - 0,375x
D	-	12,80	12,55	12,41	12,05	12,42 ± 0,5 ab	SS = 13,05 - 0,25x
Esx	-	-	-	-	-	0,189	-
CV (%)	-	-	-	-	-	17,6	-

*Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

En la tabla 6 se muestra la interacción entre las variables dependiente (SS) y la independiente (tiempo de almacenamiento). A partir del análisis de regresión se encontró que el modelo que más se ajustó es el lineal con tendencia positiva en el tratamiento A y B y con una tendencia negativa en el tratamiento C y D con una relación muy fuerte (coeficiente de determinación, superior a 0,92). En los tratamientos A y B se incrementa en 0,7 y 0,084 °Brix cada cuatro días que se toman las muestras, en cuanto que en los tratamientos C y D disminuyen los SS en 0,37 y 0,25 °Brix. Esta tendencia se explica que con el uso de la cobertura que, reduce la tasa de respiración y consigo el proceso de maduración.

El proceso de maduración mantiene una dinámica de acuerdo a un fruto climatérico que se hace evidente el no incremento de los SS a medida que se prolonga la etapa de almacenamiento "Fig. 3". Los sólidos solubles representan bien la maduración de los frutos, significando que un elevado contenido en SS indica mayor grado de maduración del fruto. Este parámetro es utilizado por muchos autores, así como la causa entre sólidos solubles totales y acidez titulable como una característica que refleja la calidad sensorial de los frutos, siendo conocida también como índice de maduración.

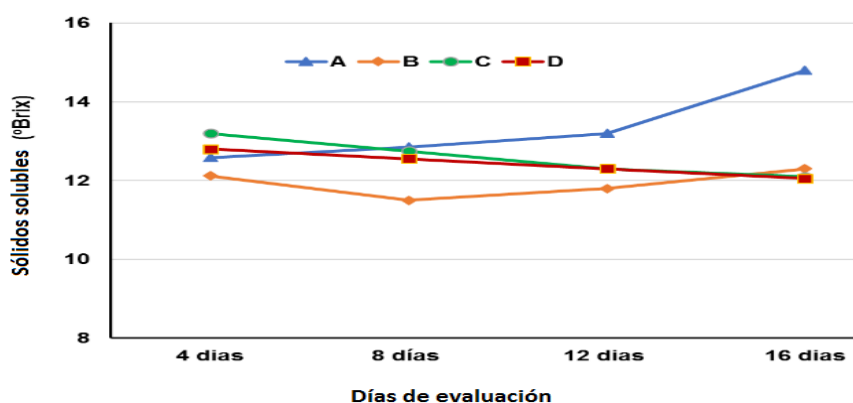


Figura 3: Sólidos solubles (°Brix) de la papaya en función del tiempo de almacenamiento

#### Acidez titulable (AT)

Durante la maduración de la papaya, ocurre un ligero aumento en la acidez de la pulpa, que se debe, probablemente, a la formación de ácido galacturónico, en consecuencia, de la hidrólisis de la pectina por las enzimaspectinametilsterasa y poligalacturonasa. Se verifica por la "Fig. 4" que todos los tratamientos presentaron un incremento de la AT en los primeros cuatro días después de una reducción a lo largo del almacenamiento en los que se usó cobertura, que puede ser

probablemente una consecuencia de la reducción de la actividad respiratoria, no así para el tratamiento control, las reducciones donde se utilizó almidón fue mayor y ocurrieron hasta los ocho días, siendo menor en el tratamiento B y C (1 y 2 %), en el tratamiento D esta reducción fue de 1,08 y 1,02 veces a los doce y dieciséis días respecto al contenido de acidez de los ocho días.

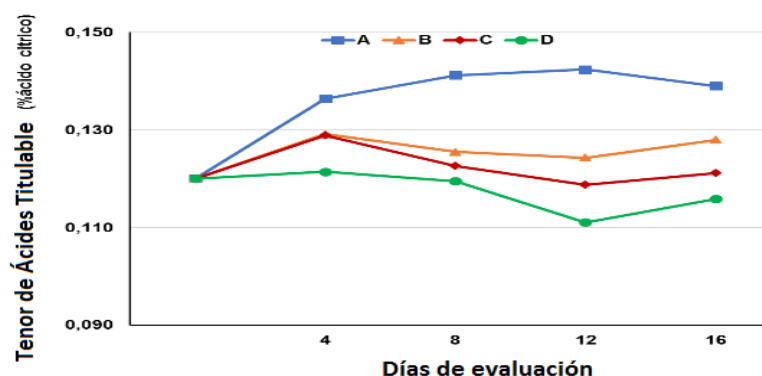


Figura 4: Evaluación del contenido de acidez titulable de la papaya en función del tiempo de almacenamiento.

Según describe Fernández et al., (2017) la acidez aumenta con la maduración de los frutos hasta llegar a un 75 % de la superficie amarilla; a partir de ahí, los niveles decrecen, excepto en el interior del mesocarpio, donde la acidez titulable aumenta hasta que el fruto este completamente amarillo. El comportamiento del tratamiento A coincide con los resultados obtenidos por Song et al., (2018) que describieron que el aumento de la acidez se explica por la formación de ácido galacturónico en el proceso de degradación de la pared celular durante la maduración de la papaya, y a la relación inversa con el pH, que a la medida que se incrementa el pH disminuye la AT y viceversa.

En la tabla 7 se destaca los valores medios del contenido de acidez titulable en 16 días de almacenamiento, donde los tratamientos con filmes de 2 a 3 % de concentración de almidón no difieren significativamente entre sí en todos los periodos de almacenamiento, lo que evidencia menores oscilaciones en los tratamientos por la acción del filme. En el tratamiento D la variable AT presento una variación en relación con el control de 1,21 veces menor y de 1,08 a 1,05 veces en relación a los otros tratamientos donde se utilizó el almidón de yuca. Esta tendencia permite afirmar que las concentraciones impidieron el avance de la maduración de los frutos, visto que, la disminución de la acidez está asociada al consumo de los ácidos en el proceso respiratorio en la ocurrencia de la maduración.

Tabla 7: Media de evaluación del contenido de acidez titulable en 16 días de almacenamiento de los frutos de la papaya con y sin revestimiento con almidón de yuca.

Tratamientos	Media de AT (% ácido cítrico) durante almacenamiento (Media ± S)	95 % intervalo de confianza para las medias	
		Límite inferior	Límite superior
A	0,142 ± 0,005 c	0,133	0,139
B	0,127 ± 0,002 b	0,123	0,130
C	0,123 ± 0,004 ab	0,116	0,129

D	0,117 ± 0,004 a	0,109	0,124
Esx	0,00262	-	-
CV (%)	11,2	-	-

*Letras no comunes difieren según la prueba de rangos múltiples de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

#### **Tiempo de vida útil**

Todas las concentraciones de almidón de yuca prolongaron la vida útil de la papaya, proporcionando aumentos de días en estadios de maduración inferior que los frutos sin revestir. Ciertamente, los tratamientos con almidón formaron una barrera sobre la superficie de los frutos, reduciendo su cambio gaseoso y retardando sus procesos metabólicos de maduración. Siendo la pérdida de masa fresca una variable de comportamiento típicamente lineal, considerándose para el tiempo de almacenamiento, además de eso, los frutos tratados con quitosana permanecieron con coloración verde por mayor tiempo y, en esta condición perderan más masa que los maduros, debido a las mayores tasas de respiración y transpiración de los frutos más verdes.

#### **CONCLUSIONES**

El filme comestible de almidón de yuca al 3 % resultó ser una buena alternativa para la conservación de la papaya durante el almacenamiento, consiguió retardar cambios en variables fisicoquímicas como: pérdida de masa fresca, reducción de sólidos solubles, pH y disminuyó la acidez titular, con el cual se mantiene la calidad del fruto hasta 16 días.

El recubrimiento a base de almidón de yuca prolonga el tiempo de vida útil de la papaya, manifestándose durante los 16 días de almacenamiento con estadios de maduración inferiores a los frutos no tratados para este periodo, además de mejorar la apariencia externa.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

19. Aghdam, M.; Sevillano, L.; Flores, F.; Bodbodak, S. (2013). Heat shock proteins as biochemical markers for postharvest chilling stress in fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, Amsterdam, v. 160, n. 1, p. 54–65.
20. Castricini, A. (2019). Aplicação de revestimentos comestíveis para conservação de mamões (Carica papaya L.) 'Golden'. Tese (Doutorado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. p. 117.
21. CEAGESP. Folheto mamão Fitolito – Ceagesp. (2015). Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/mamão.pdf> > Acesso em nov. 2018.
22. Chávez S. (2015). Obtención de almidón modificado a partir de tres cultivares de musáceas.
23. Colivet, J., & Carvalho, R. A. (2017). Hydrophilicity and physicochemical properties of chemically modified cassava starch films. *Industrial Crops and Products*, 95, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.018>



24. Deniz, D., González, M. y Mesa, M. (2020). Efecto del almidón de yuca en la conservación de la (Carica papaya L.) en la post-cosecha, *Revista Infociencia*, Vol.24. No 2 mayo-dic, ISSN 1029-5186.
25. Fernández, M., Echeverría, N., Mosquera, A., & Paz, P. (2017). Estado actual del uso de recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas – Current status of the use of edible coatings in fruit and vegetables. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 15(2), 134–141. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(15\)134-141](https://doi.org/10.18684/BSAA(15)134-141)
26. Pereira, M.; Silva, A.; Bispo, A.; Santos, D.; Santos, S.; Santos, V. (2016). Amadurecimento de mamão formosa com revestimento comestível à base de fécula de mandioca. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.30, n.6, p. 1116 -1119.
27. Pinto, L.; Martins, M.; Resende, E; Almeida, R.; Vitorazi, L. e Pereira, S. (2016). Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos (Brazil)*. 26(4): p.744-748.
28. Podshivalov, A., Zakharova, M., Glazacheva, E., & Uspenskaya, M. (2017). Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.10.079>
29. Song, X., Zuo, G., & Chen, F. (2018). Effect of essential oil and surfactant on the physical and antimicrobial properties of corn and wheat starch films. *International Journal of Biological Macromolecules*. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.114>

## **ANTICUERPO MONOCLONAL QUE RECONOCE LA IGT RECOMBINANTE Y NATIVA DE LA TILAPIA DEL NILO (*Oreochromis niloticus*)**

*MONOCLONAL ANTIBODY THAT RECOGNIZES THE RECOMBINANT AND NATIVE IGT FROM NILE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)*

**Maylin Pérez-Bernal**\*MSc. <https://orcid.org/0000-0002-3769-4857>;

**Onel Valdivia Pérez**\*MSc. <https://orcid.org/0000-0002-3905-6877>

Departamento de Investigación-Desarrollo, Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de Sancti Spíritus, Cuba.

### **Resumen**

Los anticuerpos monoclonales (AcMs) se aplican en diversos métodos inmunológicos dentro de las ciencias veterinarias. Se han generado AcMs contra inmunoglobulinas séricas de peces. En la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), uno de los peces comestibles más producidos en el mundo, la IgM es la inmunoglobulina más abundante, pero la IgT está más especializada en la inmunidad mucosal y no existen AcMs que la reconozcan y que sustenten estudios inmunológicos en esta especie. En este trabajo se generó un AcM específico contra la IgT de *O. niloticus*. Se inmunizaron ratones BALB/c con péptidos sintéticos conjugados a KLH. El ratón con mayores títulos de anticuerpos recibió dosis de refuerzo del péptido más inmunogénico y sus esplenocitos se fusionaron a células de mieloma P3X63Ag8.653. Los hibridomas secretores de AcMs específicos se pesquisaron mediante ELISA contra el péptido conjugado a BSA, contra IgT recombinante y nativa y contra la IgM, y se clonaron por dilución limitante. Un clon altamente secretor demostró su especificidad contra la IgT recombinante y nativa y no tuvo reactividad cruzada con la IgM. Este AcM fue purificado mediante cromatografía de afinidad a proteína A y podrá utilizarse para evaluarlos efectos protectores de vacunas contra patógenos que afectan el cultivo de la tilapia.

**Palabras clave:** anticuerpo monoclonal, ELISA, IgT, hibridoma, tilapia

### **ABSTRACT**

Monoclonal antibodies (AcMs) are involved in immunological methods applied in veterinary sciences. AcMs have been generated against serum immunoglobulins of fish including tilapia species, one of the most extensively, produced food fish in the world. In Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) the IgM is the most abundant immunoglobulin, but IgT is more specialized for mucosal immunity and there are no AcMs that recognize it and that support the understanding of tilapia immune response. In this work we aimed to generate an AcM that specifically recognized the IgT from *O. niloticus*. BALB/c mice were immunized with synthetic peptides conjugated to KLH. Mouse with highest antibody titers was boosted with the most immunogenic peptide. Splenocytes from the mouse were fused with P3X63Ag8.653 myeloma cells. Hybridomas secreting specific AcMs were screened by ELISA against BSA-conjugated peptide, against recombinant and native IgT and against IgM, and they were cloned by limiting dilution. A highly secretory clone demonstrated its specificity against recombinant and native IgT and was not cross-reactive with IgM. This AcM was

purified by protein A affinity chromatography and it can be used in the evaluation of protective effects of vaccines against pathogens that affect the tilapia culture.

**Keywords:** ELISA, IgT, hybridoma, monoclonal antibody, tilapia

## 1. INTRODUCCIÓN

Debido a su alta especificidad y afinidad, los anticuerpos monoclonales (AcMs) son herramientas poderosas para una amplia gama de métodos inmunológicos, como el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA) y los procedimientos de inmunotransferencia, y análisis de antígenos en las ciencias médicas y veterinarias, así como en las opciones diagnósticas y terapéuticas para el seguimiento y el tratamiento de enfermedades (Holzlöhner y Hanack, 2017).

Los AcMs que reaccionan específicamente con inmunoglobulinas proporcionan un dispositivo eficaz para evaluar la producción de anticuerpos después de una infección o vacunación (Mohanty et al., 2020). Se han producido AcMs contra inmunoglobulinas séricas de una gran variedad de animales marinos y de agua dulce, incluidas las especies de tilapia, uno de los peces comestibles más producidos en el mundo. Las especies de tilapia se incluyen en el grupo de los teleósteos, que tienen tres isotipos de inmunoglobulinas séricas (IgM, IgD e IgT), tienen linfocitos B y T y reaccionan ante los patógenos al inducir respuestas de anticuerpos específicos contra un antígeno (Flajnik, 2018). En la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*), la IgM es el isotipo de inmunoglobulina más abundante. Velázquez y colaboradores (2021) produjeron y caracterizaron un AcM contra la cadena pesada de esta IgM utilizando una estrategia basada en péptidos. Los péptidos sintéticos se aplican ampliamente como antígenos para generar anticuerpos, como un enfoque ventajoso para evitar la reacción cruzada con otras inmunoglobulinas (Jirapongpaioj et al., 2017). En los teleósteos la IgT está más especializada para la inmunidad mucosal (Velázquez et al., 2021). Recientemente, Fu et al. (2021) desarrollaron un AcM contra la IgT de un pez perciforme, la corvina amarilla grande (*Larimichthys crocea*), utilizandocomo inmunógeno la región CH2 de la cadena pesada de IgT de este pez. El AcM anti-IgT murino obtenido reconoció específicamente la IgT en los tejidos de la mucosa. Sin embargo, en el caso de la tilapia del Nilo, no existen informes acerca de la generación de AcMs que reconozcan específicamente la IgT y que respalden el análisis de la respuesta inmunológica en esta especie.

En el presente trabajo se generó y purificó por primera vez un AcM que reconoce la IgT de la tilapia del Nilo. En este contexto se evaluó la especificidad del AcM generado frente a las formas recombinante y nativa de la IgT, y su capacidad dediscriminar entre los isotipos IgM e IgT. La cromatografía de afinidad a proteína A se utilizó para purificar este nuevo anticuerpo, que será útil para estudiar el sistema inmunológico humoral de la tilapia y los efectos protectores de las vacunas en esta especie.

## 2. DESARROLLO

Para la realización de este trabajo se utilizaron los siguientes antígenos, suministrados por el Departamento de Biotecnología Animal del Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología de La Habana:

- Tres péptidos sintéticos e inmunogénicos (p62, p63 y p64) con secuencias de aminoácidos localizadas en el fragmento CH2 de la cadena pesada de tilapia del Nilo IgT. Los péptidos se usaron conjugados a KLH (KeyholeLimpetHemocyanin) para la inmunización de ratones y a BSA (Albúmina de Suero Bovino) para el cribado de hibridomas mediante ELISA.

- Fragmento de IgT recombinante, producido como una proteína de fusión a una cola de seis Histidinas en la cepa de *Escherichiacoli* BL21 (DE3) como sistema hospedero.
- IgT nativa, obtenida del moco epitelial de la tilapia del Nilo de forma similar a la descrita por Xuet *al.* (2013).
- IgM del suero de tilapia del Nilo, purificada según Velázquez *et al.* (2021).

El esquema de inmunización se aplicó en quince ratones BALB/c de siete semanas de edad con un peso corporal entre 20 y 25 g, proporcionados por el Centro Nacional de Producción de Animales de Laboratorio. Antes de iniciar el esquema se recogieron muestras de sangre de cada ratón para utilizarlas como sueros control pre-inmunizados.

Se utilizaron los péptidos sintéticos conjugados a KLH para tres inmunizaciones subcutáneas de los ratones (cinco ratones para cada péptido) con un intervalo de 28 días entre ellas. En la primera inmunización, se inyectaron 60µg de cada inmunógeno con adyuvante completo de Freund (Sigma-Aldrich), mientras que en la segunda y tercera inmunizaciones se utilizó adyuvante incompleto de Freund (Sigma-Aldrich) con 30µg de inmunógeno.

Cuatro semanas después de la tercera inmunización, se extrajo sangre a los ratones para la titulación sérica de anticuerpos específicos por ELISA, siguiendo el protocolo descrito por Pérez-Bernal *et al.* (2021) con las siguientes modificaciones: las placas se recubrieron con tres antígenos diferentes: 10 µg/ml de cada péptido conjugado con BSA, 10µg/ml del fragmento de IgT recombinante o tres diluciones (1:2, 1:4 y 1:8) de moco epitelial con IgT nativa. Los sueros de los ratones inmunizados se diluyeron en serie de 1:250 a 1: 28000, con 2 como factor de dilución, excepto para el ELISA utilizando el moco epitelial como antígeno de recubrimiento, donde se aplicó una única dilución de suero de 1:50.

El ratón con los títulos séricos más altos se inyectó intraperitonealmente con 50µg del péptido correspondiente conjugado a KLH y disuelto en PBS estéril (NaCl 0,137M, KCl 2,7mM, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 10mM, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 1,8mM, pH 7.4), 3 días antes de la esplenectomía.

Los hibridomas se obtuvieron mediante el método descrito por Kohler y Milstein (1975). Se usaron linfocitos del bazo del ratón y células de mieloma de ratón de la línea P3X63Ag8.653 en crecimiento exponencial, para realizar la fusión celular con una solución de polietilenglicol al 50% (p/v) (Sigma, Hybri-Max). Las células se distribuyeron en placas de cultivo de 96 pocillos, se resuspendieron en medio de selección RPMI-HAT (Sigma, Hybri-Max) con 20% de suero fetal bovino. Las placas se incubaron a 37°C en una atmósfera de CO<sub>2</sub> al 5%. Después de 10 días, el sobrenadante de los pocillos con hibridomas en crecimiento se analizó mediante el ELISA descrito anteriormente utilizando 10µg/ml del péptido conjugado a BSA o 10µg/ml del fragmento de IgT recombinante, de IgT nativa del moco epitelial de tilapia o de IgM, adsorbidos a la fase sólida, para la detección de anticuerpos específicos anti-IgT de tilapia. Los pocillos con valores de absorbancia por encima de 1.000 se clonaron mediante el método de dilución limitante (Quiroz y Tsao, 2016) a razón de una célula por pocillo.

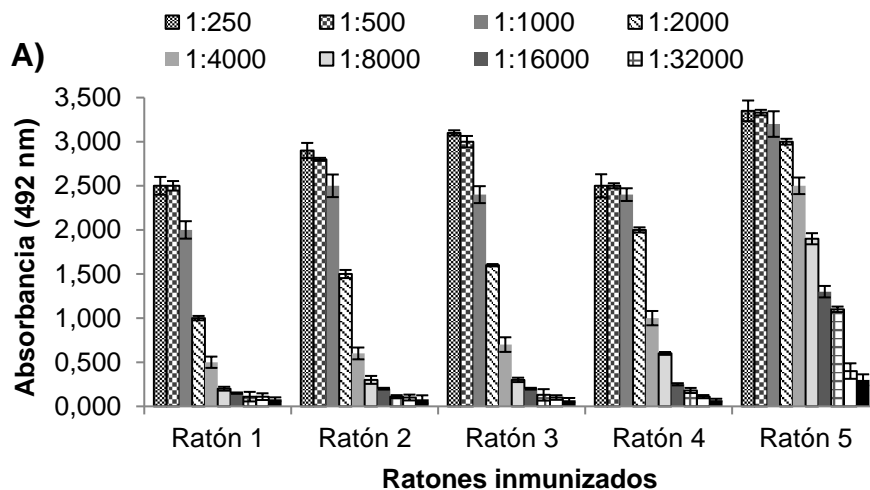
La clase (IgM, IgA o IgG) y la subclase de IgG (IgG1, IgG2a, IgG2b o IgG3) del AcM presente en el sobrenadante del cultivo del clon de hibridoma se identificaron con un kit comercial de isotipaje (Sigma-Aldrich), siguiendo las instrucciones del fabricante.

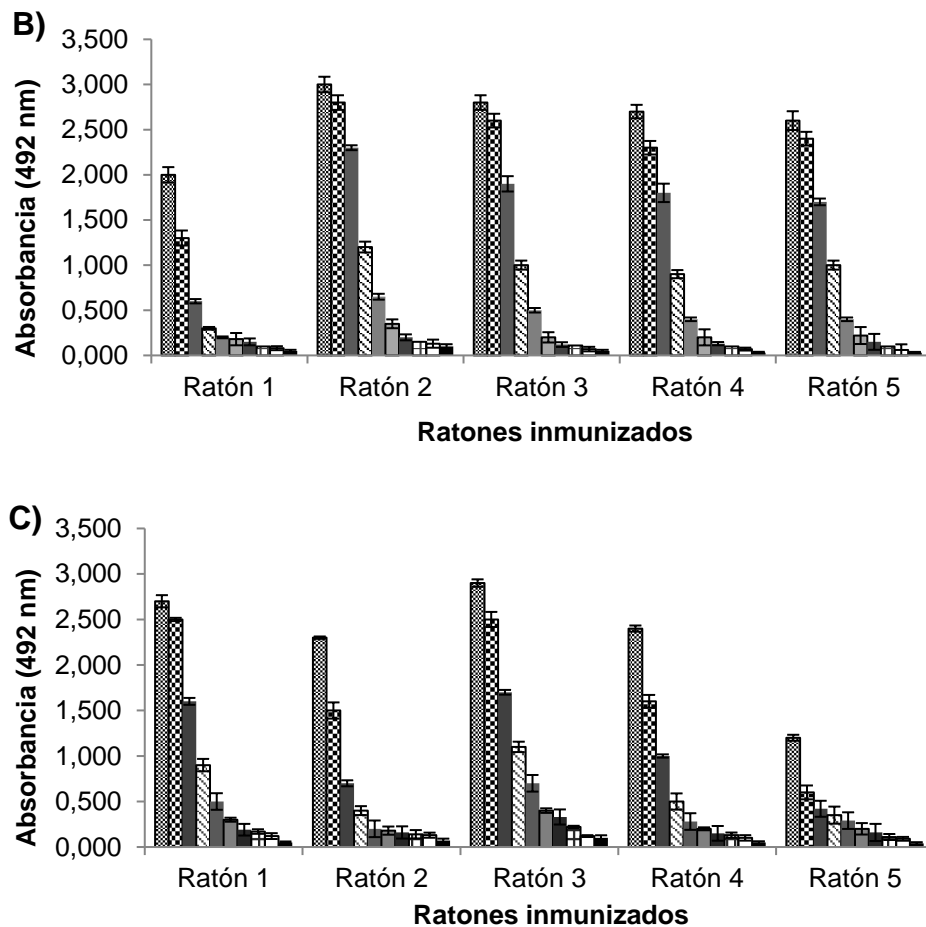
Para la producción a mayor escala y posterior purificación del AcM generado, las células de la hibridoma seleccionado se lavaron en medio RPMI-1640 (Sigma, Hybri-Max), se centrifugaron a

180 × g durante 10 min y se resuspendieron en medio RPMI-1640, hasta una concentración de 1x10<sup>6</sup> células/mL. La suspensión celular se inyectó por vía intraperitoneal a 20 ratones BALB/c, 1 ml por ratón. El peritoneo de los ratones se estimuló con aceite mineral parafínico diez días antes de la inyección. Siete días después, se extrajo el líquido ascítico mediante punción del peritoneo y se clarificó mediante centrifugación a 1125 × g durante 30 min.

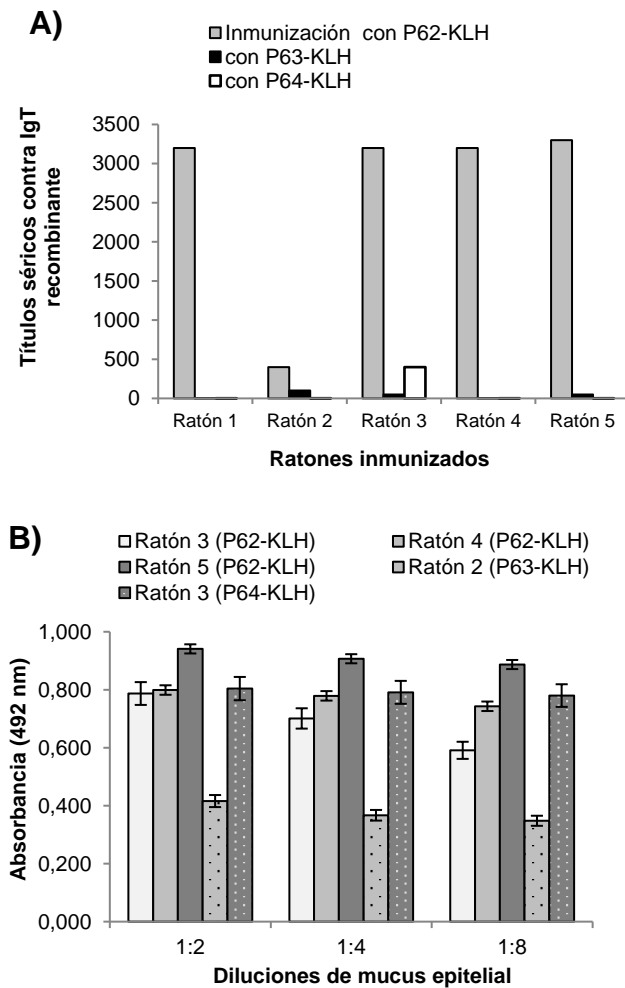
La ascitis se filtró a través de lana de vidrio, se precipitó con 50% (p/v) de sulfato de amonio y se centrifugó durante 30 min a 6000 × g. Se resuspendió el sedimento en glicina 1,5M, NaCl 3M, pH 8,9 y se cargó en una matriz de flujo rápido de nProteína A Sefarosa empaquetada en una columna C10/10 con 8,5 cm de altura. La elución se llevó a cabo con tampón citrato pH 3,0. El perfil cromatográfico se comprobó midiendo la absorbancia a 280 nm. El eluato se neutralizó con Tris-HCl 2M y se dializó en Tris-HCl 20mM, NaCl 150mM, pH 7,0 durante 16 h, y luego se filtró a través de una membrana de 0,2µm. Se añadió una concentración final de 0,02% (v/v) de timerosal como conservante del AcM purificado. La purificación se chequeó mediante una electroforesis en un gel desnaturizante de poliacrilamida al 12,5% con dodecilsulfato de sodio al 2% (SDS-PAGE).

Como muestra la figura 1, todos los ratones inmunizados alcanzaron títulos de anticuerpos en suero y no se detectaron en los sueros control pre-inmunizados. El mejor resultado del esquema de inmunización se obtuvo en los ratones inmunizados con P62-KLH. El suero del quinto ratón de este esquema mostró valores de absorbancia superiores a 1.000 en el rango de dilución entre 1: 250-1: 32000 (Figura 1A). Los ratones inmunizados con P63-KLH y P64-KLH mostraron valores de absorbancia inferiores a 1.000 desde la dilución 1:2000 en adelante (Figuras 1B, C).





**Figura 1.** Resultados de la titulación por ELISA de sueros de ratones después de tres inmunizaciones con péptidos sintéticos de IgT conjugados a KLH. Las placas de ELISA se recubrieron con los péptidos: **(A)** P62-BSA; **(B)** P63-BSA; **(C)** P64-BSA. Se muestra la absorbancia promedio (492 nm)  $\pm$  desviación estándar para muestras duplicadas. Cuando el fragmento de IgT recombinante fue adsorbido a la fase sólida, el ELISA confirmó el reconocimiento de los anticuerpos presentes en sueros de ratones inmunizados con P62-KLH (Figura 2A), mayoritariamente en el ratón número cinco, lo que coincidió con los resultados anteriores de las titulaciones de suero utilizando P62-BSA como antígeno de recubrimiento. Se revelaron hallazgos similares cuando la placa ELISA se recubrió con tres diluciones de moco epitelial de tilapia que contenía IgT nativa: en el suero del ratón número cinco, incluido en el esquema de inmunización con P62-KLH, se encontraron los valores de absorbancia más altos (Figura 2B). Por tanto, el péptido P62 fue el más inmunogénico y se seleccionó el quinto ratón de este esquema como fuente de esplenocitos para obtener los hibridomas.



**Figura 2.** Reactividad de los sueros de ratones contra las formas recombinante y nativa de IgT de tilapia del Nilo. **(A)** La placa de ELISA se recubrió con un fragmento de IgT recombinante. **(B)** La placa de ELISA se recubrió con la IgT nativa del moco epitelial y se aplicaron sueros murinos diluidos 1:50.

Al fusionar esplenocitos de ratón con células de mieloma, todos los hibridomas producidos pueden secretar AcM contra todo el repertorio que constituye la respuesta inmune del ratón (Machado, 2017); por tanto, la población de hibridomas obtenida tras la fusión fue heterogénea. En el presente trabajo, como consecuencia de la fusión celular, de 960 pozos sembrados, se observaron 361 pozos con crecimiento de las células fusionadas, para una eficiencia de fusión del 37,6%. Los porcentajes de eficiencia de fusión entre 35 y 60% se consideran satisfactorios (Amin et al., 2015).

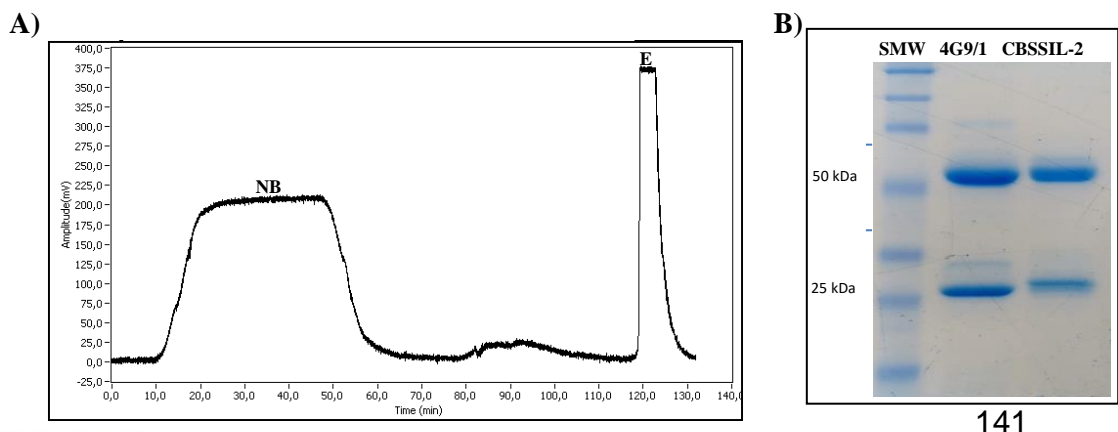
El cribado ELISA inicial de los sobrenadantes del cultivo de hibridoma encontró 264 pocillos que reaccionaron solamente con P62-BSA, y de ellos 9 que reaccionaron con el fragmento de IgT recombinante y con la IgT nativa. Un ensayo ELISA posterior confirmó 8 pocillos que reaccionaron con los tres antígenos y ninguno reconoció la IgM, por lo que no se evidenció reactividad cruzada con este isotipo de inmunoglobulina. Estos pocillos fueron clonados y se volvieron a analizar mediante ELISA, hasta asegurar la monoclonalidad cuando todos fueran positivos al ensayo. El

método de dilución limitante aplicado para el clonaje y el análisis microscópico del crecimiento celular, buscando los pocillos que contenían una sola colonia del hibridoma de interés, fueron las herramientas utilizadas para lograr la monoclonalidad. Está descrito que algunos hibridomas pierden su capacidad de producir anticuerpos o sus funciones básicas para la viabilidad celular, y pueden ser más eficientes metabólicamente y dominar el cultivo (Trejos y Castaño, 2012). Para evitar la multiplicación de estos híbridos no secretores, se realizó la clonación por dilución limitante inmediatamente después de evaluar los sobrenadantes de los hibridomas positivos. Después del clonaje, el hibridoma designado 4G9/1 se seleccionó como el clon secretor único que reaccionó fuerte y establemente con el P62-BSA, con el fragmento de IgT recombinante y con la IgT nativa, y no tuvo reactividad cruzada con la IgM.

Estos resultados demostraron que el AcM secretado por el hibridoma 4G9/1 reconoció el epitopo correspondiente a la IgT de tilapia del Nilo en condiciones nativas, igualmente en su forma recombinante. Esto sugiere que la pérdida de la estructura tridimensional de los péptidos, que puede ocurrir en el contexto de la proteína y es la principal desventaja de la inmunización con péptidos sintéticos (Velázquez et al., 2021), no afectó la competencia del AcM para reconocer la IgT en su forma nativa. Además, como no se evidenció reactividad cruzada entre el AcM anti-IgT generado y la IgM de la tilapia del Nilo, se asume que este AcM puede discriminar entre IgT e IgM y podría ser un recurso útil para estudios diferenciales entre ambos isotipos de inmunoglobulina en esta especie de tilapia.

La clase y subclase de la inmunoglobulina producida por la línea celular de hibridoma 4G9/1 se determinó usando un kit de isotipaje de inmunoglobulina de ratón mediante ELISA, que reveló que el AcM es del isotipo IgG2b.

Una vez que se aisló el clon de hibridoma, la producción de AcM en ascitis de ratón fue simple, eficiente y reproducible y esa es la principal ventaja asociada a este proceso *in vivo* (Parray et al., 2020). En este trabajo, el hibridoma se incluyó en una producción y purificación de AcM a mayor escala para satisfacer las demandas de los próximos estudios inmunológicos que se realizarán en la tilapia del Nilo. El AcM generado se purificó a partir de ascitis de ratón mediante cromatografía de afinidad a proteína A, uno de los sistemas de purificación por afinidad más empleados. El eluato se obtuvo con 10 mg de IgG total (1,9 mg de IgG/ml de matriz de Proteína A). En el cromatograma se observó un pico de elución correspondiente a una fracción de alta pureza del AcM (Fig. 3A). La absorbancia de la fracción no absorbida reveló que la clarificación de la ascitis, su filtración a través de lana de vidrio de 0,45  $\mu\text{m}$  y la posterior precipitación con sulfato de amonio fueron pasos que contribuyeron a la alta pureza del AcM eluido.





**Figura 3. (A)** Cromatograma de purificación por afinidad a proteína A del anticuerpo monoclonal anti- IgT de tilapia. NB: proteínas que no se adhieren a la matriz. E: elución del anticuerpo monoclonal a pH 3,0. **(B)** Electroforesis en un gel desnaturante de poliacrilamida al 12,5% con dodecilsulfato de sodio al 2%. SMW: Estándar de peso molecular de rango amplio (Biorad). 4G9/1: anticuerpo monoclonal anti- IgT purificado por cromatografía de afinidad a proteína A. CBSSIL-2: anticuerpo monoclonal anti-interleucina2 (control).

La purificación del AcM obtenido se evaluó mediante la SDS-PAGE que se muestra en la Figura 3B. Las cadenas pesada y ligera fueron claramente visibles a 50 y 25 kDa en el carril correspondiente al AcM 4G9/1, lo que indica la purificación de una molécula de anticuerpo. El tercer carril del gel mostró el anticuerpo usado como control con el mismo isotipo del AcM purificado y exhibió un perfil idéntico de cadenas pesadas y ligeras de IgG.

Según el análisis SDS-PAGE, el AcM 4G9/1 se obtuvo con una pureza superior al 95%, resultado similar al obtenido por Pérez-Bernal et al. (2021) en la purificación de AcM generados contra el péptido antimicrobiano Oreoch-2, donde también se aplicó la precipitación con sulfato de amonio de la ascitis clarificada. Este es uno de los pasos más importantes para mejorar el procedimiento de purificación, ya que los anticuerpos pierden su solubilidad en la ascitis a través de un proceso de salado y los contaminantes, como la albúmina y la transferrina, permanecen en la fracción soluble y se reduce su interacción con la matriz de proteína A que se emplea en la purificación. El sulfato de amonio es especialmente útil como precipitante porque es altamente soluble, estabiliza la estructura de la proteína, tiene una baja densidad, está fácilmente disponible y es relativamente económico.

### 3. Conclusiones

1. Este trabajo informa la generación por vez primera de un AcM que reconoce específicamente las formas recombinante y nativa de la IgT de la tilapia del Nilo.
2. El AcM generado no presenta reactividad cruzada con la IgM, lo que significa que es capaz de discriminar entre los isotipos IgM e IgT.
3. Este anticuerpo fue purificado exitosamente y podrá aplicarse en la evaluación de los efectos protectores de las vacunas contra patógenos que afectan el cultivo de la tilapia.

### 4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amin, N., Reyes, N., Camacho, F., Otero, O., Cuello, M., y otros. (2015). Generation of a murine monoclonal antibody to capsular polysaccharide Vi from *Salmonella Typhi*. *VacciMonitor*, 24, 57-63.
- Flajnik, M. (2018). A cold-blooded view of adaptive immunity. *Nature Reviews Immunology*, 18, 438–453.
- Fu, Q., Wei, Z., Chen, Y., Xie, J., Zhang, X., y otros. (2021). Development of monoclonal antibody against IgT of a perciform fish, large yellow croaker (*Larimichthys crocea*) and characterization of IgT + B cells. *Developmental and Comparative Immunology*, 119, 104027.
- Holzlohner, P., Hanack, K. (2017). Generation of murine monoclonal antibodies by hybridoma technology. *Journal of Visualized Experiments*, 119, e54832.

- Jirapongpaioj, W., Hirono, I., Kondo, H. (2017). Development and evaluation of polyclonal antisera for detection of the IgM heavy chain of multiple fish species. *Journal of Immunological Methods*, 449, 71–75.
- Kohler, G., Milstein, C. (1975). Continuous cultures of fused cells secreting antibody of predefined specificity. *Nature*, 256, 495–497.
- Machado, Y. (2017). Characterization of functional and specific monoclonal antibodies against ADAM-17, Memory to qualify for the Degree of Doctor, Complutense University of Madrid, pp.85.
- Mohanty, S., Makesh, M., Rajendran, K., Suresh Babu, P., Anand, D., y otros. (2020). Production and characterization of monoclonal antibodies against immunoglobulins of *Cirrhinus mrigala* (Hamilton 1822). *Indian Journal of Fisheries*, 67, 55-61.
- Parray, H.A., Shukla, S., Samal, S., Shrivastava, T., Ahmed, S., y otros. (2020). Hybridoma technology a versatile method for isolation of monoclonal antibodies, its applicability across species, limitations, advancement and future perspectives. *International Immunopharmacology*, 85, 106639.
- Pérez-Bernal, M., Valdivia, O., Blanco, R., Pérez, J., Domínguez, A., y otros. (2021). Murine monoclonal antibodies against the antimicrobial peptide Oreoch-2 from tilapia (*Oreochromis niloticus*). *International Journal of Scientific Research in Biological Sciences*, 8, 32-35.
- Quiroz, J., Tsao, Y.S. (2016). Statistical analysis of data from limiting dilution cloning to assess monoclonality in generating manufacturing cell lines. *Biotechnology Progress*, 32, 1061–1068.
- Trejos, J., Castaño, J. (2012). Production of monoclonal antibodies against cysteine protease 5 of *Entamoeba histolytica*. *Revista MVZ Córdoba*, 17, 3014-3023.
- Velázquez, J., Rodríguez, A., Aragón, H., Haidar, A., González, M., y otros. (2021). Monoclonal antibody against Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) IgM heavy chain: A valuable tool for detection and quantification of IgM and IgM+ cells. *Fish and Shellfish Immunology*, 110, 44–54.
- Xu, Z., Parra, D., Gómez, D., Salinas, I., Zhang, Y.A., y otros. (2013). Teleost skin, an ancient mucosal surface that elicits gut-like immune responses. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 13097-13102.

## **CRECIMIENTO DE CEPAS DE *LACTOBACILLUS* SP AISLADAS DE INTESTINO DE ABEJAS EN MEDIOS ALTERNATIVOS.**

GROWTH OF LACTOBACILLUS SP STRAINS ISOLATED FROM THE INTESTINE OF BEES IN ALTERNATIVE MEDIUM.

Juan Emilio Hernández-García<sup>1</sup>

José Antonio Rodríguez Díaz<sup>2</sup>

Lairen Yaima Gómez Valdivia<sup>3</sup>

María de los Ángeles Leal del Ojo Blanco<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Doctor en Medicina Veterinaria. Doctor en Ciencias Veterinarias. Profesor Titular. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Medicina Veterinaria, Sancti Spíritus, Cuba. Correo electrónico: [juanemilio@uniss.edu.cu](mailto:juanemilio@uniss.edu.cu), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7408-4601>

<sup>2</sup> Médico Veterinario. Especialista del Laboratorio de Referencia para Investigaciones y Salud Apícola (LARISA), Sancti Spíritus, Cuba. Correo electrónico: [diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu](mailto:diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6451-5627>

<sup>3</sup> Médico Veterinario. Especialista del Laboratorio de Referencia para Investigaciones y Salud Apícola (LARISA), Sancti Spíritus, Cuba. Correo electrónico: [diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu](mailto:diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9319-1111>

<sup>4</sup> Tecnóloga. Especialista del Laboratorio de Referencia para Investigaciones y Salud Apícola (LARISA), Sancti Spíritus, Cuba. Correo electrónico: [diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu](mailto:diagnostico@larisa.ulcesa.minag.gob.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4906-3080>

### **Resumen**

El trabajo se realizó en el Laboratorio de Referencia para Investigaciones y Salud Apícola, Sancti Spíritus, Cuba; la investigación tuvo como objetivo la evaluación del crecimiento de cepas de *Lactobacillus* sp aisladas de intestino de abejas en medios de cultivo alternativos, utilizando como indicadores indirectos de crecimiento bacteriano los cambios de pH y acidez de los medios. Los resultados de laboratorio mostraron que el medio a base de diferentes proporciones de suero lácteo y residual de la línea de ablandamiento del grano de soya (50, 75, 90 y 100 % v/v de residual líquido de soya-RLS), se influyó por la presencia de lactosa, expresado en la disminución del pH y la elevación de la acidez; siendo las proporciones más efectivas las de 50, 75 y 90 % (v/v), donde a las 12 h difieren los valores de los diferenciales de pH con los de la leche de soya (0.553, 0.500 y 0.470 vs 0.183), mientras que los valores de los diferenciales de % de acidez no difieren (7, 11.3 y 3 vs 14.7). Concluyendo que utilizando los cambios de acidez y pH como métodos indirectos de detección del crecimiento bacteriano las mezclas de suero lácteo y residual líquido de soya son alternativas locales de obtención de masa microbiana de cepas de *Lactobacillus* sp.

Palabras clave: Medio de Cultivo, *Lactobacillus*, Soya, Residual.

### Abstract

The work was carried in the Reference Laboratory for Bee Research and Health, Sancti Spíritus, Cuba; the research aimed at evaluating the growth of *Lactobacillus* sp strains isolated from the intestine of bees in alternative culture media, using the changes in pH and acidity of the media as indirect indicators of bacterial growth. The laboratory results showed that the medium based on different proportions of whey and residual from the soybean softening line (50, 75, 90 and 100% v / v of liquid residual soybean-RLS), was influenced by the presence of lactose, expressed in the decrease in pH and the increase in acidity; the most effective proportions being those of 50, 75 and 90% (v / v), where at 12 h the differentials values of the pH differ with those of soy milk (0.553, 0.500 and 0.470 vs 0.183), while that the values of the% acidity differentials do not differ (7, 11.3 and 3 vs 14.7). Concluding that using acidity and pH changes as indirect methods for detecting bacterial growth, mixtures of milk serum and soy residual liquid are local alternatives for obtaining the microbial mass of strains of *Lactobacillus* sp.

**Keywords:** Culture Medium, Lactobacillus, Residual, Soy.

## 1. Introducción

En los últimos años se ha buscado alternativas para promover el crecimiento de los animales a través de una forma más segura, no sólo para el animal, sino también para preservar la salud humana como consecuencia de la antibioresistencia que generan su uso sistemático, este fenómeno favorece la investigación de distintos productos entre los cuales destacan los agentes bioproductos (probióticos, prebióticos y simbióticos), catalogados como productos de origen natural, beneficiosos para la salud, con propiedades biológicas activas y con la capacidad preventiva y terapéutica (Arsène *et al.*, 2021).

En los estudios con animales se utilizan microorganismos cultivados en el laboratorio o probióticos comerciales. En este sentido, los aspectos de mayor importancia son la selección adecuada de la cepa o cepas, el medio de cultivo y las condiciones fermentativas que permitan obtener un alto nivel de viabilidad durante el proceso (Marin-Cárdenas *et al.*, 2020).

En Cuba, a escala industrial, no se producen los aditivos probióticos para animales a pesar de que varios grupos multidisciplinarios de investigación trabajan en esta temática y disponen de microorganismos con estas características (Cossio *et al.*, 2018).

La selección de medios de cultivo adecuados y económicos para las pequeñas producciones y a escala industrial es un aspecto importante en la obtención de probióticos. Santos, (2016), consideran que un medio de cultivo apropiado debe tener péptidos como fuente de nitrógeno, azúcares como fuente de carbono, extracto de levadura como factor de crecimiento, magnesio y manganeso en concentraciones óptimas. Este mismo autor plantea: “cuando se elige un medio de cultivo alternativo, hay que considerar factores como los costos, la capacidad de producir gran número de células y el método de fermentación”.

La generación de subproductos o residuos agroindustriales en las diferentes etapas de los procesos productivos, es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los

casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental (Saval, 2012); sin embargo los mismos son fuentes disponibles de nutrientes (Pérez-López, 2017), que se pueden emplear de forma eficiente como medios naturales para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos con actividad probiótica (Santos, 2016).

El objetivo del trabajo fue comprobar el crecimiento de cepas de *Lactobacillus* sp aisladas de intestino de abejas en diferentes proporciones de suero lácteo y residual líquido del proceso del yogurt de soya como medios alternativos.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1 Área de estudio.

El trabajo experimental se realizará en el Laboratorio de Referencia para Investigaciones y Salud Apícola (LARISA).

### 2.2 Materia prima.

Suero de queso Blanco. El suero lácteo fue obtenido en el área productiva de Queso Blanco, en la etapa de desuere de la masa, el mismo se recolectó (500mL) en frascos de cristal estériles de 1000 mL y refrigerado hasta su utilización. Al suero obtenido se le realizó los análisis establecidos por la Norma Cubana de queso Blanco (NC 78-17, 2003), valorándose la acidez.

Residual de la línea de ablandamiento del grano de soya. La infusión de soya se recolectó del proceso de hidratación y ablandamiento del grano de soya empleado en la fabricación de Soyur; el mismo se recolectó en frascos de cristal estériles (500 mL) y se dejó enfriar a temperatura ambiente y se guardó en refrigeración hasta su utilización. A la infusión de soya se le determinó la acidez, tomando como referencia la Norma Cubana de leche Pasteurizada (NC-71: 2000).

### 2.3 Preparación del medio de cultivo natural (SQ+RLS).

Se utilizó como sustrato una mezcla de residual líquido de la línea de ablandamiento del grano de soya (RLS) y suero de Queso Blanco (SQ) tomando como proporción de partida 50 % (v/v) (Raya-Medina, 2018). A partir de esta proporción se hicieron las diferentes combinaciones (Tabla 1).

Tabla 1. Proporciones de cada residual utilizado en la investigación (SQ+RLS).

Réplicas	Proporciones	Suero de queso blanco (SQ)	Residual líquido de la línea de ablandamiento del grano de soya (RLS)
1	50 % (v/v)	250 mL	250 mL
2	75 % (v/v)	125 mL	375 mL

3	90 % (v/v)	50 mL	450 mL
4	100 %	-	500 mL
5	Control	Leche de Soya	

Las combinaciones se trabajaron en 5 réplicas, agitando durante 5 minutos y sometida a un proceso de esterilización a una temperatura de 120 °C durante 15 min y 1 atmósfera. (Sakura, Rusia); una vez esterilizada la mezcla fue enfriada a una temperatura de 43°C hasta su inoculación.

#### 2.4 Selección de la cepa utilizada, inoculación y fermentación del sustrato.

Se emplearon las cepas fermentativas *Lactobacillus* SS70 y *Lactobacillus* SS73 pertenecientes al Banco de Microorganismos del Departamento de Veterinaria de la Universidad de Sancti Spiritus, José Martí Pérez) (UNISS) y al LARISA.

Posterior a la esterilización de las diferentes proporciones del medio natural (SQ+RLS) se dejó enfriar, atemperado a 37°C, una vez que alcanzó la temperatura óptima de crecimiento se procedió a realizar la inoculación con la simbiosis de gérmenes (*Lactobacillus* SS70 y *Lactobacillus* SS73) al 2,5 % v/v y se incubó a temperatura ambiente °C (Tiempo 0) por 64 h.

A partir del tiempo cero (T0) y a las 12h, 24h, 36h, 48h y 60h se realizó el estudio de crecimiento bacteriano en el tiempo para determinar si las cepas de ensayo (*Lactobacillus* SS70 y *Lactobacillus* SS73), se desarrollaron favorablemente en las diferentes proporciones del medio de cultivo natural (SQ+RLS).

#### 2.5 Análisis físico químico del bioproducto.

A las muestras de cada uno de las réplicas se le determinó en los diferentes tiempos (T0, 12h, 24h, 36h, 48h y 60h) los siguientes indicadores: acidez titulable (%) y pH (NRIAL-173., 2001; NRIAL-174, 2008) (NRIAL-173: 2001 y NRIAL 174: 2008); los cuales son indicadores indirectos del crecimiento de la biomasa microbiana. Para valorar indirectamente el incremento de crecimiento se consideró también los diferenciales de acidez y de pH; donde Diferencial pH/Acidez = pH/Acidez del tiempo de Incubación (Tn) – Tiempo inicial (To).

### 3. Resultados y discusión

En la tabla 2 se presentan los resultados de crecimiento de las cepas de *Lactobacillus* SS70 y *Lactobacillus* SS73 en cada una de las proporciones de suero de queso blanco y residual líquido de la línea de ablandamiento del grano de soya (SQ+RLS); teniendo como referencia los valores de acidez y pH (expresado en % de ácido láctico y valor de pH). Se reconoce que la acidez y el pH son métodos indirecto que se pueden utilizar para la determinación del crecimiento bacteriano (Díaz *et al.*, 2019), cuando se pretende optimizar el medio de cultivo se debe tener en cuenta que la actividad microbiana no solo se afecta por los componentes del medio y sus concentraciones, sino también por las interacciones entre estos (Cossio *et al.*, 2018).

Del procesamiento estadístico de los datos de las diferentes proporciones utilizadas resultó que la acidez (Tabla 2) al tener como patrón la leche de soya no difieren con las siguientes proporciones, T0 50%, T12 50 y 75%, T48 50% y el pH (Tabla 3), solo no difiere de la proporción al 100% en las lecturas de 48 y 60 h, no obstante reflejan a las 60h los valores máximos la concentración del 50 % (v/v) con 128.6 % de ácido láctico, aunque solo existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) cuando se usa el 100% de RLS (24.7 %); el pH más bajo fue en la proporción de 75 % con 3.73, el cual difiere significativamente ( $p < 0.05$ ) de las siguientes proporciones y la leche de soya.

Tabla 2. Comportamiento de la acidez a los diferentes tiempos y proporciones.

Tratamiento	Medias de lecturas de Acidez					
	T-0	T-12	T-24	T-36	T-48	T-60
SQ + RLS						
1- 50 %	27,2 <sup>a</sup> ±0.25	34,7 <sup>b</sup> ±0.05	49,0 <sup>b</sup> ±0.46	70,3 <sup>b</sup> ±0.47	95,3 <sup>c</sup> ±0.015	128,6 <sup>b</sup> ±0.055
2- 75 %	19,6 <sup>b</sup> ±0.05	31,0 <sup>b</sup> ±0.10	42,3 <sup>b</sup> ±0.21	63,7 <sup>b</sup> ±0.25	78,7 <sup>b</sup> ±0.080	96,7 <sup>b</sup> ±0.431
3- 90 %	16,0 <sup>b</sup> ±0.10	19,0 <sup>a</sup> ±0.26	44,3 <sup>b</sup> ±0.49	68,3 <sup>b</sup> ±0.05	74,0 <sup>b</sup> ±0.036	81,7 <sup>b</sup> ±0.030
4-100 %	10,7 <sup>c</sup> ±0.11	14,6 <sup>a</sup> ±0.05	17,7 <sup>a</sup> ±0.21	19,0 <sup>a</sup> ±0.26	23,3 <sup>a</sup> ±0.021	24,7 <sup>a</sup> ±0.015
5- LS	27,7 <sup>a</sup> ±0.21	32,7 <sup>b</sup> ±0.47	67,0 <sup>c</sup> ±0.10	89,0 <sup>c</sup> ±0.56	124,7 <sup>c</sup> ±0.007	131,0 <sup>b</sup> ±0.052

LEYENDA: Las letras desiguales en la misma columna difieren para  $p < 0.05$ .

Tabla 3. Comportamiento del pH a los diferentes tiempos y proporciones del SQ + RLS.

Tratamiento	Medias de lecturas de pH					
	T-0	T-12	T-24	T-36	T-48	T-60
SQ + RLS						
1- 50 %	4,89 <sup>a</sup> ±0.000	4,34 <sup>a</sup> ±0.032	4,25 <sup>a</sup> ±0.005	4,02 <sup>a</sup> ±0.015	3,91 <sup>a</sup> ±0.061	3,74 <sup>a</sup> ±0.030
2- 75 %	5,12 <sup>b</sup> ±0.005	4,62 <sup>b</sup> ±0.078	4,32 <sup>a</sup> ±0.005	3,96 <sup>a</sup> ±0.017	3,92 <sup>a</sup> ±0.053	3,73 <sup>a</sup> ±0.026
3- 90 %	5,34 <sup>c</sup> ±0.020	4,87 <sup>c</sup> ±0.045	4,47 <sup>b</sup> ±0.005	3,99 <sup>a</sup> ±0.005	3,86 <sup>a</sup> ±0.061	3,86 <sup>b</sup> ±0.011
4-100 %	6,08 <sup>d</sup> ±0.021	5,75 <sup>d</sup> ±0.069	5,20 <sup>c</sup> ±0.037	4,91 <sup>b</sup> ±0.044	4,84 <sup>b</sup> ±0.015	4,84 <sup>c</sup> ±0.025
5- LS	6,60 <sup>e</sup> ±0.005	6,44 <sup>e</sup> ±0.158	5,48 <sup>d</sup> ±0.106	5,00 <sup>c</sup> ±0.032	4,87 <sup>b</sup> ±0.025	4,20 <sup>c</sup> ±0.023

LEYENDA: Las letras desiguales en la misma columna difieren para  $p < 0.05$ .

Et: Error típico.

Los valores de los diferenciales de acidez (Tabla 4) que muestran el crecimiento de las cepas estudiadas reflejan que entre las proporciones a las 12 h (T12), no existen diferencias estadísticas ( $p < 0.05$ ) al compararlas con la leche de soya, al igual que a las 24 h (T24) y 36 h (T36), con excepción de la proporción 100% RLS. A las 48h todas difieren de la leche de soya y a T60 solo lo hacen las proporciones de 90 y 100 %. Si se comparan las proporciones entre sí no difieren estadísticamente a excepción de la proporción del 100 % a partir de las 36 h.

El diferencial de pH (Tabla 5) varió igualmente con los tiempos de lectura, y a T12 existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) con la leche de soya a favor de las proporciones 50, 75 y 90 %. A las 36 h (T36) las proporciones de 75, 90 y 100% no difieren de la leche de soya. Entre proporciones solo se observan diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) a partir de T48 en la del 50 %.

Tabla 4. Comportamiento de los diferenciales de acidez de las diferentes proporciones del líquido residual del ablandamiento del grano de soya.

Tratamiento	Medias de diferenciales Acidez				
	T-12	T-24	T-36	T-48	T-60
SQ + RLS					
1- 50 %	7,0 <sup>a</sup> ±0.26	21,3 <sup>ab</sup> ±0.47	42,7 <sup>a</sup> ±0.51	67,7 <sup>b</sup> ±0.011	101,0 <sup>c</sup> ±0.78
2- 75 %	11,3 <sup>a</sup> ±0.05	22,7 <sup>ab</sup> ±0.15	44,0 <sup>a</sup> ±0.26	59,0 <sup>b</sup> ±0.081	83,3 <sup>cb</sup> ±1.75
3- 90 %	3,0 <sup>a</sup> ±0.26	28,3 <sup>ab</sup> ±0.57	52,3 <sup>a</sup> ±0.15	58,0 <sup>b</sup> ±0.045	64,7 <sup>b</sup> ±0.46
4-100 %	4,0 <sup>a</sup> ±0.17	07,0 <sup>ac</sup> ±0.10	08,3 <sup>b</sup> ±0.20	12,7 <sup>a</sup> ±0.015	14,0 <sup>a</sup> ±0.10
5- LS	14,7 <sup>a</sup> ±1.76	44,3 <sup>b</sup> ±2,84	49,3 <sup>a</sup> ±0.0	97,0 <sup>c</sup> ±0.055	112,3 <sup>c</sup> ±1.66

LEYENDA: Las letras desiguales en la misma columna difieren para  $p < 0.05$ .

Et: Error típico.

Tabla 5. Comportamiento de los diferenciales de pH de las diferentes proporciones del líquido residual del ablandamiento del grano de soya.

Tratamiento	Medias de diferenciales pH				
	T-12	T-24	T-36	T-48	T-60
SQ + RLS					
1- 50 %	0,553 <sup>b</sup> ±0.032	0,633 <sup>a</sup> ±0.005	0,873 <sup>a</sup> ±0.015	0,970 <sup>a</sup> ±0.061	1,127 <sup>a</sup> ±0.031
2- 75 %	0,500 <sup>b</sup> ±0.079	0,803 <sup>b</sup> ±0.015	1,163 <sup>ab</sup> ±0.012	1,203 <sup>b</sup> ±0.047	1,393 <sup>c</sup> ±0.032
3- 90 %	0,470 <sup>b</sup> ±0.036	0,853 <sup>b</sup> ±0.057	1,010 <sup>ab</sup> ±0.581	1,477 <sup>c</sup> ±0.075	1,477 <sup>c</sup> ±0.030
4-100 %	0,337 <sup>ab</sup>	0,880 <sup>b</sup>	1,173 <sup>ab</sup>	1,240 <sup>b</sup>	1,247 <sup>b</sup>



	±0.081	±0.050	±0.055	±0.026	±0.038
5- LS	0,183 <sup>a</sup>	1,127 <sup>c</sup>	1,597 <sup>b</sup>	1,730 <sup>d</sup>	1,817 <sup>d</sup>
	±0.144	±0.102	±0.038	±0.026	±0.029

LEYENDA: Las letras desiguales en la misma columna difieren para  $p < 0.05$ .

Et: Error típico.

A partir de las diferentes concentraciones se puede apreciar, que el factor de mayor influencia en la variable respuesta fue la concentración de suero lácteo, lo cual indica que los niveles de lactosa que se utilizaron afectan el nivel de actividad microbiana.

Los lactobacilos requieren medios complejos con diversos aminoácidos, vitaminas, factores de crecimiento y carbohidratos fermentables que estimulan su crecimiento. La formulación del nuevo medio natural se condujo principalmente para la utilización del residual de la línea de ablandamiento del grano de soya que posee alta concentración de nutrientes (Serventi, 2020) con la inclusión de fuentes de carbohidratos y demás componentes del suero lácteo (Gómez, M'Boumba, & Hernández, 2018). Este aporte se realiza para el incremento de los microorganismos probióticos (*Lactobacillus*), quienes necesitan estos nutrientes para su rápido crecimiento.

Se conoce que el suero lácteo posee en su composición lactosa (3.8-4.3 %); estos carbohidratos aportan altas concentraciones de azúcares, los cuales pueden utilizarse por los microorganismos como fuente de energía (Nyokabi *et al.*, 2021). Otros autores como Miranda *et al.*, (2015) utilizaron suero de queso dulce para el crecimiento de *L. acidophilus* y *S. thermophilus*.

(Díaz *et al.*, 2019) propuso un bioproducto utilizando las cepas de *S. thermophilus* SS77 y *L. acidophilus* SS80 y las mismas mostraron capacidad de crecimiento en los medios a base de leche de soya, aunque se hizo más abundante el crecimiento cuando se enriqueció con extracto de levadura.

Luna *et al.*, (2011) estableció una metodología para la incorporación del residual líquido del grano de soya para el crecimiento de micro algas con buenos resultados. Coghetto *et al.*, (2016) en su investigación sobre el crecimiento y actividad fermentativa de cepas de *L. plantarum* BL011 aisladas de queso Serrano, utilizó un medio de cultivo alternativo libre de proteína animal donde incluyó residuo líquido ácido de la obtención de proteína de soya. Los resultados mostraron la posibilidad de incluir ese sustrato como una alternativa para producir probióticos, sin ingredientes derivados de animales, logrando obtener concentraciones altas de la biomasa en birreactores con costos minimizados.

Beret, (2018), siguiendo el mismo principio de utilizar residuos agroindustriales evaluó medios de cultivo más económico para la producción de biomasa de *Lactobacillus paracasei* 90, incluyendo el residual líquido proveniente de la obtención de proteína de soya, concluyendo que este residual puede ofrecer un comportamiento como medio de cultivo base para fermentos lácticos a un costo competitivo y con gran potencial de aplicación en quesería.

El residual de la línea de ablandamiento del grano de soya presenta en su composición entre 16 y 20 % de Nitrógeno Total (Kurup, 2020), por lo que constituye una alternativa para la incorporación de fuentes nitrogenadas en medios alternativos.

Raya-Medina, (2018) incluyó en su investigación sobre el uso en terneros de un bioproducto desarrollados en residuos de la industria láctea, el residual líquido obtenido de la línea de ablandamiento del grano de soya, en el proceso de producción de yogurt de soya. El trabajo incluyó combinación del 50 % (v/v) del residual de la línea de ablandamiento del grano de soya con el suero lácteo. Los resultados fueron comparables con los obtenidos con el yogurt de leche de soya al utilizar como variable de interés la acidez; Giró-Letourneaut (2019), utiliza estas mismas proporciones en su trabajo de obtención de un biopreparado con cepas de *Lactobacillus acidophilus* SS80 y *Streptococcus thermophilus* SS77 mostrando buen crecimiento en los tiempos evaluados.

Los valores de pH de las diferentes proporciones del 50, 75 y 90 % (v/v) del medio de cultivo (SQ+RLS) disminuyó a valores por debajo de 4.5 en 24h, lo que se corresponde con otros estudios donde las cepas de lactobacilos redujeron el pH a valores  $\leq 5,5$  en 24h (Jurado-Gómez *et al.*, 2014). La tolerancia a bajo pH son propiedades esenciales requeridas por las bacterias ácido lácticas para sobrevivir en el tracto digestivo y expresar sus propiedades benéficas. Con estas características de calidad las cepas incluidas en el ensayo tendrán mayores efectos ya que se conoce que la mayoría de los enteropatógenos inhiben su crecimiento en valores cercanos a un pH de 5,5.

#### 4. Conclusiones

Se obtienen niveles de crecimiento de las cepas evaluadas (*Lactobacillus* SS70 y *Lactobacillus* SS73) en las diferentes proporciones de suero lácteo y residual líquido de la línea de ablandamiento del grano de soya y la presencia de lactosa incrementa la población de *Lactobacillus*, expresado en la disminución del pH y la elevación de la acidez; siendo las proporciones más efectivas las de 50, 75 y 90% (v/v). En cuanto a los tiempos de incubación se puede ajustar a las 12 o 24 h donde se alcanzan diferenciales de acidez y pH que no difieren con la leche de soya.

#### Bibliografía

- Arsène, M. M., Davares, A. K., Andreevna, S. L., Vladimirovich, E. A., Carime, B. Z., Marouf, R., & Khelifi, I. (2021). The use of probiotics in animal feeding for safe production and as potential alternatives to antibiotics. *Veterinary world*, 14(2), 319.
- Beret, M. V. (2018). Medio de cultivo económico para la producción de biomasa de *Lactobacillus paracasei* 90. *Disponible* <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8080/colecciones/bitstream/handle/123456789/9035/R131.pdf> Consultado: 15 de julio 2020.

- Coghetto, C. C., Vasconcelos, C. B., Brinques, G. B., & Ayub, M. A. Z. (2016). Lactobacillus plantarum BL011 cultivation in industrial isolated soybean protein acid residue. *brazilian journal of microbiology*, 47(4), 941-948.
- Cossio, D. S., Hernández, Y. G., & Mendoza, J. (2018). Development of probiotics for animal production Experiences in Cuba Desarrollo de probióticos destinados a la producción animal: experiencias en Cuba. *Rev Ciencias Agrícolas*, 52(4).
- Díaz, J. R., García, J. H., & Rizzo, L. (2019). Evaluación en Cuba de un medio de cultivo alternativo para recuento en placa de Lactobacillus spp. *InfoCiencia*, 23(2), 24-35.
- Giró-Letourneaut, D. (2019). Bioproducto probiótico desarrollado en residuos de la industria láctea para uso en terneros lactantes. (Trabajo de diploma). Departamento de Agronomía Facultad de Ciencias Agropecuaria Universidad de Sancti Spíritus, "José Martí Pérez". .
- Gómez, M., M'Boumba, A., & Hernández, O. (2018). Aprovechamiento de suero de queso en yogur de soya: Use of cheese whey in soy yogurt. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 28(1), 32-35.
- Jurado-Gámez, H., Andrés-Martínez, Magdalena-Chaspuengal, A., & Y., Y.-C. F. (2014). Evaluación in vitro de la acción de Lactobacillus plantarum con características probióticas sobre Yersinia pseudotuberculosis. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12, 49-59.
- Kurup, G. G. (2020). *Treatment of dairy wastewater and recovery of organic solids and salts*. RMIT University.
- Luna, L. G., Álvarez, I., & Rivero, R. (2011). Cultivo de Chlorella vulgaris sobre residual de soja con la aplicación de un campo magnético. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2), 27-38.
- Marin-Cárdenas, A., Mbengue, C., Miranda-Yuquilema, J. E., & Artilés, E. N. (2020). Efecto de un biopreparado probiótico sobre el comportamiento productivo y la salud de ternero. *Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal*, 4(1 Ene-Abr), 68-75.
- Miranda, O. F., P.L. Ponce, I. Borges, M. Cutiño, M. Díaz, R. M. Miranda, M. Ramírez, R. . (2015). Evaluación de bacterias probióticas en suero de queso fermentado para la alimentación de cerdos en crecimiento. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 22(2).
- NRIAL-173. (2001). Productos de soya métodos de ensayo. La Habana, Cuba.
- NRIAL-174. (2008). Yogur de soya aromatizado requisitos de calidad. La Habana, Cuba.
- Nyokabi, S., Luning, P. A., de Boer, I. J., Korir, L., Muunda, E., Bebe, B. O., . . . Oosting, S. J. (2021). Milk quality and hygiene: knowledge, attitudes and practices of smallholder dairy farmers in central Kenya. *Food Control*, 108303.
- Pérez-López, E. (2017). Mejora de la funcionalidad de Okara de soja por tratamiento simultáneo con altas presiones hidrostáticas y enzimas alimentarias Improvement of the functionality soybean okara by simultaneous treatment with high hydrostatic pressure and food-grade enzymes.
- Raya-Medina, R. (2018). Evaluación probiótica en terneros de un bioproducto desarrollados en residuos de la industria láctea (Trabajo de diploma). .

*Departamento de Agronomía. Facultad de Ciencias Agropecuaria.  
Universidad de Sancti Spíritus, "José Martí Pérez".*

Santos, M. (2016). Probiotic cell cultivation. . *Advances in Probiotic Technology*, 45.

Saval, S. (2012). Aprovechamiento de residuos agroindustriales: pasado, presente y futuro. *BioTecnología*, 16(2), 14-46.

Serventi, L. (2020). Soaking Water Composition *Upcycling Legume Water: from wastewater to food ingredients* (pp. 27-39): Springer.

**EFFECTO DEL ESTRÉS SALINO EN EL CULTIVO DE *ORYZA SATIVA L*:  
ARTÍCULO DE REVISIÓN**

**EFFECT OF SALT STRESS ON *ORYZA SATIVA L* CULTIVATION: REVIEW  
ARTICLE**

**AUTORES**

Liuder Isidoro Rodríguez Coca<sup>1</sup>. Ing. Agrónomo. Profesor Instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”.Cuba. . (<https://orcid.org/0000-0002-4404-5601>)

Marcos Tulio García González<sup>2</sup>. Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”Cuba. (<https://orcid.org/0000-0002-1115-9311>)

Janet Jiménez Hernández<sup>3</sup>.Doctor en Ciencias. Profesor Titular. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”.Cuba. (<https://orcid.org/0000-0003-1631-6539>)

Marcia María Rodríguez Jáuregui. Lic. Farmacia. Profesor instructor. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí”. Cuba. (<https://orcid.org/0000-0002-4709-5460>)

Correo: [liuder@uniss.edu.cu](mailto:liuder@uniss.edu.cu)

**RESUMEN**

El presente trabajo se realizó con el objetivo de documentar los efectos de la salinidad en la fisiología el cultivo del arroz. Se realizó una revisión sistemática artículos científicos publicados en prestigiosas revistas, así como tesis de doctorales procedentes de varias universidades. Se analizaron disímiles estudios realizados a nivel mundial sobre este tema. La afectación de salinidad en los suelos es debido una excesiva acumulación de sales solubles. Sin embargo, NaCl es considerada la causa primaria de salinización de los suelos, porque es abundante en la mayoría de los mismos y por su alta solubilidad; el mismo puede afectar perjudicialmente los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares de los cultivos agrícolas. En el mundo se realizan numerosos experimentos con el objetivo de mitigar este estrés, siendo el uso de bioproducto agrícolas una alternativa que gana importancia en la actualidad.

**Palabras clave:**

SALINIDAD, FISIOLOGÍA, ARROZ.

## **ABSTRACT**

The present work was carried out with the aim of documenting the effects of salinity in physiology rice cultivation. A systematic review was performed scientific articles published in prestigious magazines, as well as doctoral theses from several universities. Dismembered studies were analyzed worldwide on this topic. The affectation of salinity in soil is due to an excessive accumulation of soluble salts. However, NaCl is considered the primary cause of salinization of soils, because it is abundant in most of them and for its high solubility; It can harm the physiological, biochemical and molecular processes of agricultural crops harmful harmful. In the world, numerous experiments are carried out with the aim of mitigating this stress, being the use of agricultural bioproduct an alternative that is important at present.

**Keywords:** SALINITY, PHYSIOLOGY, RICE

## **INTRODUCCIÓN**

El arroz es el segundo cereal más cultivado y la fuente primaria de alimentación millones de personas. Su consumo aumentó con el paso de los años a medida que crece la población. Desafortunadamente, la productividad de este cultivo no incrementa al ritmo requerido para satisfacer la demanda, debido a la decreciente fertilidad el suelo, el pobre manejo de los recursos del mismo, el incremento de la incidencia de patógenos y la acumulación de sustancias fitotóxicas(Mishra *et al.*, 2015).

La afectación de salinidad en los suelos es por una excesiva acumulación de sales solubles. Sin embargo, NaCl es considerada la cusa primaria de salinización de los suelos, porque es abundante en la mayoría de los suelos y por su alta solubilidad (Shavrukov *et al.*, 2012).

La salinidad es un factor abiótico que afecta severamente la calidad de las suelos agrícolas y limita las cosechas en la productividad mundial Muchate *et al.* (2016). El exceso en las concentraciones de sal en el suelo y el déficit del recurso agua en la productividad agrícola, induce que campos fértiles se conviertan en marginales, incitando su abandono. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) estima que la salinidad afecta más del 6% del área de la superficie agrícola; la mayoría de dicha superficie no está bajo el cultivo pero, una proporción sustancial del suelo de cultivo el cual constituye 45 millones

de hectáreas con riego y 32 millones de hectáreas de agricultura de suelo seco se encuentra afectada (Munns y Tester, 2008).

El estrés salino puede afectar perjudicialmente los procesos fisiológicos, bioquímicos y moleculares, incluso las relaciones de agua, transpiración, la fotosíntesis, la homeostasis celular, las actividades hormonales y enzimáticas, y los modelos de expresión de gen en las plantas (Yang y Guo, 2018).

En este trabajo se hace una revisión de los principales efectos que tiene la salinidad sódica en el cultivo del arroz.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Diseño y Estrategia de búsqueda**

Se realizó una revisión sistemática de artículos científicos publicados en acreditadas revistas nacionales e internacionales de gran reconocimiento internacional, también se consultaron tesis doctorales procedentes de diversas universidades en el mundo.

Se llevó a cabo una búsqueda en bases de datos internacionales, tales como: Springer, ResearchGate, Sciencedirect, Oxford Academic, Google Scholar y regionales tales como: Scielo y Cultivos Tropicales. Se analizaron publicaciones de artículos científicos, en el contexto internacional y nacional. Se investigaron las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados con el fin de rescatar otros estudios potencialmente incluibles para la revisión.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Efecto de la salinidad en el crecimiento y desarrollo de las plantas.**

El estrés salino influye directamente en la reducción de la masa fresca y seca de las raíces, tallos y hojas (Chartzoulakis y Klapaki, 2000). La misma afecta casi todas las etapas de crecimiento y desarrollo de las plantas, en la germinación, en la fase vegetativa y la fase reproductiva. El impacto negativo de dicho estrés es más visible en la fase reproductiva. Los principales efectos negativos en esta fase están la muerte de algunos tejidos, el aborto de la floración, y la senescencia del embrión fecundado. Según Seckin *et al.* (2009) puede afectar la actividad enzimática; la síntesis de proteínas, ADN, ARN y la mitosis (Javid *et al.*, 2011).

### **Efecto del estrés salino en la acumulación y participación de materia seca.**

Elevadas concentraciones de sales en el suelo, especialmente cloruros y sulfatos de sodio, afectan el crecimiento de las plantas modificando sus características morfológicas, anatómicas y respuestas fisiológicas. Un efecto primario del estrés salino es la reducción del crecimiento foliar, similar a los efectos que ocurren bajo estrés hídrico. Adicionalmente, en especies herbáceas, la ramificación se ve reducida por efecto de la salinidad y este parámetro es muy importante al momento de determinar la totalidad de materia seca acumulada en una especie en cultivo. La partición y acumulación de biomasa en estados vegetativos tempranos está cercanamente relacionado al número de brotes y el número de hojas.

La acumulación de materia seca está linealmente correlacionada con la salinidad. Esto puede ser varios factores, como por ejemplo: al efecto osmótico, debido a que las altas concentraciones de sales disminuyen el potencial osmótico, causando una mayor retención de agua (haciendo que esté disponible en una menor cantidad hacia la planta); al efecto tóxico, caracterizado por la acumulación de iones específicos en la planta. El exceso de  $\text{Na}^+$  y  $\text{Cl}^-$  en el protoplasma afecta la fotofosforilación, la cadena respiratoria, la asimilación de nitrógeno y el metabolismo de proteínas. Estos iones comienzan a inhibir la mayoría de las enzimas involucradas en estos procesos a concentraciones a partir de los 100 mM (Céccoli, 2013)

### **Efecto de la sales en la absorción de agua y nutrientes**

Las sales de los suelos presenta en las plantas dos grandes efectos: el estrés osmótico y la toxicidad iónica, ambas afectan la mayor parte de los procesos de las plantas (Yadav *et al.*, 2011).

Esta provoca que en las células de la planta disminuya la turgencia lo que induce el cierre de los estomas con el objetivo de conservar agua. El cierre estomático puede llevar a una menor fijación de carbono en las hojas y provoca la producción de Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), como súper óxidos, peróxido de hidrógeno y oxígeno singlete. Los EROs trastornan los procesos celulares mediante el daño a los lípidos, proteínas y ácido nucleico (Parida *et al.*, 2004).

Los iones de sodio en las raíces afectan la nutrición de las plantas, inhibiendo la absorción de potasio y con ello la actividad enzimática de las células. El potasio es



un nutriente importante en la planta, ya que regula más de 50 enzimas (Kader y Lindberg, 2010).

### **Efecto del estrés salino en la expansión foliar y mecanismos celulares involucrados.**

Según Céccoli (2013), los mecanismos celulares que intervienen en el control de la expansión foliar han sido estudiados intensivamente. El crecimiento en expansión depende de: 1) la capacidad de captar agua por parte del tejido (asociada a su capacidad de generar diferencias de potencial hídrico con la fuente de agua, y a permitir el ingreso de la misma), y 2) las propiedades reológicas de sus paredes. En las limitantes mecánicas e hidráulicas al crecimiento foliar en salinidad destaca el rol del suministro de solutos a la zona en expansión en cereales para el mantenimiento del crecimiento y sugiere limitaciones por destino, más que por fuente, a la expansión foliar.

La partición de los asimilados se modifica bajo condiciones salinas, y su expresión morfológica es la modificación de las relaciones alométricas en la planta. La competencia de los órganos destino para la captación de carbono bajo salinidad, afecta la distribución de la materia seca y, consecuentemente, el rendimiento. En las etapas iniciales de su desarrollo, las láminas foliares también son órganos destino (sumideros de carbohidratos).

### **Efecto de la salinidad en algunas hormonas**

#### **1.1 Ácido abscísico (ABA)**

Según Joshi *et al.* (2019), esta hormona se libera de las raíces y es trasladada a las hojas bajo estrés por sequía y salinidad, por lo que la señalización de ABA juega un papel clave en respuesta a estos estreses. El estrés salino inicia una rápida expresión del ABA, el incremento de los niveles de la misma permite la tolerancia de la planta a este y disminuye la disponibilidad de agua mediante el cierre de los estomas y la acumulación de osmoprotectores y proteínas para el ajuste osmótico (Xiong *et al.*, 2002). Dicha hormona se relaciona con las especies reactivas de oxígeno, como el peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), lo que propicia el cierre estomático al aumentar la concentración del ABA en las células guardianes (Park *et al.*, 2018).

### **Auxinas**

En condiciones de estrés, en las plantas disminuye la concentración de las sustancias estimuladoras y aumentan las inhibidoras, como consecuencia de lo cual la relación estimuladoras/inhibidoras disminuye bruscamente, y como es conocido, las sustancias estimuladoras del tipo de las auxinas actúan sobre los mecanismos de la división celular y las del tipo giberélico sobre el alargamiento o la diferenciación, por lo que se deduce que las variaciones en una sustancia reguladora del crecimiento conlleva a afectar las fases del crecimiento (división y diferenciación celular) en condiciones de estrés (González, 2013).

Si bien la auxina tiene un papel bien definido en la regulación de las respuestas gravitrópicas (crecimiento de la raíz en la dirección del vector de gravedad), solo más recientemente se ha implicado a la auxina en la regulación de las respuestas halotrópicas o el crecimiento direccional de las raíces lejos de áreas de alta salinidad. En el gravitropismo, las acumulaciones laterales de auxina ocurren en el lado de la raíz más cercano al estímulo gravitacional, lo que resulta en un crecimiento direccional hacia el vector de gravedad; en contraste, el halotropismo resulta en acumulaciones laterales de auxina en el lado de la raíz más alejado del estímulo salino, lo que resulta en un crecimiento direccional lejos del área de mayor salinidad (Blakeslee *et al.*, 2019).

### **Citoquininas**

Las citoquininas juegan un papel crucial en diferentes fases del desarrollo de la planta, en el crecimiento de brotes y raíces, dominancia apical y respuestas a estreses bióticos y abióticos. La sobreexpresión del gen IPT, que codifica la isopenteniltransferasa (implicada en la biosíntesis de citoquininas) y la baja regulación del gen CKX, que codifica la citoquinina oxidasa (implicada en la degradación de las citoquininas), mejora el rendimiento en los cultivos, lo que sugiere claramente que la citoquinina afecta el rendimiento de grano (Nutan *et al.*, 2019), el cual puede ser afectado en el cultivo del *O.sativa* por la salinidad.

La citoquinina en el arroz es esencial para el control de todo el ciclo de vida, incluido el desarrollo de las raíces, la actividad del meristemo de los brotes, la ramificación vegetativa y reproductiva, el número de espiguillas por panícula y la producción de granos (Zhou *et al.*, 2019).

### **Giberelinas (GAs)**

La hormona vegetal giberelina (GA) regula varios procesos de desarrollo, incluida la germinación de semillas, elongación de células y brotes, expansión de hojas, transición a la floración, crecimiento de flores y desarrollo de frutos (Illouz-Eliaz *et al.*, 2019).

La GA actúa como antagonista del ABA. La misma mejora la germinación de las semillas bajo estrés salino a través de diferentes mecanismos, mediante la inducción de la síntesis de algunas enzimas y estimulando la actividad  $H^+ - ATP$  a través del tonoplasto. En condiciones de baja salinidad, GA3 reduce la resistencia estomática de las hojas, acelera la transpiración y aumenta la eficiencia en el uso del agua, mejorando así la tolerancia a las sales en las plantas. El tratamiento con GA puede aumentar el crecimiento y el rendimiento del cultivo en condiciones salinas. El efecto positivo de GA3 está relacionado con múltiples efectos como la disminución de la actividad de la ribonucleasa y el aumento de los azúcares reductores, la actividad de los antioxidantes enzimáticos y la síntesis de proteínas (Atia *et al.*, 2018).

### **Etileno**

El estrés por alta salinidad causa un desequilibrio hormonal, especialmente una alta biosíntesis de etileno, que afecta gravemente el crecimiento y el rendimiento de las plantas de cultivo. La sensibilidad al estrés por etileno depende de la especie del cultivo, la etapa de crecimiento, la concentración de etileno y la duración de la exposición. En las plantas de arroz, la alta producción de etileno es perjudicial para el crecimiento y el desarrollo de las espiguillas, especialmente para las espiguillas inferiores. La acumulación de etileno inducida por estrés salino es causada por la alta producción de ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (ACC) la que dificulta el crecimiento y desarrollo de la planta de arroz (Hussain *et al.*, 2020).

### **Efecto de la salinidad de los suelos en algunos procesos fisiológicos en el arroz**

#### **Relación de agua.**

Durante un período de estrés, las plantas necesitan mantener bajo su potencial hídrico interno para mantener la presión de turgencia de sus células y absorber

agua del suelo para continuar su crecimiento. Para hacer esto, la planta necesita proporcionar agentes reguladores osmóticos ya sea de una solución de suelo o por sí mismo sintetizando estos materiales. Para mantener el equilibrio iónico en las vacuolas, las plantas acumulan compuestos de bajo peso molecular en el citoplasma, que se denominan solutos compatibles. El motivo es que no interfieren con las reacciones bioquímicas normales de la célula. Ion potasio ( $K^+$ ) el cual es uno de los osmolitos compatibles más importantes.

#### **Estabilidad de la membrana.**

Como resultado de la alta acumulación de  $Na^+$  en el interior de las células, en las plantas ocurre una desestabilización de la membrana lo que lleva a una afectación de los orgánulos como las vacuolas, las mitocondrias, los cloroplastos, entre otros. En la mayoría de los estudios, la estabilidad de la membrana celular mostró una correlación positiva con el potencial osmótico, la concentración de  $K^+$ , el ajuste osmótico y / o el contenido relativo de agua: los parámetros que se ven igualmente afectados por el estrés salino. Por lo general, se considera como una de las principales causas del aumento de la permeabilidad de la membrana celular de las plantas que crecen bajo estrés salino (Farooq y Azam, 2006).

#### **Anatomía de la hoja.**

Según Nassar *et al.* (2020), las diferentes concentraciones de sales disminuye significativamente las características anatómicas de las hojas, tales como espesor de la hoja y del tejido del mesófilo. También modifica los caracteres histológicos del haz los cuáles son, largo, ancho, espesor del tejido del floema y el diámetro del vaso del metaxilema.

#### **Fotosíntesis.**

La fotosíntesis es una garantía importante para el crecimiento y desarrollo normales de las plantas bajo estrés. El estrés salino-alkalino podría afectar la síntesis de clorofila y la capacidad fotosintética de las plantas, resultando en una disminución de la actividad del centro de reacción PSII, transferencia de electrones bloqueada, asimilación limitada de carbono e incluso peroxidación o disociación de la membrana tilacoide (Huihui *et al.*, 2020).

El estrés por sales en los suelos provoca una reducción en las concentraciones de pigmentos fotosintéticos debido a la reducción del potencial hídrico. El NaCl

previene la absorción de N, que es un elemento importante requerido por las plantas y juega un papel muy vital en la composición de la estructura de la clorofila, el NaCl también impide la absorción de Mg, que juega un papel importante en la biosíntesis de la clorofila, además de disuadir las actividades específicas de las enzimas que se necesitan en la producción de pigmentos fotosintéticos, de los pigmentos fotosintéticos de las plantas, y también dificulta la biosíntesis de la clorofila al someter a sus precursores y reduce la absorción de nutrientes minerales como el magnesio. Las limitaciones de difusión del CO<sub>2</sub> utilizado en el proceso de fotosíntesis también se ven obstaculizadas por la salinidad del suelo (Okon, 2019).

### **Mecanismos de tolerancia a la salinidad**

Según Céccoli (2013) por lo general, el Na<sup>+</sup> comienza a inhibir la mayoría de las enzimas a una concentración por encima de los 100 mM. Incluso el K<sup>+</sup> puede inhibir enzimas a concentraciones de 100-200 mM. Los mecanismos de tolerancia, son, de dos tipos principalmente: los que minimizan la entrada de sal dentro de la planta, y aquellos que minimizan la concentración de sal dentro del citoplasma.

Bajo transporte de sal hacia las hojas (el mecanismo conocido como “exclusión de sal”): la exclusión de salinidad funciona para reducir la tasa a la que la misma se acumula en los órganos transpirantes. Las plantas transpiran 30-70 veces más agua que la que usan para la expansión celular, pero este valor, obviamente depende ampliamente de las condiciones ambientales prevalentes. Los mecanismos por los cuales la sal es excluida de las hojas son los siguientes:

1. Carga en el xilema: existe evidencia de una carga preferencial de K<sup>+</sup> más que Na<sup>+</sup> por las células de la estela que está bajo control genético.
2. Remoción de la sal desde el xilema en la parte superior de las raíces, el tallo, pecíolo o vainas de las hojas: en muchas especies, el Na<sup>+</sup> es retenido en la parte superior del sistema de raíces o en la parte inferior del sistema de retoños, indicando un intercambio de Na<sup>+</sup> por K<sup>+</sup> por las células que revisten al flujo transpiratorio
3. Compartimentación intracelular: La compartimentación en vacuolas permitiría, a genotipos “incluyentes foliares de Na<sup>+</sup>”, presentar bajo daño por toxicidad de este ion, mecanismo comúnmente denominado tolerancia tisular al Na<sup>+</sup>.

Crecer o sobrevivir en suelos salinos supone algunos costos para los cultivos: el costo de excluir las sales, la compartimentación intracelular, y la excreción de éstas a través de las glándulas de sales. Este costo, es relativamente pequeño en relación al costo necesitado para sintetizar solutos orgánicos para realizar el ajuste osmótico. El número de moles de ATP necesarios para usar un mol de NaCl como un osmótico es de aproximadamente 4 en las células radicales, y de 7 en las foliares, donde el número requerido para sintetizar un compuesto orgánico está en un orden de magnitud mucho mayor.

La expresión génica varía con el tiempo luego de haberse aplicado el “shock” salino. Después de que plantas de arroz fueran expuestas repentinamente a 150 mM de NaCl, los genes expresados en raíces a los 15 minutos fueron diferentes de aquellos expresados 1 semana después (Kawasaki *et al.*, 2001). Parecería que muchos genes que se inducen tempranamente luego de que la sal es aplicada, están relacionados con aquellos de estrés hídrico más que los específicos del estrés salino.

Los procesos que adaptan a la planta específicamente al suelo salino involucran la regulación de la absorción y compartimentación de la sal para retrasar lo más posible el tiempo de ocurrencia del “umbral de concentración iónica” a partir del cual los iones alcanzan niveles tóxicos en las hojas que se encuentran activamente fotosintetizando (Céccoli, 2013).

### **Algunas investigaciones sobre estrés salino en el cultivo del O. sativa.**

Diversas investigaciones se han realizado sobre el efecto de la salinidad en diversos cultivos de interés agrícolas, por ejemplo Porcel *et al.* (2016) aplicó micorrizas arbusculares (*Claroideoglomusetunicatum*) en el cultivo O. sativa L. cv Puntal en diferentes concentraciones de salinidad obtuvo mayor biomasa seca en el retoño en todos los niveles de salinidad, aumentó la colonización de las micorrizas arbusculares en 36 a 43 % en las plantas sujetas a 75 y 150 mM NaCl y redujo el impacto negativo de la salinidad en el crecimiento del cultivo. Bhambure *et al.* (2018), con la aplicación de *Pseudomonas multiresinivorans*, *Microbacterium esteraromaticum*, y *Bacillus subtilis* individualmente, en consorcio, en consorcio con estiércol e individualmente con estiércol en la variedad de arroz CSR 27. También Reyes Guerrero *et al.* (2017) con la aplicación de Biobras -16 en la variedad J – 104 fue capaz de proteger a las plántulas, estimulando de forma significativa la longitud de la parte aérea, estimuló la longitud de la parte aérea, 14

días después de la recuperación. En los tratamientos con NaCl, no se afectó ninguno de los indicadores del crecimiento evaluados, con la aplicación del bioproducto, mostró un efecto protector en la longitud de las raíces y estimuló el crecimiento incrementando de las actividades de las enzimas antioxidantes catalasa y peroxidasa al finalizar el período de estrés. Además Hernández *et al.* (2021), evaluaron el efecto de la inoculación de Rizobios rizosféricos sobre el crecimiento y rendimiento del arroz en condiciones controladas, de invernadero y de campo mediante la aplicación en diferentes concentraciones de salinidad, reveló el potencial de esta bacteria para usar múltiples fuentes de carbono como nutrientes para tolerar las condiciones de acidez, basicidad y salinidad y promover el crecimiento del cultivo. Otro autor Zambrano (2021), mediante la aplicación de sustancias húmicas en dos cultivares de *O. sativa* en tres concentraciones diferentes de NaCl, donde la aplicación de la sustancias húmicas en las semillas obtuvo un efecto significativo sobre los parámetros germinativos con respecto al control. Redujo los efectos del estrés por salinidad en el vigor de las plántulas germinadas al reducir el número de plántulas anormales en semillas sometidas a 75 mM de NaCl y 150 mM de NaCl en un 4% y 16% cuando aplicadas en dosis de 10 mg C L<sup>-1</sup>. En el caso de la variedad FL-1480 el efecto protector se manifestó únicamente a niveles de salinidad de 75 mM de NaCl en un 4% en dosis de 10 mg C L<sup>-1</sup>.

### CONCLUSIONES

1. El estrés salino afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de las plantas ya que afecta directamente una gran cantidad de procesos y etapas fisiológicos como son, la producción de materia seca, la floración y el llenado el grano, lo cual afecta directamente la productividad y el rendimiento del cultivo.
2. Se están realizando varias investigaciones con el objetivo de propiciar al cultivo del arroz tolerancia al estrés salino mediante diferentes métodos siendo el uso de bioproductos agrícolas uno de los de mayor interés en la actualidad.

### Bibliografía

- Atia, A., Z. Barhoumi, A. Debez, S. Hkiri, et al. (2018). Plant hormones: potent targets for engineering salinity tolerance in plants. In *Salinity Responses and Tolerance in Plants, Volume 1*. Springer, p. 159-184.
- Bhambure, A. B., G. R. Mahajanand S. Kerkar. (2018). Salt tolerant bacterial inoculants as promoters of rice growth and microbial activity in coastal saline soil. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 88(4), 1531-1538.
- Blakeslee, J. J., T. Spatola Rossiand V. Kriechbaumer. (2019). Auxin biosynthesis: spatial regulation and adaptation to stress. *Journal of Experimental Botany*, 70(19), 5041-5049.
- Céccoli, G. (2013). Análisis de variabilidad intraespecífica para mecanismos de tolerancia a la salinidad y la respuesta de la expansión foliar ante este estrés en girasol (*Helianthus annuus* L.).
- Chartzoulakis, K. and G. Klapaki. (2000). Response of two greenhouse pepper hybrids to NaCl salinity during different growth stages. *Scientia horticultrae*, 86(3), 247-260.
- Farooq, S. and F. (2006). Azam The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *Journal of plant physiology*, 163(6), 629-637.
- González, L. M. (2013). Reseña bibliográfica apuntes sobre la fisiología de las plantas cultivadas bajo estrés de salinidad. *Cultivos Tropicales*, 23(4), 47-57.
- Hernández-Forte, I., Pérez-Pérez, R., Nápoles-García, M. C., Maqueira-López, L. A., & Rojan-Herrera, O. (2021). Rhizospheric rhizobia with potential as biofertilizers from Cuban rice cultivars. *Agronomía Colombiana*, 39(1).
- Huihui, Z., L. Xin, C. Yan-Hui, W. Yue, et al. (2020). A study on the effects of salinity and pH on PSII function in mulberry seedling leaves under saline–alkali mixed stress. *Trees*, 1-14.
- Hussain, S., J. Huang, C. Zhu, L. Zhu, et al. (2020). Pyridoxal 5'-phosphate enhances the growth and morpho-physiological characteristics of rice cultivars by mitigating the ethylene accumulation under salinity stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, 782-795.



- Illouz-Eliaz, N., U. Ramon, H. Shohat, S. Blum, et al. (2019). Multiple Gibberellin Receptors Contribute to Phenotypic Stability under Changing Environments. *The Plant Cell*, 31(7), 1506-1519.
- Javid, M. G., A. Sorooshzadeh, F. Moradi, S. A. M. Modarres Sanavy, et al. (2011). The role of phytohormones in alleviating salt stress in crop plants. *Australian Journal of Crop Science*, 5(6), 726-734.
- Joshi, R., K. K. Sahoo, A. K. Singh, K. Anwar, et al. (2019). Enhancing trehalose biosynthesis improves yield potential in marker-free transgenic rice under drought, saline, and sodic conditions. *Journal of Experimental Botany*, 71(2), 653-668.
- Kader, M. A. and S. Lindberg. (2010). Cytosolic calcium and pH signaling in plants under salinity stress. *Plant signaling & behavior*, 5(3), 233-238.
- Kawasaki S., Borchert C., Deyholos M., Wang H., Brazille S., Kawai K., Galbraith D. and Bohnert H. J. (2001). Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in rice. *Pl. Cell* 13: 889-905.
- Mishra, A. K., K. A. Mottaleb, A. R. Khanal and S. Mohanty. (2015). Abiotic stress and its impact on production efficiency: The case of rice farming in Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199, 146-153.
- Muchate, N. S., G. C. Nikalje, N. S. Rajurkar, P. Suprasanna, et al.(2016). Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. *The Botanical Review*, 82(4), 371-406.
- Munns, R. and M. Tester. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59, 651-681.
- Nassar, R., H. A. Kamel, A. E. Ghoniem, J. J. Alarcón, et al.(2020). Physiological and anatomical mechanisms in wheat to cope with salt Stress induced by seawater. *Plants*, 9(2), 237.
- Nutan, K. K., R. S. Rathore, A. K. Tripathi, M. Mishra, et al.(2019). Integrating the dynamics of yield traits in rice in response to environmental changes. *Journal of Experimental Botany*, 71(2), 490-506.
- Okon, O. G. (2019) Effect of salinity on physiological processes in plants. In *Microorganisms in saline environments: strategies and functions*. Springer, p. 237-262.

- Parida, A. K., A. Dasand B. Mitra. (2004). Effects of salt on growth, ion accumulation, photosynthesis and leaf anatomy of the mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Trees*, 18(2), 167-174.
- Park, Y. C., S. Chapagain and C. S. Jang. (2018). A Negative Regulator in Response to Salinity in Rice: *Oryza sativa* Salt-, ABA- and Drought-Induced RING Finger Protein 1 (OsSADR1). *Plant and Cell Physiology*, 59(3), 575-589.
- Porcel, R., R. Aroca, R. Azcon and J. M. Ruiz-Lozano. (2016). Regulation of cation transporter genes by the arbuscular mycorrhizal symbiosis in rice plants subjected to salinity suggests improved salt tolerance due to reduced Na<sup>+</sup> root-to-shoot distribution. *Mycorrhiza*, 26(7), 673-684.
- Reyes Guerrero, Y., L. Martínez González and M. Núñez Vázquez. (2017). Aspersión foliar con Biobras-16 estimula el crecimiento de plantas jóvenes de arroz (*Oryza sativa* L.) sometidas a tratamiento con NaCl. *Cultivos Tropicales*, 38(1), 155-166.
- Seckin, B., A. H. Sekmen and I. Türkan. (2009). An enhancing effect of exogenous mannitol on the antioxidant enzyme activities in roots of wheat under salt stress. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(1), 12-20.
- Shavrukov, Y., Y. Genc and J. Hayes. (2012) *The use of hydroponics in abiotic stress tolerance research*. Edition ed.: InTech.
- Xiong, L., K. S. Schumaker and J.-K. Zhu. (2002). Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *The Plant Cell*, 14(suppl 1), S165-S183.
- Yadav, S., M. Irfan, A. Ahmad and S. Hayat. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: a review. *Journal of Environmental Biology*, 32(5), 667.
- Yang, Y. and Y. Guo. (2018). Elucidating the molecular mechanisms mediating plant salt-stress responses. *New phytologist*, 217(2), 523-539.
- Zambrano Bravo, A. M. (2021). Influencia de las sustancias húmicas en el desarrollo inicial de dos variedades de arroz, sometidas a estrés salino (Bachelor's thesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.).

Zhou, J., Z. LI, G. Xiao, M. Zhai, et al. (2019). CYP71D8L is a key regulator involved in growth and stress responses by mediating gibberellin homeostasis in rice. *Journal of Experimental Botany*, 71(3), 1160-1170.

## **ESTRATEGIA AMBIENTAL COMUNITARIA PARA EL CUIDADO Y CONSERVACIÓN DEL ECOSISTEMA MANGLAR EN EL ÁREA PROTEGIDA TUNAS DE ZAZA: FASE DE DIAGNÓSTICO**

*COMMUNITY ENVIRONMENTAL STRATEGY FOR THE CARE AND CONSERVATION OF THE MANGROVE ECOSYSTEM IN THE TUNAS DE ZAZA PROTECTED AREA: DIAGNOSTIC PHASE*

**Lourdes Madrigal Carmona<sup>1</sup>** (<https://orcid.org/0000-0001-7014-6759>)

**Pablo Valdivia Galindo<sup>1</sup>**

**Yandy Martín Conesa<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez" (Cuba)

<sup>2</sup>Empresa Agroforestal de Sancti Spíritus (Cuba)

E-mails [lourdemc@uniss.edu.cu](mailto:lourdemc@uniss.edu.cu), [pvaldivia@uniss.edu.cu](mailto:pvaldivia@uniss.edu.cu),

### **Resumen**

El presente trabajo constituye la fase inicial del diseño e implementación de una estrategia educativa orientada a la sensibilización sobre el cuidado y conservación del ecosistema manglar de área protegida Tunas de zaza, teniendo en cuenta la importancia que reportan estos ecosistemas y el nivel de riesgo identificado en la zona para los escenarios de cambio climático 2050-2100. El objetivo fue diagnosticar los conocimientos de los principales actores comunitarios sobre los problemas ambientales en general y la conservación del manglar en particular, para lo cual se realizó un estudio socio ambiental comunitario costero sobre los principales impactos negativos que ejerce la comunidad sobre este ecosistema, a través de una metodología dialéctica, análisis de documentos y el uso de los medios audiovisuales. Se aplicaron 430 encuestas y entrevistas de percepción ambiental local en personas con edades comprendidas entre 6 y 60 años. Se concluyó que de las dificultades medio-ambientales el 83% son de origen antrópico específicamente relacionado con el desarrollo socioeconómico y el 17% de eventos naturales, el diagnóstico reveló además el desconocimiento de las legislaciones fundamentales y el limitado desarrollo de acciones encaminadas a revertir los problemas identificados.

Palabras clave: diagnóstico, ecosistema costero, manglar, estrategia educativa, Educación Ambiental, metodología dialéctica

### **Abstract**

This work constitutes the initial phase of the design and implementation of an educational strategy aimed at raising awareness about the care and conservation of the mangrove ecosystem of the Tunas de Zaza protected area, taking into account the importance of these ecosystems and the level of risk identified in the zone for climate change scenarios 2050-2100. The objective was to diagnose the knowledge of the main community actors on environmental problems in general and the conservation of the mangrove in particular, for which a coastal community socio-environmental study was carried out on the main negative impacts that the community exerts on

this ecosystem, through through a dialectical methodology, document analysis and the use of audiovisual media. 430 surveys and interviews of local environmental perception were applied in people aged between 6 and 60 years. It was concluded that 83% of the environmental difficulties are of anthropic origin specifically related to socioeconomic development and 17% of natural events, the diagnosis also revealed the ignorance of the fundamental legislation and the limited development of actions aimed at reversing the problems identified.

Keywords: diagnosis, coastal ecosystem, mangrove swamp, educational strategy, Environmental Education, dialectical methodology.

## 2 INTRODUCCIÓN

En Cuba, en los últimos tiempos, la conservación de la flora y la fauna, la explotación racional de los recursos y la protección del patrimonio cultural e histórico, entre otras tareas de conservación, resultan de gran importancia y son objetivos de especial atención. La política actual en este escenario, así como la estrategia nacional a cumplir ha sido plasmada en los documentos rectores del Estado.

Las áreas protegidas representan la esencia natural y las riquezas reales de la nación cubana y a su vez, constituyen un patrimonio con valores concretos o tangibles que les podremos dejar a nuestros hijos. Su destrucción equivaldría a serrarnos las puertas del porvenir y destruir las vías potenciales más idóneas que posee la República de Cuba para transitar por las sendas del proyecto y el desarrollo sostenible.

El principal artífice en la ejecución de programa de desarrollo forestal comunitario es el extensionista, cuya responsabilidad primordial es unirse con la comunidad a fin de reforzar las capacidades internas para planificar, ejecutar y evaluar proyectos rentables y sostenidos de manejo de sus recursos naturales.

Dentro de los ecosistemas costeros, los manglares representan comunidades de gran relevancia porque proporcionan una gran diversidad de servicios que contribuyen al bienestar y seguridad de las comunidades costeras. A pesar de su gran importancia ecológica, cultural, social y económica para el desarrollo sostenible, los manglares están sometidos a fuertes presiones humanas que amenazan su conservación a corto, mediano y largo plazo (CPPS/UNESCO/CI/Hivos. 2015).

En la costa sur de la provincia Sancti Spiritus, específicamente en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza, existen varias áreas cubiertas de manglares y comunidades asociadas a estos que impactan de diferentes maneras sobre su estabilidad, protección y conservación.

El análisis de la realidad de estas comunidades costeras permitió identificar como situación polémica o contradicción en esta investigación la siguiente: Por un lado, la necesidad urgente de que la educación ambiental contribuya a la solución de los problemas ambientales de las comunidades costeras en función del desarrollo sostenible y, por otro lado, la prevalencia de limitaciones en la educación ambiental que no favorecen el cambio cultural necesario que demandan estas comunidades para resolver sus problemas ambientales.

Ante tal panorama, es inminente la necesidad de diseñar e implementar estrategias educativas orientadas a la sensibilización sobre el cuidado y conservación de estos importantes ecosistemas, a partir de un diagnóstico coherente que permita la identificación de los principales puntos que demandan mayor atención. Este trabajo constituye esta primera fase del proceso y por tanto, su objetivo fue diagnosticar el estado de conservación del ecosistema manglar en el refugio de fauna Tunas de zaza, Sancti Spíritus.

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación y generalidades del estudio

Este trabajo se llevó a cabo en la comunidad Tunas de Zaza, incluyendo el asentamiento “El Médano” (Fig. 1).

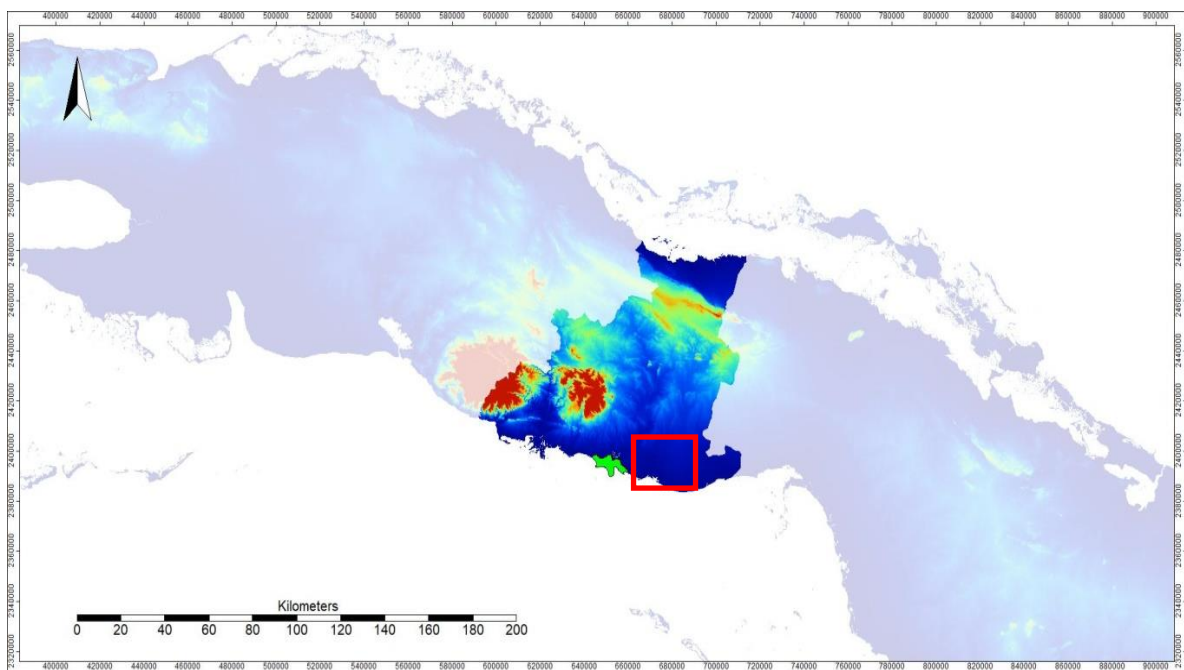


Figura 1. Localización del Refugio de Fauna Tunas de Zaza

Fuente: Agencia de Medio Ambiente. Cuba

Rodeadas por el mar y los lagunatos del río Zaza estas comunidades espirituanas viven en constante peligro de inundación.

Cuando la pleamar llega a Tunas de Zaza y El Médano, el agua salada penetra sin permiso puertas adentro del pueblo y las bofetadas del Caribe golpean a la altura de los ventanales. Pero ya no sucede solo durante las ventiscas de un huracán o algún temporal descarriado.

Rodeada de marejadas por la diestra y de lagunatos de la cuenca del río Zaza por la siniestra, en estas comunidades costeras los días transcurren con el peligro pisándoles los talones: según las evidencias científicas, a partir de la elevación del nivel del mar, para el 2050 o incluso antes se las

habrá tragado el océano; y, por si fuera poco, frecuentemente las apocalípticas crecidas del Zaza las cubren hasta el cuello.

Se seleccionó la comunidad Tunas de Zaza, enclavada la costa sur del municipio de Sancti Spíritus para este trabajo, por varias razones:

Ubicada dentro del Área Protegida con categoría de manejo: Refugio de Fauna, aprobado por el Acuerdo No. 4262 de diciembre de 2001 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministro. Con gran biodiversidad y endemismo. El desconocimiento de la situación medio ambiental por parte de los pobladores de la comunidad como parte de este ecosistema, en cuanto al uso y conservación de sus recursos naturales.

En la Fig. 2 se muestra la distribución por zonas en el área de estudios.

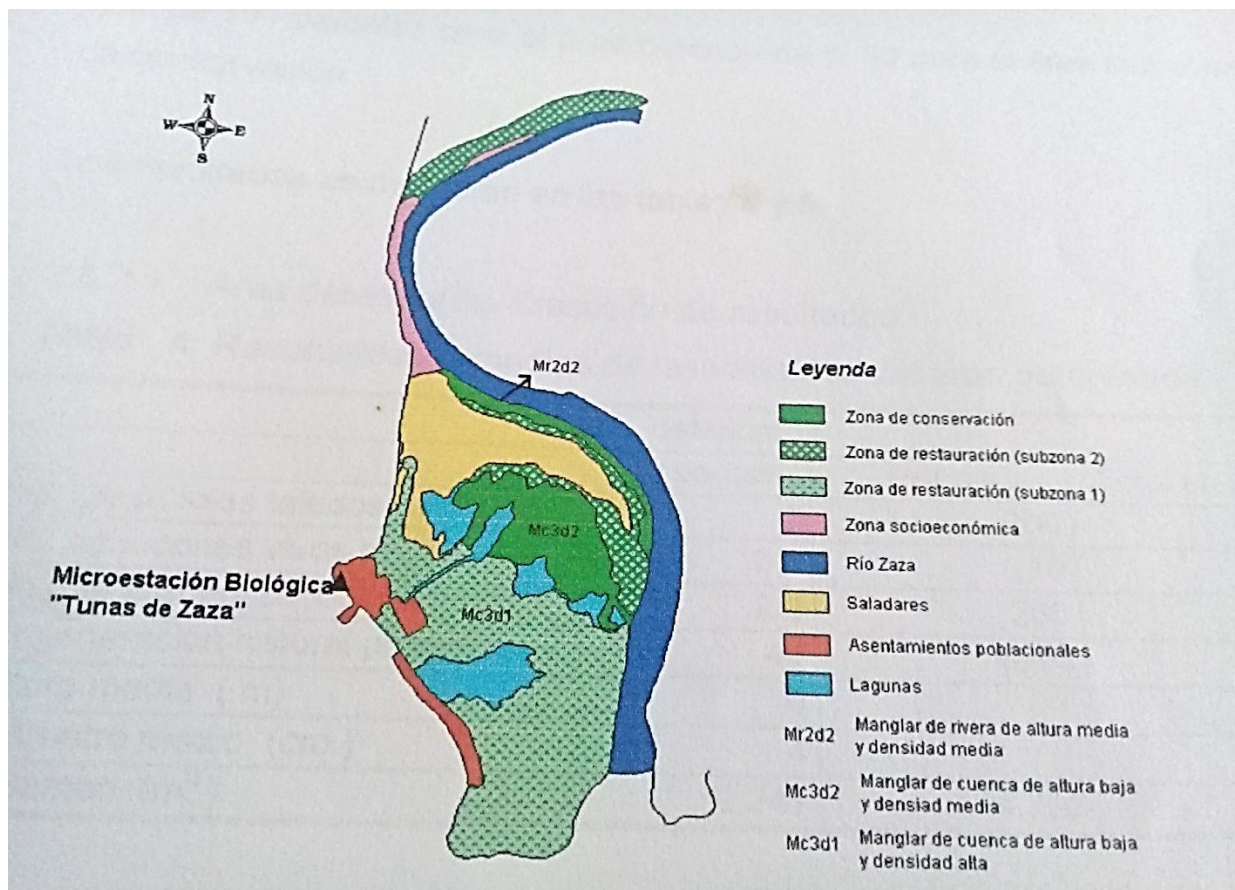


Figura 2. Zonificación del área protegida Tunas de Zaza, tomado de un mapa 1: 75 000

(GEOCUBA, 2001)

En el área se desarrollan una serie de programas en función de la protección y la conservación de este ecosistema.

A- Programa de protección y seguridad.

- B- Programa aves amenazadas y de bosques.
- C- Programa aves acuáticas y del litoral.
- D- Programa de reptiles.
- E- Programa Quelonios.
- F- Programa Educación Ambiental.
- G- Programa Tratamiento Silvicultural.

### **3.2 Caracterización socioecológica**

En una primera fase se identificaron las principales características que presenta el área de estudio desde el punto de vista social y ecológico. Para ello, se consultaron documentos oficiales y se realizaron recorridos en acción coordinada con personal del Área Protegida. El objetivo fue recabar la siguiente información:

- Número de habitantes
- Actividades económicas fundamentales
- Entidades e instituciones estatales establecidas en el área
- Principales problemas ambientales asociados con los manglares
- Aspectos culturales relevantes (con énfasis en la utilización de productos de los manglares y especies asociadas).

Esta primera fase fue muy importante para identificar los actores comunitarios clave que podrían ser seleccionados para la aplicación de los instrumentos y técnicas empíricas.

### **3.3 Diagnóstico sobre el conocimiento de diferentes actores comunitarios sobre el cuidado y conservación de los manglares**

Se realizó el análisis de documentos, se formularon las encuestas de percepción ambiental local, se planificaron las entrevistas y encuentros participativos y se seleccionaron los medios audiovisuales.

Para la aplicación de la encuesta de percepción ambiental local se utilizó como referencia el instrumento elaborado por el Proyecto Sabana Camagüey con el objetivo de medir:

1. Nivel de conocimiento general a través de cuatro conceptos:
  - Medio ambiente.
  - Biodiversidad.
  - Desarrollo Sostenible.



- Manejo Integrado Costero.
- 2. Cantidad de información recibida por la comunidad sobre los problemas ambientales que existen en el país.
- 3. Identificación de estos problemas ambientales en la comunidad.
- 4. Identificación de las causas de estos problemas.
- 5. Nivel de las vías de incidencia de la comunidad en la solución de estos problemas.
- 6. Nivel de preocupación de determinados factores por los problemas ambientales de la comunidad.
- 7. Dificultades que imposibilitan la solución de los problemas.
- 8. Sugerencias o propuestas personales para solucionar.

Trabajo comunitario:

Se visitó la comunidad costera Tunas de Zaza de la costa sur del municipio de Sancti Spíritus, En acción coordinada con personal de las Áreas Protegidas Refugio de Fauna Tunas de Zaza.

Se aplicaron las encuestas a diferentes grupos de edades empleando métodos empíricos.

Se realizaron las entrevistas, teniendo en cuenta tres grupos fundamentales (Profesionales, Personal de educación y Directivos).

Se realizaron los encuentros participativos con los trabajadores del Área Protegida, escuelas, Centros de trabajo y una porción de la población de la comunidad y se proyectaron los medios audiovisuales seleccionados.

Se confeccionó la matriz de impactos teniendo en cuenta lo planteado por Bellot (1998), la cual se basa en conjugar los medios biológicos y físicos con los factores naturales y antrópicos más comunes, detectados en el trabajo comunitario y la observación científico profesional; dando rasgos de afectación (1: alto; 2: medio; 3: moderado; 4: bajo).

## **4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 Caracterización socioecológica**

En la zona viven cerca de 2 330 personas en unas 838 viviendas y un progreso económico indudable, gracias en lo fundamental al desarrollo de la pesca.

El área presenta elementos significativos albergando valores importantes de la Flora y Fauna, encontrándose dentro de las llanuras delticas del rio Zaza.

☒ Modificación antrópica

- ❑ Plantaciones forestales
- ❑ Introducción de especies exóticas
- ❑ Construcción de estanques para el desarrollo de la camaronicultura.
- ❑ Presencia de dos asentamientos poblacionales.
- ❑ Focos de contaminación
- ❑ CAI Arrocerero Sur del Jibaro
- ❑ Actividad Cinegética
- ❑ CAI 7 de Noviembre
- ❑ La Camaronicultura
- ❑ La Cooperativa Pesquera

Presenta gran diversidad faunística, alrededor de 278 especies habitan en el área, de ellas, 37 especies y subespecies endémicas. 127 especies de la flora, la riqueza florística se encuentra aislada por el grado de antropización.

Los principales problemas ambientales asociados a los manglares son la deforestación, traducida en pérdida de un número considerable de ejemplares de las especies que conforman el ecosistema, lo que se traduce en otros impactos ambientales indirectos como son la pérdida de hábitat y por ende la disminución de las poblaciones de fauna asociadas a los manglares. La deforestación de los mangles se debe fundamentalmente al uso indiscriminado por parte de la población, en especial para su uso como fuente de energía. Esta pérdida del manglar da lugar a las saladeras (se pueden observar en la Fig. 2) También son notables los impactos de la camaronicultura.

Entre los aspectos culturales relevantes relacionados con la utilización de productos del manglar se encuentran su utilización como leña, como planta medicinal y en menor medida como elemento constructivo.

#### **4.2 Diagnóstico sobre el conocimiento de diferentes actores comunitarios sobre el cuidado y conservación de los manglares**

Los conceptos más conocidos por la población son medio ambiente y biodiversidad, aunque la mayoría de los encuestados no mostró un dominio total sobre los mismos. En menor medida conocen las definiciones de desarrollo sostenible y manejo integrado costero, esta última presentó el mayor desconocimiento entre los encuestados.

La información que recibe la población sobre los problemas ambientales del país, les llega fundamentalmente por la radio y la televisión, aunque los encuestados con edades escolares refieren recibirla a través de las clases de ciencias naturales y en algunas actividades prácticas que

han realizado como por ejemplo reforestación del manglar. El 50% refiere que reciben mucha información, un 35% considera que moderada y un 15% respondió que es insuficiente.

Mediante la entrevista aplicada a directivos de la comunidad se obtuvo que el 50% considera que están bien identificados los problemas ambientales, el resto refiere que no todos los problemas relacionados con el medio ambiente están suficientemente identificados y su tratamiento es superficial; lo que en muchos casos se atribuye a la poca información sobre las causas que originan los problemas y al desconocimiento de la legislación vigente al respecto. Reconocen que no todos los directivos conocen las maneras en que sus entidades impactan sobre el medio ambiente y específicamente sobre los manglares.

Los resultados con el personal de educación fueron interesantes, ya que la mayoría refiere no recibir suficiente preparación metodológica para abordar los problemas ambientales en las clases como eje transversal. Manifiestan también la necesidad de una mayor contextualización de los mismos, teniendo en cuenta la vulnerabilidad que presenta el área ante los impactos del cambio climático. Expresan que generalmente se habla de algunos problemas ambientales y cómo enfrentarlos, pero rara vez se hace referencia a las causas que dan lugar a los mismos y mucho menos a las leyes que sustentan las actividades medioambientales. El 80% de los entrevistados refieren que a pesar de desarrollarse en el territorio proyectos sobre medio ambiente y existir en los centros universitarios y otras entidades, investigaciones sobre el tema, no se aplican en la comunidad. Expresaron además que los problemas ambientales son tratados de forma general y por eso no se aborda lo relacionado con los manglares con la profundidad necesaria teniendo en cuenta que son ecosistemas típicos de la zona.

El grupo de los profesionales expresó que, a pesar de existir una identificación de los problemas ambientales en la comunidad, no se realizan todas las acciones necesarias y con enfoque integrador para darles solución. Expresan que el nivel de preocupación por parte de algunos factores de la sociedad es elevado, sin embargo, el nivel de implicación para la propuesta y puesta en práctica de soluciones es variable.

Manifiestan que no siempre se constata la voluntad necesaria para resolver los impactos identificados y que en ocasiones no se cuenta con todos los medios necesarios para acometer la realización de acciones encaminadas a solucionar los mismos.

Las propuestas para solucionar los problemas existentes provienen fundamentalmente de este grupo de entrevistados, quienes expresan la necesidad de que cada actor comunitario conozca el papel que le corresponde en esta tarea, como primer paso para lograr éxitos en la misma.

Los resultados alcanzados luego de elaborar la matriz de impactos, permitieron clasificar a los factores antrópicos como los de mayor incidencia en los problemas ambientales asociados al ecosistema manglar en el área.

## 5 CONCLUSIONES

El 83% de los impactos ambientales identificados en el Refugio de Fauna Tunas de Zaza asociados al ecosistema Manglar son de origen antrópico, mientras que el 17% se deben a eventos naturales extremos.

Se constató desconocimiento en los principales actores comunitarios sobre las estrategias para el cuidado y conservación de los manglares.

En la comunidad, son limitadas las acciones que se desarrollan en función de revertir el estado de deterioro de algunas áreas de manglar.

## BIBLIOGRAFÍA

- Báez Barrientos, P. C. (2009). Destrucción y contaminación de ecosistema del manglar por parte de personas que lo utilizan para el cultivo de camarón y producción de sal. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. Universidad de San Carlos. Guatemala. 122pp
- Ceballo Melendres, O., García Lahera, J. P., Pérez, L.M. (2019). Interpretación cartográfica del bosque de mangle usando la metodología MESMA con imágenes multiespectrales Landsat - 8 OLI. VIII Convención de Ciencias de la Tierra. Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba. 1 al 5 de abril de 2019.
- Cruz Portorreal, Y. y Pérez Montero, O. (2017). Evaluación de impactos a la salud del manglar en el municipio Guamá, Santiago de Cuba, Cuba. *Madera y Bosques*, 23(1): 23-37 [https://doi:10.21829/myb.2017.2311517](https://doi.org/10.21829/myb.2017.2311517)
- Hernández Melchor, G. I.; Sol Sánchez, Á.; Ruíz Rosado, O.; Valdez Hernández, J. I. *et al.* (2016). Diagnóstico del proceso de reforestación en manglares de la costa de Tabasco. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, Pub. Esp. (14): 2883-2894
- Meireles, A.J.A.; Cassola, R.; Tupinambá, S.V.; Queiroz, L.S. (2008). Impactos ambientais decorrentes das atividades da carcinicultura ao longo do litoral cearense, Nordeste do Brasil. *Scripta Nova* VII (118): p. 1-25
- Rodríguez Crespo, G. C. (2003). Bases para el manejo sostenible de un bosque de manglar en estado de deterioro. Sector Coloma-Las Canas, Pinar del Río. Tesis de Doctorado. Universidad de Alicante, España. Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saiz Montes de Oca", Cuba. 199 pp
- Serra Pompei, C.; VidePifarre, D.; Briansó Martínez, M.; Carrasco Domínguez, J. y Amorós Monrabá, J. (2014). Estudio multidisciplinario del ecosistema manglar en la comunidad tradicional de Curral Velho. Tesis de Grado. Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals. Universitat Autònoma de Barcelona. España, 131 pp

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE QUITOSANA EN EL CRECIMIENTO Y  
DESARROLLO DEL CULTIVO DE MAÍZ (ZEA MAYS L.)**

**EFFECT OF THE APPLICATION OF CHITOSANE ON THE GROWTH AND  
DEVELOPMENT OF CORN CROP (ZEA MAYS L.)**

**Yaisys Blanco Valdes<sup>1</sup>**

**Omar Enrique Cartaya Rubio<sup>1</sup>**

**Meylen Espina Nápoles<sup>2</sup>**

*1-Doctora en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no.1, CP 32700, [yblanco@inca.edu.cu](mailto:yblanco@inca.edu.cu), <https://orcid.org/0000-0002-6325-1005>*

*1- Doctor en Ciencias Agrícolas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no.1, CP 32700, [ocartaya@inca.edu.cu](mailto:ocartaya@inca.edu.cu), <https://orcid.org/0000-0001-7436-0437>*

*2-Ingeniera Agrónoma, Dirección de la Agricultura Municipal, Esquina Conill, Ave. Independencia, Edif. MINAG, Plaza de la Revolución, La Habana, Cuba, CP 10400, [meylen97@gmail.com](mailto:meylen97@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0002-6964-5160>*

**Resumen**

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales. El Quitomax<sup>®</sup> es un bioestimulante que se ha empleado con éxito en la estimulación del rendimiento de diferentes cultivos. Evaluar la efectividad de la aplicación de Quitomax<sup>®</sup> en el cultivo del maíz de la variedad Francisco mejorada. Para el desarrollo del mismo se realizó un experimento en campo aplicando el producto embebiendo las semillas durante 1 hora a la concentración de 0, 5 y 1 g L<sup>-1</sup> respectivamente y aspersion foliar a la concentración de 0, 5 y 1 g L<sup>-1</sup> respectivamente y la combinación de las formas de aplicación, en el momento de la cosecha se evaluó el rendimiento y algunos de sus componentes. Los caracteres evaluados mostraron mejores resultados en el tratamiento donde se utilizó la combinación de la embebición de la semilla y aspersion foliar (1 g L<sup>-1</sup>)(T6) del producto, lo cual conllevó a mejorar la relación beneficio/ costo y obtenerse mayores ganancias, aunque fue el tratamiento que más costo tuvo por la utilización del producto. La aplicación de Quitomax<sup>®</sup> fue efectiva al aumentar algunos indicadores del crecimiento de plantas de maíz siendo la combinación de la forma de aplicación del Quitomax<sup>®</sup> una opción para el cultivo del maíz.

**Palabras clave:** bioestimulantes, Quitomax<sup>®</sup> y rendimiento.

**Abstract**

Corn (*Zea mays* L.) is a cereal of great preference and of high consumption in the world, which needs to be applied an adequate fertilization to cover its nutritional requirements. Quitomax<sup>®</sup> is a biostimulant that has been used successfully to stimulate the yield of different crops. To evaluate

the effectiveness of the application of Quitomax® in the cultivation of corn of the improved Francisco variety. For the development of the same, an experiment was carried out in the field applying the product by soaking the seeds for 1 hour at a concentration of 0, 5 and 1 g L<sup>-1</sup> respectively and foliar spraying at a concentration of 0, 5 and 1 g L<sup>-1</sup> respectively and the combination of the forms of application, at the time of harvest the yield and some of its components were evaluated. The evaluated characters showed better results in the treatment where the combination of seed soaking and foliar spraying (1 g L<sup>-1</sup>) (T6) of the product was used, which led to an improvement in the benefit / cost ratio and higher profits. , although it was the treatment that cost the most for the use of the product. The application of Quitomax® was effective by increasing some indicators of the growth of corn plants, being the combination of the form of application of Quitomax® an option for the cultivation of corn.

**Keywords:** biostimulants, chitosan, yield and seed.

## 6 INTRODUCCIÓN

El uso de productos bioactivos compatibles con el medio ambiente es uno de los principales retos de la agricultura moderna. En ese sentido, la aplicación de quitosano y sus derivados representa una alternativa promisoriosa, por su naturaleza, su actividad biológica y la facilidad de obtención (Falcon *et al.*, 2017). Numerosos estudios demuestran los mecanismos de acción y la eficiencia de estos principios activos en la agricultura, fundamentalmente estudios de laboratorio y en ambientes controlados. (Reyes *et al.*, 2019).

El quitosano es un reconocido bioestimulante agrícola de origen natural, no tóxico y biodegradable. Es un polímero lineal de glucosamina soluble en ácidos diluidos, lo cual permite su utilización en la agricultura, donde tiene una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas demostradas, como son, actividad antimicrobiana sobre el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y oomicetes, la inducción de resistencia en plantas contra patógenos potenciales y la promoción del crecimiento y desarrollo de múltiples cultivos.

El maíz (*Zea mays* L.) es un cereal de gran preferencia y de alto consumo en el mundo, debido a sus propiedades nutricionales. Este cultivo extrae grandes cantidades de nutrientes del suelo, por lo que se necesita aplicarle una fertilización adecuada para cubrir sus requerimientos nutricionales (Herrera *et al.*, 2016).

El manejo adecuado de la nutrición de plantas y el control eficiente de plagas constituyen dos elementos esenciales para obtener una alta productividad y calidad de la producción agrícola, ya que la aplicación indiscriminada de productos químicos puede ocasionar perjuicios al medio ambiente, crear resistencia por parte de los microorganismos fitopatógenos y causar daños a la salud humana. (Ramos *et al.*, 2011).

El maíz actualmente se cultiva en todas las provincias de Cuba, y se sitúa dentro de las prioridades de las políticas agrarias del estado; la productividad de estos cultivares no superan las 1,44-2,35 t ha<sup>-1</sup> como promedio (Torres *et al.*, 2018), siendo una de las limitantes de su producción las incidencias de las plagas que con frecuencia merman los rendimientos a pesar de que las plantas resisten sus ataques (Blanco, 2017).

Dado el contexto actual de la agricultura cubana, es de gran importancia contar con productos de origen natural, no tóxicos, que se obtengan de materias primas nacionales, mediante metodologías

que reduzcan los costos de producción y aumenten los rendimientos en igual área cultivable y con las mismas o menores aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas químicos importados a precios elevados.

Teniendo en cuenta las potencialidades del Quitomax® en el crecimiento y desarrollo de las plantas, nos planteamos en el presente estudio como objetivo: Evaluar la efectividad de la aplicación de QuitoMaxen el cultivo de maíz (*Zeamays L.*) variedad Francisco mejorada.

## **7 MATERIALES Y MÉTODOS**

### *7.1.1 Características geográficas y edafoclimáticas del área experimental*

La investigación se desarrolló en el período 2018-2019, en áreas experimentales del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), ubicadas en San José de las Lajas provincia de Mayabeque, km 3½ de la carretera a Jamaica, teniendo su centro en los 22°59'40,79" de latitud Norte y 82°8'21,88" de longitud Oeste (Google Earth, 2015), a una altitud de 138 ms.n.m.

### *7.1.2 Datos climáticos*

Según las características climáticas del agroecosistema donde se desarrolló el experimento pertenecen a la antigua clima-región Habana, la cual se extiende al noreste de la provincia de La Habana y se caracteriza por presentar un período poco lluvioso de corta duración que se extiende desde el mes de noviembre hasta el mes de marzo, sin llegar a producir una típica sequía ecológica (Lecha *et al.*, 1994).

Las variables climáticas registradas mensualmente fueron: precipitaciones (mm), temperatura promedio mensuales (°C) y humedad relativa (%), tomando como referencia la Estación Meteorológica número 78 374 ubicada a 350 m del área experimental.

La temperatura media mensual de los dos años que abarcó la investigación osciló entre 17 y 27,4 °C en correspondencia con los meses menos calurosos y menos lluviosos (noviembre-abril) y los más calurosos y lluviosos (mayo-octubre) respectivamente, mientras que las precipitaciones mensuales variaron desde 3,4 mm en la etapa menos lluviosa a 423,0 mm en la más lluviosa. En esta variable hay que destacar que los mayores acumulados ocurrieron en los meses de mayo a septiembre, período durante el cual se desarrolló el cultivo del maíz. La humedad relativa se comportó entre un 70 % y un 86 % durante la etapa experimental, siendo superior en el período lluvioso.

### *7.1.3 Características del área experimental*

En el área experimental predomina el suelo Ferralítico Rojo Lixiviado típico eútrico, caracterizado por una fertilidad de media a alta, según lo señalado por Hernández *et al.* (2015). Según el autor de referencia, éste suelo es medianamente profundo con un pH ligeramente ácido, presenta un bajo porcentaje de materia orgánica, el contenido de fósforo y calcio en el suelo es alto; sin embargo, el potasio y magnesio son bajos (Tabla 1), lo cual indica que para lograr producciones óptimas será necesario suplirlas con aplicaciones adicionales de nutrientes al suelo según necesidades de los cultivos.

Algunas de las principales características químicas del suelo, se muestran en la tabla 1.

**Tabla 1.** Algunas de las principales características químicas del suelo.

Profundidad (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O (%)	P (mgkg <sup>-1</sup> )	K <sup>+</sup> Ca <sup>2+</sup> Mg <sup>2+</sup> (cmolc kg <sup>-1</sup> )		
0-20	6,4	2,11	234	0,52	9,93	1,80

Para los análisis de suelo se emplearon los métodos y metodologías descritas por Panequeet *al.*, 2010.

#### 7.1.4 Programa experimental

Los tratamientos en estudio se muestran en la tabla 2. Los mismos fueron repetidos en el tiempo durante los años de estudio. El experimento se condujo bajo un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas y 7 tratamientos. Los datos obtenidos fueron procesados mediante el análisis de varianza de clasificación doble y en los casos necesarios se aplicó la prueba de rangos múltiples de Duncan al 5 % de probabilidad.

**Tabla 2.** Descripción de los tratamientos en estudio:

Tratamientos	Descripción
<b>1</b>	Testigo (solamente con agua)
<b>2</b>	Imbebibición de la semilla 1 hora (1 g L <sup>-1</sup> )
<b>3</b>	Imbebibición de la semilla 1 hora (0,5 g L <sup>-1</sup> )
<b>4</b>	Aspersión foliar (1 g L <sup>-1</sup> ) (Dosis 10 mL x Planta)
<b>5</b>	Aspersión foliar (0,5 g L <sup>-1</sup> ) (Dosis 10 mL x Planta)
<b>6</b>	Imbebibición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L <sup>-1</sup> )
<b>7</b>	Imbebibición de la semilla y Aspersión foliar (0,5g L <sup>-1</sup> )

Se utilizó la variedad Francisco mejorada con ciclo de 120 días, aunque se cosechó como maíz “tierno” a los 85 días. Las siembras anuales se realizaron en el mes de junio, sembrado con un arreglo espacial de 0,90 m entre hileras y 0,30 m entre nidos de 2 plantas. La fertilización con nitrógeno fue al momento de la siembra a razón de 50 kg ha<sup>-1</sup> y 100 kg ha<sup>-1</sup> de potasio, utilizando como portadores urea y cloruro de potasio respectivamente. No se fertilizó con fósforo pues el contenido en el suelo era alto (cuadro 1).

Para el cultivo la preparación del suelo y demás atenciones culturales, se hicieron siguiendo las normas técnicas del cultivo (MINAG, 2000). El riego fue por aspersión y no se realizaron aplicaciones de plaguicidas.

#### 7.1.5 Evaluaciones realizadas en el cultivo de maíz

Para el cultivo del maíz se evaluó la altura de la planta (m), la cual se midió desde la base del suelo, hasta la lígula de la hoja uno, realizada en el momento de la cosecha, el rendimiento de las mazorcas tiernas por hectárea (t ha<sup>-1</sup>), para lo cual se pesó la producción (mazorcas tiernas con y sin envoltura) lo que permitió estimar el rendimiento expresado en t ha<sup>-1</sup> de mazorcas tiernas. También se evaluaron otros indicadores como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Indicadores evaluados en el cultivo



Variable	Unidad de medida
Diámetro del tallo (DT)	(mm)
Altura a la mazorca superior (AMS)	(m)
Longitud de la planta (LP)	(m)
Número de mazorca por planta (NMP)	Unidad
Cobertura de la mazorca (CM)	Escala de valores
Número de granos por hilera (NGH)	Unidad
Número de hileras (NH)	Unidad
Número de granos por mazorca (NGM)	Unidad
Longitud de la mazorca (LM)	(cm)
Diámetro medio de la mazorca (DMM)	(mm)
Diámetro medio de la tusa (DMT)	(mm)
Masa de 100 granos (M100G)	(g)
Masa total de granos por mazorca (MTGM)	(g)

Para tabular y graficar los datos de los experimentos, se utilizó la herramienta Excel del paquete Microsoft Office 2010. Se empleó el análisis de varianza (ANOVA) en su clasificación simple y la prueba de comparación múltiple de Duncan 95% del paquete estadístico Statgraphics Plus versión 5.1.

#### 7.1.6 Análisis económico de los resultados

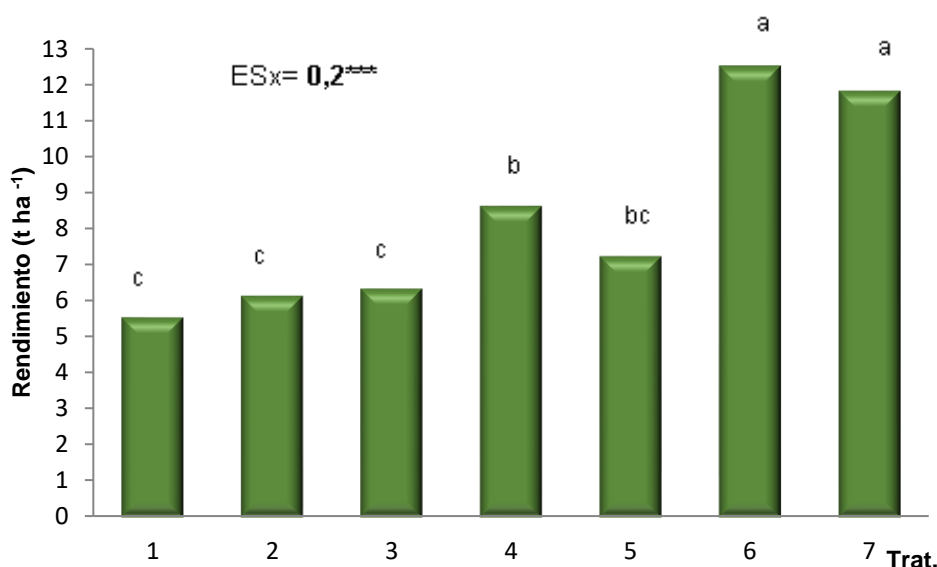
Se realizó un análisis económico específico para evaluar la rentabilidad del sistema de manejo. Se tomó como base el costo de una labor de manejo, la producción de los cultivos, los precios de venta y como referencia, los tratamientos de mayor y menor número de labores de manejo. La metodología utilizada fue la propuesta por la FAO (1980); esta valoración económica de los resultados se realizó en pesos cubanos (CUP), sobre la base de considerar los tratamientos estudiados. Los indicadores evaluados fueron los siguientes: (i) valor de la producción ( $\$/\text{ha}^{-1}$ ): resultado del rendimiento por el precio en t del producto; (ii) costo de producción ( $\$/\text{ha}^{-1}$ ): según los gastos incurridos en la producción de una hectárea; (iii) beneficio ( $\$/\text{ha}^{-1}$ ): resultado de la diferencia entre el valor de producción y el costo y (iv) relación Beneficio/Costo: cociente obtenido de dividir el beneficio entre el costo de producción.

Para el cálculo de estos indicadores se utilizó como información básica la ficha de costo, las cartas tecnológicas agrícolas del cultivo del maíz (MINAG, 2017) y los precios vigentes (MFP, 2016). Para estos cálculos las mazorcas de maíz tierno se llevaron a maíz seco a partir del criterio de Rabí (1997) de que por cada cuatro toneladas de mazorcas de maíz tierno equivale a una tonelada de maíz seco.

## 8 RESULTADOS

### 8.1 Efecto del Quitomax® en los indicadores del crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz

Al realizar el cálculo de los rendimientos del maíz en mazorcas tiernas (Figura 1), se observa que los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos (T6 y T7) difiriendo estadísticamente con el resto de los tratamientos donde se aplicó el Quitomax® y el control, lo cual demuestra que la aplicación combinada de la embebición de la semilla con la aspersion foliar a diferentes concentraciones es una alternativa a tenerse en cuenta para la aplicación de este bioproducto en el cultivo del maíz.



**Figura 1.** Rendimiento del maíz tierno (t ha<sup>-1</sup>) de plantas de maíz tratadas con diferentes formas de aplicación del Quitomax®

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L<sup>-1</sup>), T3- Embebición de la semilla 1 hora (0,5 g L<sup>-1</sup>), T4- Aspersion foliar (1 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersion foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T6- Embebición de la semilla y Aspersion foliar (1 g L<sup>-1</sup>), T7- Embebición de la semilla y Aspersion foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>)

*Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

Al analizar cómo se comportaron los parámetros del crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz con la aplicación de Quitomax®, los resultados de esta investigación muestran (Tabla 4), cómo a partir del momento y la forma de aplicación del producto, los tratamientos T6 y T7 fueron estadísticamente superiores al resto, siendo el de menor altura el tratamiento control (T1). En cuanto al carácter diámetro del tallo (DT) se visibiliza un comportamiento similar al anterior existiendo diferencias estadísticas, mostrándose como el mejor tratamiento el T6. Los tratamientos T1 y T2 fueron los de menor valor en este aspecto.

Al observar los resultados en cuanto al diámetro medio de la mazorca (DMM) existen diferencias significativas entre los tratamientos, de los cuales el T6 presenta el mayor diámetro.

**Tabla 4.** Comportamiento de las variables de crecimiento y desarrollo en el cultivo del maíz.

Trat.	AP	DMM	DT	AMS
T1	1.69 <sup>c</sup>	46.06 <sup>efg</sup>	28.39 <sup>def</sup>	0.91 <sup>b</sup>
T2	1.84 <sup>bc</sup>	48.99 <sup>abcd</sup>	28.93 <sup>bcde</sup>	0.96 <sup>b</sup>
T3	1.83 <sup>bc</sup>	47.67 <sup>cde</sup>	29.98 <sup>abcd</sup>	0.94 <sup>b</sup>
T4	1.88 <sup>b</sup>	49.99 <sup>abc</sup>	29.12 <sup>abcde</sup>	0.96 <sup>b</sup>
T5	1.89 <sup>b</sup>	49.48 <sup>abcd</sup>	30.05 <sup>abc</sup>	1.05 <sup>b</sup>
T6	2.12 <sup>a</sup>	50.74 <sup>a</sup>	30.62 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>
T7	2.10 <sup>a</sup>	50.26 <sup>ab</sup>	30.35 <sup>ab</sup>	1.09 <sup>a</sup>

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora (1 g L<sup>-1</sup>), T3- Embebición de la semilla 1 hora (0,5 g L<sup>-1</sup>), T4- Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>) (Dosis 10 mL x Planta), T6- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (1 g L<sup>-1</sup>), T7- Embebición de la semilla y Aspersión foliar (0,5 g L<sup>-1</sup>)  
*Medias de tratamientos con letras iguales, no difieren significativamente con p<0,05 según Duncan.*

Trat.: Tratamientos, AP: Altura de la planta, DMM: Diámetro medio de la mazorca, DT: Diámetro del tallo, AMS: altura de la mazorca superior

Los resultados de la evaluación del carácter altura de la mazorca superior (AMS) los tratamientos T6 y T7 fueron los que mostraron la mayor altura de la mazorca superior. bueno seleccionar los tratamientos de menor altura a la mazorca superior, o que tenga una buena relación con la altura de la planta.

Cuando se analizaron los resultados de los componentes del rendimiento (Tabla 5) se observa que para el caso de los caracteres número de granos por hileras (NGH) y número de granos por mazorca (NGM) se muestran diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, esto permite plantear que las formas de aplicación de este producto influyeron en los parámetros evaluados.

Como se observa en la tabla anterior, los tratamientos que en ambos caracteres mostraron los resultados superiores fueron el 6 y 7. En el caso del carácter masa de 100 granos (M100S), el tratamiento 6 fue el que obtuvo mejor resultado siendo superior estadísticamente al resto, sin embargo, en la masa total de los granos (MTSM) los mejores tratamientos resultaron el 6 y el 7. En el carácter diámetro de la tusa (DT), se observa que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos, más específicamente el T6 y T7, que son los tratamientos de mayor diámetro agrupándose nuevamente entre los tratamientos que tienen dos formas de aplicación del producto. Para los demás parámetros estudiados (longitud de la mazorca, Masa de 100 granos y masa total de granos por mazorca) existió un comportamiento similar a los parámetros anteriores.

**Cuadro 5.** Comportamiento de los componentes del rendimiento

Trat.	NGH	NGM	DT	LM	M100S	MTSM
T1	25.57 <sup>de</sup>	353.21 <sup>cd</sup>	1.63 <sup>de</sup>	14.56 <sup>cde</sup>	29.17 <sup>f</sup>	107.51 <sup>cde</sup>
T2	27.93 <sup>cd</sup>	385.53 <sup>bc</sup>	1.64 <sup>de</sup>	14.78 <sup>cd</sup>	34.6 <sup>bcde</sup>	113.22 <sup>cd</sup>
T3	27.43 <sup>cd</sup>	379.20 <sup>c</sup>	1.78 <sup>bcd</sup>	17.16 <sup>ab</sup>	30.61 <sup>f</sup>	132.60 <sup>bc</sup>
T4	30.83 <sup>abc</sup>	439.07 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>abc</sup>	15.32 <sup>bcd</sup>	35 <sup>bcd</sup>	154.47 <sup>ab</sup>
T5	31.21 <sup>abc</sup>	440.90 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>abc</sup>	17.38 <sup>a</sup>	35 <sup>bcd</sup>	158.44 <sup>a</sup>
T6	32.27 <sup>a</sup>	455.33 <sup>a</sup>	1.99 <sup>a</sup>	17.53 <sup>a</sup>	38.9 <sup>a</sup>	178.46 <sup>a</sup>
T7	31.97 <sup>ab</sup>	454.47 <sup>a</sup>	1.87 <sup>ab</sup>	17.59 <sup>a</sup>	36.52 <sup>ab</sup>	164.35 <sup>a</sup>

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T3- Embebición de la semilla 1 hora ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ), T4- Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T5- Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis  $10 \text{ mL x Planta}$ ), T6- Embebición de la semilla y Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T7- Embebición de la semilla y Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ )  
 NGH: número de granos por hileras, NGM: número de granos por mazorca, DT: diámetro de la tusa, LM: longitud mazorca, M100S: masa de cien granos, MTSM: masa total de los granos

De manera general existe una tendencia tanto en los parámetros de crecimiento y desarrollo como en los componentes del rendimiento, encontrándose los mejores resultados en aquellos tratamientos donde se realizó la aplicación del Quitomax® de forma combinada, los cuales se mostraron en correspondencia con el tratamiento que mayor rendimiento obtuvo.

En la agricultura, la quitosana y sus derivados de menor masa molar, pueden tener una amplia aplicación a partir de las potencialidades biológicas que se le han demostrado a estos compuestos, como son, una importante actividad antimicrobiana sobre el crecimiento y desarrollo de hongos, bacterias y oomycetes, la inducción de resistencia en plantas contra patógenos potenciales y la promoción del crecimiento y desarrollo de varios cultivos.

## 8.2 Análisis económico

Para el análisis económico se tuvo en cuenta los gastos incurridos durante el ciclo del cultivo en cada tratamiento. El indicador utilizado fue número de labores realizadas y sus costos por tratamiento, además de la dosis de producto utilizado teniendo en cuenta su forma de aplicación en comparación con el testigo de referencia (T1), las restantes labores fitotécnicas fueron las mismas para todos los tratamientos.

En la tabla 6 se muestran los resultados del análisis económico a partir de los cálculos realizados de los gastos, según el método que se aplicó, donde el mejor tratamiento fue el de QuitoMax® aplicado mediante la combinación de embebición de la semilla y aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) (T6). Aunque este tratamiento presentó los mayores costos debido a las dosis de producto utilizado, se alcanzaron las mayores ganancias respecto al tratamiento tradicional y al resto de los tratamientos, donde fueron utilizados diferentes dosis y formas de aplicación del QuitoMax®, lo que demuestra el efecto positivo de la dosis utilizada.

**Tabla6.** Análisis económico en el cultivo del maíz

Trat.	P.V Maíz (t)	Producción maíz ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Valor de la Producción ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ )	Costo de Producción ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ )	Beneficio ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ )	Relación Beneficio/ Costo	Costo / peso ( $\$ \text{ ha}^{-1}$ )
T1	2530,22	1,8	4554,4	240,00	4314,4	0,06	0,05
T2	2530,22	2,03	5136,3	260,80	4875,5	0,05	0,05
T3	2530,22	2,1	5313,5	250,40	5063,1	0,05	0,05
T4	2530,22	2,87	6400,7	260,80	6139,9	0,04	0,04
T5	2530,22	2,4	6072,5	250,40	5822,1	0,04	0,04
T6	2530,22	4,17	10551,01	281,60	10269,41	0,03	0,03
T7	2530,22	3.93	9943,8	260,80	9683	0,03	0,03

**P.V:** precio de venta

T1- Control, T2-Embebición de la semilla 1 hora ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T3- Embebición de la semilla 1 hora ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ), T4- Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis 10 mL x Planta), T5- Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ ) (Dosis 10 mL x Planta), T6- Embebición de la semilla y Aspersión foliar ( $1 \text{ g L}^{-1}$ ), T7- Embebición de la semilla y Aspersión foliar ( $0,5 \text{ g L}^{-1}$ )

### 8.3 Discusión

El empleo de variables del crecimiento y desarrollo del cultivo del maíz como indicadores eficientes, han dado muestras de su importancia para predecir y planificar cosechas en función de la producción esperada (Molnar & Precsenyi, 2000). En este sentido Vaz-Pereira (2015) en Huambo, Angola, demostró la existencia de correlaciones positivas entre algunos de estos caracteres y el rendimiento del cultivo del maíz.

El consumo de maíz en Cuba, generalmente se hace cuando los granos están en su estado “tierno” esta modalidad tiene la ventaja de liberar la superficie antes de culminar el ciclo del cultivo y permite adelantar la entrada del nuevo cultivo y con ello se eleva el coeficiente de rotación (Leyva & Pohlan, 2005).

Según Luna *et al.* (2015), la altura de la planta es un parámetro que depende en mayor medida de factores externos del medio, en este sentido los tratamientos con mayor altura de la planta tienen aplicación del bioestimulante Quitomax<sup>®</sup> en las formas combinadas, a las dos concentraciones estudiadas sin que presenten diferencias significativas entre ellos, lo que provocó su mayor crecimiento debido a las propiedades estimulantes del producto (Martínez *et al.*, 2017).

El diámetro del tallo influye en el sostén de la planta, mientras menor sea este mayor serán las probabilidades de que la planta pueda caer por el peso de la mazorca (Torres *et al.*, 2018). Este parámetro (DMM) presenta una marcada influencia en el rendimiento del maíz ya que con un mayor diámetro de la mazorca en dependencia del diámetro medio de la tusa puede significar un mayor tamaño de los granos y por ende un mayor peso de estos (Torres *et al.*, 2018).

El indicador altura de la mazorca superior muestra gran importancia, ya que la altura de las mazorcas puede dificultar la labor de cosecha manual si esta es muy elevada, además, es más propenso al acame debido al peso que tendrá que soportar el tallo (Vargas, 2013), por tanto, en este caso es bueno seleccionar los tratamientos de menor altura a la mazorca superior, o que tenga una buena relación con la altura de la planta.

Aunque no se conocen con exactitud los mecanismos por los que la quitosana estimula el crecimiento y desarrollo de las plantas, se ha planteado que está involucrada en procesos fisiológicos, pues evita las pérdidas de agua por vía de la transpiración. En tal sentido, se ha demostrado la presencia del cierre estomático en plantas asperjadas con Quitomax<sup>®</sup>, lo que sugirió que el efecto estimulante del crecimiento, luego del cierre estomático podría estar relacionado con un efecto antitranspirante en la planta, señalándose, además, que la aplicación foliar de Quitomax<sup>®</sup> en papa redujo los efectos del estrés hídrico (Morales *et al.*, 2016).

Los resultados arrojados por el análisis económico concuerdan con los obtenidos por Boonlertnirunet *al.* (2008) en el cultivo de la fresa y Abdel-Mawgoudet *al.* (2010), en el cultivo del arroz, los cuales obtuvieron un incremento de los rendimientos entre un 20-30% después de la aspersión foliar y del tratamiento a las semillas con quitosana, respectivamente.

De acuerdo con Falcón *et al.* (2015), la aplicación de diferentes dosis de quitosana estimula los procesos fisiológicos en la planta y se incrementa el tamaño de las células, lo cual hace que

aumente la absorción de nutrientes por la planta y aumenta su crecimiento y desarrollo, trayendo consigo un aumento en los rendimientos, lo cual se revierte en mayores ganancias.

El análisis de la valoración económica en este estudio demuestra que existe una factibilidad económica en la gestión productiva, lo que indica la posibilidad en la utilización de una estrategia con el manejo de dosis y formas de aplicación con este producto con el fin de incrementar los rendimientos en el cultivo del maíz. Esta alternativa representa un beneficio desde el punto de vista económico, social y medioambiental fundamentalmente en aquellas áreas sembradas con dificultades en el suministro de nutrientes, con el mínimo impacto posible sobre la producción. El análisis económico concebido, permitió realizar una valoración integral de los resultados obtenidos desde el punto de vista productivo, pues aquellos tratamientos que presentaron el mejor comportamiento en cuanto a rendimiento y calidad, mostraron también indicadores de eficiencia económica superiores.

## 9 CONCLUSIONES

La aplicación de Quitomax<sup>®</sup> fue efectiva al aumentar algunos indicadores del crecimiento de plantas de maíz, siendo la combinación de la embebición de las semillas con la aspersión foliar de la quitosana a una concentración de 1 g L<sup>-1</sup> con la que se obtienen los resultados más importantes. La mayor rentabilidad en cuanto a la utilización del Quitomax<sup>®</sup> se alcanza con el tratamiento que se combinó la embebición de la semilla y la aspersión foliar a una concentración de 1 g L<sup>-1</sup> (T6), siendo el tratamiento donde se alcanzaron las mayores ganancias. Esto sugiere que la combinación de la forma de aplicación del Quitomax<sup>®</sup> es una opción recomendable para el cultivo del maíz.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdel-Mawgoud, A.M.R., Tantawy, A.S., El-Nemr, M.A., & Sassine, Y.N. (2010) Growth and Yield Responses of Strawberry Plants to Chitosan Application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1):170-177.
- Blanco, V.Y. (2017). Manejo oportuno de las arvenses en sus relaciones interespecíficas con los cultivos del maíz (*Zea mays*L.) y del frijol (*Phaseolus vulgaris*L.) en un sistema sucesiones. [Tesis de Doctorado]. [Mayabeque]: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas; 100 p.
- Boonlertnirun, S., Boonraung, C., & Suvanasara, R. (2008). Application of Chitosan in Rice Production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 18(2):47-52.
- Boonlertnirun, S., Boonraung, C., & Suvanasara, R. (2017). Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 18(2). Retrieved from <http://jmmm.material.chula.ac.th/index.php/jmmm/article/view/310>
- Falcón, A.B., Costales, D., González-Peña, D., & Nápoles, M.C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: Las Oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36 (No. especial): 11-129.
- Falcón Rodríguez, Alejandro B, Costales Mené, Daimy, González-Peña Fundora, Dianeveys, & Nápoles García, María C. (2015). Nuevos productos naturales para la agricultura: las oligosacarinas. *Cultivos Tropicales*, 36(Supl. 1), 111-129. Recuperado en 17 de mayo de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000500010&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500010&lng=es&tlng=es).

- Falcón, A.B., Costales, D., González, P.D., Morales, D., Mederos, Y., Jerez, E., & Cabrera, J.C. (2017). Chitosans of different molecular weight enhance potato (*S. tuberosum* L.) yield in a field trial. Spanish Journal of Agricultural Research. 15 (1) e0902. <https://doi.org/10.5424/sjar/2017151-9288>
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y agricultura. (1980). Los fertilizantes y su empleo. Guía de bolsillo para los extensionistas. 3ra Edición. Roma, 54 p.
- Google Earth. 2015. Programa Googleearth.exe. Consultado [6-2015]. Disponible en: <<http://earth.google.es/showcase/>>.
- Hernández, J.A., Pérez, J.J.M., & Bosch, I.D., & Castro SN. (2015). Clasificación de los suelos de Cuba. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 91 p.
- Herrera, E.M.C., Toro, M., & López, D. (2016). Efecto de micorrizas nativas y fósforo en los rendimientos del maíz en Guárico, Venezuela. Temas Agrarios; 2: 21-31. doi:10.21897/rta.v21i2.898
- Lecha, L., Paz, L., & Lapaniel, B. (1994). El clima de Cuba. Ed. Academia. La Habana. 186 p.
- Leyva, A., & Pohlan, J. (2005). Agroecología en el trópico: Ejemplos de Cuba. La biodiversidad vegetal, como conservarla y multiplicarla. Aachen: Ediciones shakerverlang, 198 p.
- Luna, R., Reyes, J.J., López, R., Reyes, M., Alava, A., Velasco, A., Álvarez, G., Castillo, H., Cedeño, D., & Macías, R. (2015). Efectos de abonos orgánicos en el crecimiento y desarrollo del pimiento (*Capsicum annuum* L.). Centro Agrícola, 42(4):11-19.
- Martínez, L., Maqueira, L., Nápoles, M., & Núñez, M. (2017). Efecto de bioestimulantes en el rendimiento de dos cultivares de frijol (*P. vulgaris* L.) biofertilizados. Cultivos Tropicales, 38 (2): 113-118.
- MFP (Ministerio de Finanzas y Precios). (2016). Gaceta Oficial de la República de Cuba. Resolución No. 157/16 (GOC-2016-436-FX15), 19 p. ISSN: 1682-7511.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2000). Guía Técnica para la producción del cultivo del maíz (*Zeamays* L) en Cuba. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova". Quivicán, La Habana, Cuba, 20 p. ISBN: 959-7111-11-X.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2017). Carta tecnológica agrícola del cultivo del maíz y del frijol.
- MINAG (Ministerio de la Agricultura). (2017). Manual de ficha de costos tecnológicas para la elaboración del plan anual de la economía. Dirección de contabilidad y precios. La Habana, 120 p.
- Molnar, I., & Precsenyi, I. (2000). Changes on the diversity (species cover) of weed communities in maize fields in Eastern Hungary in 1994 and 1995. Novenytermeles, 49:81-87.
- Morales, D., Dell'Amico, J., Jerez, E., Díaz, Y., & Martín, R. (2016). Effect of QuitoMax on crop growth and yield of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Cultivos Tropicales, 37(1):142-147.
- Paneque, P. V. M., Calaña, N. J. M., Calderón, V. M., Borges, B. Y., Hernández, G. T. C., & Caruncho, C. M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos* [en línea]. Ed. Ediciones INCA, La Habana, Cuba, 157 p., ISBN 978-959-7023-51-7, [Consultado: 27 de enero de 2016], Disponible en: <<http://mst.ama.cu/578/>>.
- Rabí, O. (1997). Comportamiento de una variedad de maíz de introducción. X Fórum de Ciencia y Técnica, IIHLD.
- Ramos, B.L.R., Montenegro, S. T. C., & Pereira, S.N. (2011). "Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura". Revista Iberoamericana de Polímeros, 12(4): 195–215

Reyes, P.J.J., Enríquez, A.E.A., Ramírez, A.M.A., Rodríguez, P.A.T., Lara, C.L., & Hernández, M.L.G. (2019). Evaluation of the growth, yield and nutritional quality of pepper fruit with the application of Quitomax®. *Ciencias en Investigación Agropecuaria*, 46 (1): 277-289.

Torres, R.J.A., Reyes, P.J.J., González, G.L.G., Jiménez, P.M., Boicet, F.T., Enríquez, A.E.A., Rodríguez, P.A.T., Ramírez, A.M.A., & González, R.J.Ch. (2018). Respuesta agronómica de dos variedades de maíz blanco (*Zea mays*, L.) a la aplicación de Quitomax, Azofert y Ecomic. *Biotecnia*, 20(1):3-7.

Vargas, J., Zepeda, R., Arellano, J., Ávila, M., & Martínez, I. (2013). Producción de semilla de progenitores e híbridos de maíz de valles altos en dos fechas de siembra. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria de México*, 1(1): 26-32.

Vaz-Pereira, J.C. D. (2015). Contribución a la sostenibilidad de la producción de maíz (*Zea mays* L.) en Huambo, Angola, a través del manejo agroecológico de las arvenses. Tesis de Doctorado, INCA. Mayabeque, Cuba, 100 p.



## **PRODUCTIVIDAD DE CULTIVARES DE SOYA EN DOS ÉPOCAS DE SIEMBRA.**

PRODUCTIVITY OF SOYBEAN CULTIVARS IN TWO SOWING SEASONS.

**Ing. OsmanyRoján Herrera<sup>1</sup>**

**Dr.CLázaro A. Maqueira López<sup>2</sup>**

**Dra.C Miriam Núñez Vázquez<sup>3</sup>.**

*1 Especialista, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, UCTB Los Palacios, Cuba.*

*2 Investigador Auxiliar, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, UCTB Los Palacios, Cuba.*

*3 Investigador Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Cuba.*

[orojan@inca.edu.cu](mailto:orojan@inca.edu.cu), [lalberto@inca.edu.cu](mailto:lalberto@inca.edu.cu), [mnunez@inca.edu.cu](mailto:mnunez@inca.edu.cu)

### **Resumen.**

La investigación se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, con el objetivo de analizar la productividad de cultivares de soya en dos épocas de siembra. Se utilizaron los cultivares DT-20, DVN-5, DT-26, DVN-6 de procedencia vietnamita, los cuales se sembraron sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico, en dos fechas diferentes (enero y mayo 2013), correspondientes a las épocas frío y primavera, respectivamente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro tratamientos (los cultivares) y tres réplicas, y se evaluaron variables del crecimiento y rendimiento agrícola. Los resultados mostraron una variación entre cultivares para una misma fecha de siembra y entre épocas. En la siembra de mayo 2013, los cultivares alcanzaron un mayor valor de la masa seca total de la parte aérea, así como del rendimiento agrícola. Sin embargo, en la siembra de enero se obtuvieron los mejores resultados en cuanto al índice de cosecha. También se debe resaltar que de manera general para las dos fechas de siembra, las variables más asociadas al rendimiento agrícola fueron el número de vainas y el número de granos por planta.

**Palabras Clave:** Glycinemax, rendimiento, índice de cosecha.

### **Abstract.**

The research was developed in areas of the Base Scientific-Technological Unit, Los Palacios, Pinar del Río, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences, with the objective of analyzing the productivity of soybean cultivars in two sowing seasons. The cultivars DT-20, DVN-5, DT-26, DVN-6 of Vietnamese origin were used, which were sown on a Hydromorphic Gley Nodular Ferruginous Petroperic soil, on two different dates (January and May 2013), corresponding to the cold and spring seasons, respectively. A randomized block experimental design with four treatments (cultivars) and three replicates was used, and variables of growth and agricultural yield were evaluated. The results showed a variation between cultivars for the same sowing date and between seasons. In May 2013 sowing, the cultivars reached a higher value of the total dry mass of the aerial part, as well as of the agricultural yield. However, in January the best results of the harvest index were obtained. It should also be noted that, in general, for the two sowing dates, the variables most associated to yield were the number of pods and the number of grains per plant.

**Key words:** Glycine max, yield, harvest index.

### **1- Introducción**

La soya (*Glycinemax* (L.) Merrill) constituye el principal cultivo de semillas oleaginosas producido en todo el mundo, con un área de alrededor de 130 millones de hectáreas y una producción total de 360 millones de toneladas **(1)**. Las diferentes condiciones ambientales, genotípicas y de manejo (grupo de madurez, fecha de siembra, clima y suelo) afectan el crecimiento de este cultivo, por lo tanto, pueden ayudar a explicar las variaciones en la respuesta del rendimiento en diferentes condiciones ambientales **(2)**. De esta manera, es posible que distintos genotipos puedan obtener rendimientos similares o distintos en un mismo ambiente, y que un genotipo pueda alcanzar distintos rendimientos en diferentes ambientes **(3)**.

A su vez, la respuesta del crecimiento y el rendimiento de la soya a la fecha de siembra, ha sido evaluado ampliamente por muchos investigadores **(4)**, ya que es una de las decisiones de producción más importante y menos costosa que afecta el rendimiento y la calidad de las semillas de soya **(5)**. Algunos estudios muestran que la fecha de siembra, a través de las variaciones de las diferentes variables meteorológicas, es uno de los factores más influyentes que afectan los rasgos agronómicos de la soya, en función de la etapa de crecimiento en que se encuentra el cultivo **(6)**.

En Cuba, el procesamiento industrial del grano de soya permite obtener diversos productos de valor estratégico para el hombre como es la leche, el yogurt y el aceite, además de la obtención de harinas para la alimentación animal **(7)**. Sin embargo, a pesar de que este cultivo se conoce desde inicios del siglo XX, aún no se ha podido estabilizar su producción **(8)**. Así mismo, en aras de incrementar la producción de este grano en el país, se han introducido algunos cultivares foráneos, específicamente de Vietnam, que deben ser evaluados para maximizar su aprovechamiento.

Es por todo lo antes expuesto que resulta de suma importancia el estudio de factores que limitan el crecimiento y el rendimiento de estos nuevos cultivares de soya, ya que el conocimiento de los mismos determinan el rendimiento en las diferentes épocas de siembra, contribuye a la elección de prácticas de manejos más apropiadas para el cultivo y guía al mejorador en la selección de cultivares de mayor potencial de rendimiento y más adaptados al ambiente. Por lo tanto, el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de analizar la productividad de cultivares de soya en dos épocas de siembra.

## 2- Materiales y Métodos

Los experimentos se desarrollaron en la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios (UCTB-LP), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, situada en la llanura sur de la Provincia de Pinar del Río, a los 22°44' de latitud Norte y a los 83°45' de latitud Oeste, a 60 m.s.n.m, con pendiente aproximada de 1 %, en el período comprendido entre enero y agosto del 2013. Se evaluaron cuatro cultivares de soya (DVN-5, DVN-6, DT-84, D-2101), de diferentes ciclos vegetativos, procedentes de la República Socialista de Vietnam, los cuales se sembraron en dos fechas de siembra, en enero y mayo correspondientes a las épocas de frío y primavera, respectivamente.

El suelo del área experimental se clasifica, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (9), como Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. Como resultado del muestreo de suelo del área experimental, se muestran en la Tabla I algunas propiedades que caracterizan su fertilidad.

**Tabla I.** Algunas propiedades de la capa arable (0-20 cm) que caracterizan la fertilidad del suelo donde se desarrollaron los experimentos.

pH H <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MO
	cmol kg <sup>-1</sup> Suelo				mg 100 g <sup>-1</sup> de suelo	%
6,49	7,01	3,13	0,16	0,23	20,47	2,72

Las principales características de los cultivares en estudio se presentan en la Tabla II (8). Se utilizó la siembra directa de forma manual a una distancia de 0,7 x 0,07 m con una norma de semillas de 54 kg ha<sup>-1</sup>, para asegurar, al menos, 28 plantas por m<sup>2</sup>. En cada fecha de siembra se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con tres réplicas y cuatro tratamientos (los cultivares). Las parcelas experimentales contaron con un área de 30 m<sup>2</sup> de superficie.

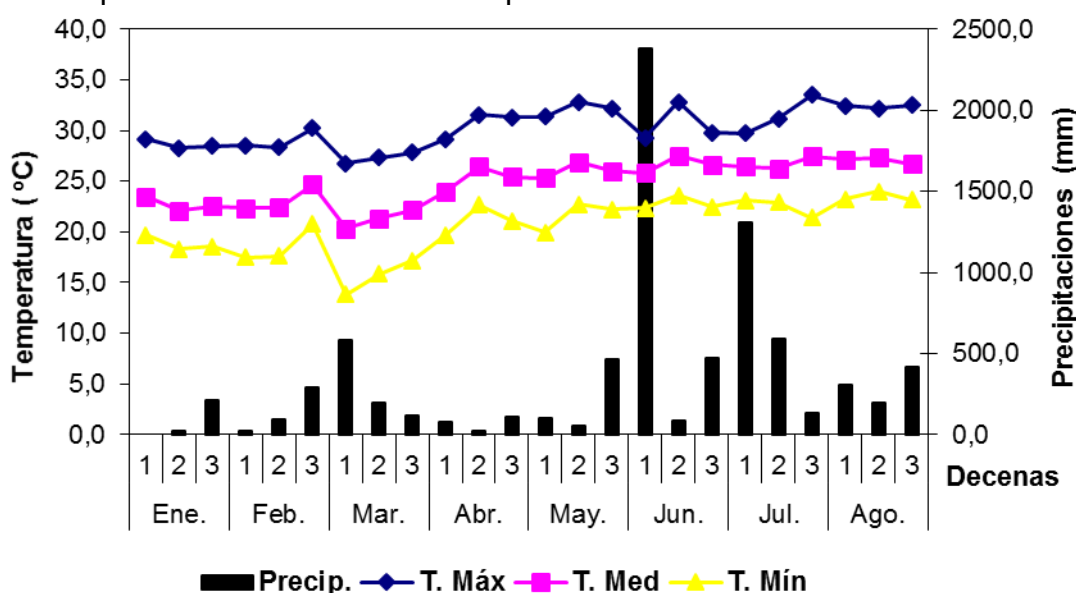
**Tabla II.** Principales características de los cultivares de soya estudiados en los experimentos.

Características	DT-20	DVN-5	DT-26	DVN-6
Rendimiento	2,5-3,0 t ha <sup>-1</sup>	3,0-3,5 t ha <sup>-1</sup>	2,5-3,5 t ha <sup>-1</sup>	3,0-3,5 t ha <sup>-1</sup>
Época de siembra	Invierno-Verano	Primavera-Verano	Invierno-Verano	Primavera-Verano
Ciclo (días)	95-100	92-100	95-100	95-100

<b>Hábito de crecimiento</b>	Semi-determinado	Determinado	Determinado	Determinado
------------------------------	------------------	-------------	-------------	-------------

Las labores fitotécnicas se realizaron según lo recomendado en el Manual Técnico del Cultivo de la Soya (10). Siempre se garantizó que no existiera ningún tipo de limitaciones para las plantas.

Los valores de las variables meteorológicas (temperaturas máximas, mínimas y medias, y precipitaciones decenales promedio) del período en que se desarrollaron los experimentos, se aprecian en la Figura 1, los que se obtuvieron de la Estación Meteorológica de Paso Real de San Diego, en Los Palacios, a unos 3 km aproximadamente del área experimental.



**Figura 1.** Temperaturas (máxima, media, mínima) y precipitaciones decenales promedio tomadas de la Estación Agrometeorológica de Paso Real de San Diego, durante el período que duraron los experimentos.

En cada parcela experimental, en el momento de la cosecha, se tomaron diez plantas representativas al azar, siempre respetando el área de borde. En cada planta se evaluaron las siguientes variables:

- Masa seca total de la parte aérea (g) (M total).
- Masa seca de tallos (g) (M tallos).
- Masa seca de las vainas (g) (M Vainas).
- Masa seca de los granos (g) (M Granos).
- Masa de 1000 granos (g) (M 1000).
- Número de granos por planta (No Granos).
- Número de vainas por planta (No Vainas).
- Número de granos por vaina (No GrVai).
- Índice de cosecha (IC).
- Rendimiento agrícola ( $t\ ha^{-1}$ ) al 14 % de humedad (Rendimiento).

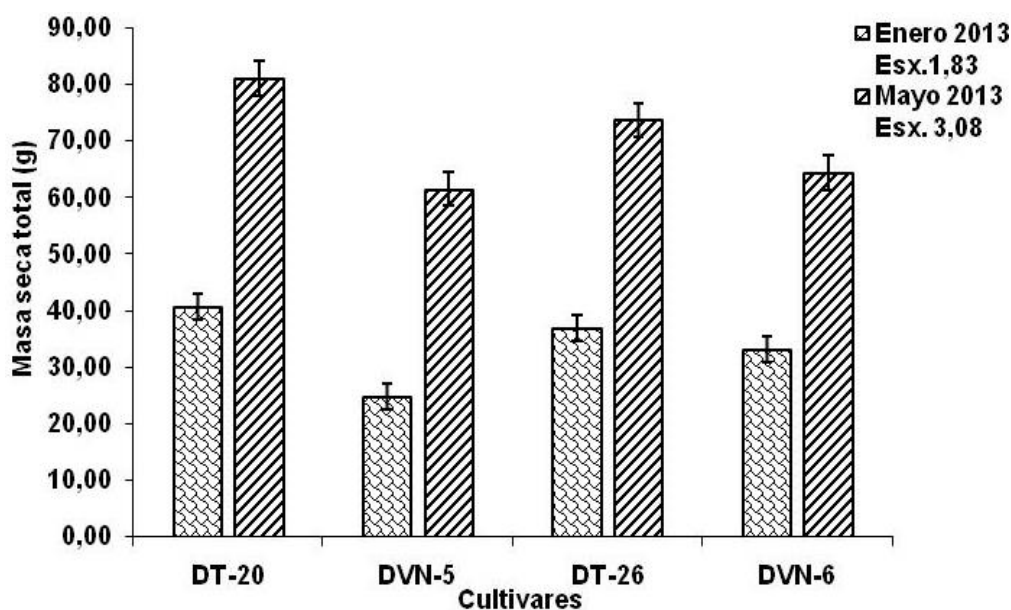
Para la masa seca de las partes de la planta (M tallos, M vainas, M granos), se separaron cada una de las partes y se mantuvieron en estufa durante 72 horas a una temperatura de 70 °C hasta masa constante. La masa total de la parte aérea (M total), se estimó a partir de la sumatoria de la masa seca de cada órgano individual. El IC, se estableció como el cociente de la masa seca de granos entre la masa seca total de la parte aérea de la planta.

Para determinar el rendimiento agrícola ( $t\ ha^{-1}$ ), se cosecharon 8 m<sup>2</sup> del centro en cada parcela experimental, se trillaron las plantas y se secaron los granos hasta alcanzar el 14 % de humedad. En cuanto al número de granos y número de vainas, se contabilizó el valor de cada variable en las diez plantas por parcela y para la cantidad de granos por vaina, se dividió el total de granos entre el total de vainas por planta. De todos los granos de las 10 plantas muestreadas, se tomaron cuatro muestras al azar de 1000 granos por parcela. Estas se secaron hasta que los granos alcanzaron un 14 % de humedad y posteriormente se pesaron las muestras en una balanza analítica (KERN<sub>PLJ</sub> e=0,01 g) para obtener el valor de la masa en gramos.

Las medias de las variables evaluadas obtenidas por cultivar y fecha de siembra, se sometieron a análisis de varianza simple, y las diferencias significativas entre las medias de los tratamientos se verificaron por la prueba de Tukey al 95 %. En el caso de la masa seca total de la parte aérea, el índice de cosecha y el rendimiento, producto del diseño experimental empleado, se calculó el intervalo de confianza a partir del error experimental del análisis de varianza. Además, con la matriz de datos obtenida (cultivares, rendimiento, componentes de rendimiento y variables del crecimiento), se realizó un análisis multivariado de Componentes Principales, mediante la representación de un Biplot, para identificar las variables más asociadas al rendimiento. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics 5.0 (11).

### 3- Resultados y Discusión

En la figura 2, se aprecia la respuesta de la masa seca total de la parte aérea de los cultivares de soya en las diferentes fechas de siembra estudiadas (enero y mayo 2013). De manera general, los cultivares alcanzaron los mayores valores de esta variable en la fecha correspondiente a la época de primavera (mayo 2013). Así mismo, el cultivar DT-20 obtuvo la mejor respuesta en ambas fechas de siembra, aunque sin diferencias respecto al cultivar DT-26 en la fecha correspondiente a la época de frío (enero 2013).



**Figura 2.** Masa seca total de la parte aérea de los cultivares de soya en las dos fechas de siembra estudiadas.

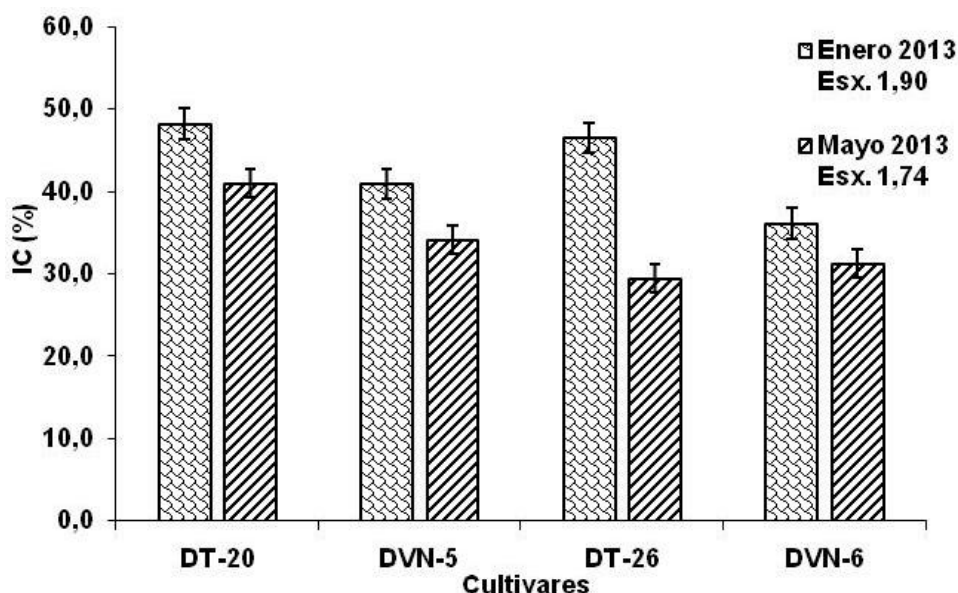
En este sentido, algunos autores resaltan que en Cuba, en la época de primavera, es donde la mayoría de los cultivares de soya logran una mayor producción de biomasa (7,12). También, esta diferencia tanto entre cultivares como entre fechas de siembra para esta variable, pudiera ser consecuencia de la respuesta de los genotipos a las condiciones ambientales, fundamentalmente, a las temperaturas (13). En la época de primavera las plantas estuvieron expuestas a valores más elevados de temperatura (Figura 1), condición esta que propició un mayor crecimiento de las plantas.

Es importante resaltar que la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta, es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de asimilados a través de un sistema fuente/sumidero (14). Por lo tanto, la proporción de biomasa asignada a hojas, tallos y frutos en cada momento del desarrollo, depende de la cinética de crecimiento y de la tasa de distribución, que están gobernadas por el área foliar, variables meteorológicas y disponibilidad de nutrimentos (15).

La producción de materia seca en el cultivo de la soya, depende, fundamentalmente, de la duración del período comprendido entre la fase de emergencia ( $V_e$ ) e inicio de la formación de las semillas ( $R_5$ ) (16). También, otros autores afirman que la producción de biomasa de un cultivo es función de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa incidente, de la proporción de ésta que es interceptada y de la eficiencia de conversión de dicha radiación interceptada (17,18). Por lo tanto, en este estudio la respuesta del cultivar DT-20, está relacionada a lo planteado por estos autores, o sea, aunque este cultivar presenta un ciclo similar a los demás cultivares estudiados, tiene como característica particular, que el período  $V_e$  a  $R_5$  tiende a ser más duradero (8), por tanto, la fase en que se decide la mayor producción de biomasa, estuvo expuesta a un mayor tiempo de radiación incidente, a la vez que la eficiencia de conversión de este cultivar debió ser más eficaz que el resto de los cultivares. Evidentemente,

aunque la cantidad de radiación incidente no es fácilmente manejada en la práctica agrícola, resulta de vital importancia hacer coincidir el período crítico del cultivo, con los períodos de mayor probabilidad de alta radiación.

Al analizar el comportamiento del índice de cosecha (Figura 3), se pudo apreciar que esta variable obtuvo una respuesta inversa a la masa seca total, pues fue en la fecha correspondiente a la época de frío (enero 2013), donde los cultivares alcanzaron los mayores valores. El cultivar DT-20 obtuvo los mejores resultados de esta variable en ambas fechas de siembra, sin embargo, en la fecha de mayo 2013, el cultivar DT-26 manifestó la más baja eficiencia en la conversión de masa seca económicamente útil, lo que puede estar muy relacionado con las características genéticas y la respuesta del cultivar a las condiciones imperantes durante el desarrollo del mismo. Estudios previos han demostrado, que los valores de índice de cosecha pueden variar entre fechas de siembra para un mismo cultivar, y entre cultivares para una misma fecha de siembra (19); por lo tanto, con este resultado obtenido se puede inferir que, la respuesta de los genotipos al índice de cosecha, no solo depende del cultivar, sino también de la época de siembra.



**Figura 3:** Comportamiento del índice de cosecha (IC) de cuatro cultivares de soya sembrados en dos fechas diferentes (enero y mayo 2013).

Por otra parte, la literatura plantea que las altas temperaturas, generalmente, dan como resultado un menor índice de cosecha, debido a que los asimilados destinados al crecimiento y el rendimiento tienen que ser utilizados en otros procesos fisiológicos como la respiración de mantenimiento, el ajuste osmótico y el crecimiento de las raíces (20). En este estudio, los valores más bajo del índice de cosecha, coincide con el período donde las temperaturas fueron más elevada, por lo que pudo ser un factor influyente en la respuesta de los cultivares a esta variable. Resultados similares fueron reportados por otros autores, donde el índice de cosecha se redujo notablemente cuando los genotipos de soya fueron

sometidos a altas temperaturas (21). A partir de este estudio, se concreta que debe existir suficiente variabilidad genética entre los genotipos de soya, para que la selección y la evaluación basadas en las estimaciones del índice de cosecha sean significativas.

En la tabla 3, se muestran los resultados de los principales componentes del rendimiento, donde se evidencia las diferencias de estas variables entre cultivares para una misma fecha de siembra. En la fecha correspondiente a la época de frío (enero 2013), los cultivares DT-20 y DT-26 alcanzaron los valores más altos en el número de vainas sin diferencias significativas entre ellos, sin embargo, cuando se analizó el número de granos se observó que el cultivar DT-20 fue el de mejor respuesta. Resultados similares fueron obtenidos en la fecha de siembra de la época de primavera, aunque en el número de granos, el cultivar DT-26 alcanzó los mayores valores. Los resultados alcanzados en este estudio permiten explicar cómo unos cultivares responden mejor que otros a diferentes condiciones edafoclimáticas. En este sentido, la literatura resalta el papel que juega el número de vainas y el número de granos como componentes directos en la formación del rendimiento (3). Además, se afirma que cada componente es afectado por las diferentes variables meteorológicas en cada una de las etapas de desarrollo por las que transita el cultivo, fundamentalmente, en la etapa de llenado de los granos (22). De ahí, la baja respuesta alcanzada por el cultivar DVN-5 en el número de granos.

**Tabla III.** Respuesta de los principales componentes de rendimiento de los cultivares de soya en las diferentes fechas de siembra estudiadas.

<b>Enero 2013</b>				
<b>Cultivares</b>	<b>No. vainas</b>	<b>No. granos</b>	<b>No. Gra/Vai.</b>	<b>Masa 1000 (g)</b>
<b>DT-20</b>	58,06 a	105,86 a	1,83 ab	175,07 b
<b>DVN-5</b>	29,80 b	46,06 d	1,56 b	289,52 a
<b>DT-26</b>	49,66 a	92,26 b	2,27 a	186,58 b
<b>DVN-6</b>	32,03 b	63,93 c	1,93 ab	200,05 b
<b>Esx.</b>	3,77	7,10	0,08	14,05
<b>Mayo 2013</b>				
<b>Cultivares</b>	<b>No. vainas</b>	<b>No. granos</b>	<b>No. Gra/Vai.</b>	<b>Masa 1000</b>
<b>DT-20</b>	80,73 a	154,6 ab	1,91 b	175,53 b
<b>DVN-5</b>	55,66 b	101,86 c	1,91 b	216,49 a
<b>DT-26</b>	88,8 a	170,93 a	1,93 b	147,79 c
<b>DVN-6</b>	57,73 b	146,02 b	2,55 a	159,66 bc
<b>Esx.</b>	4,49	7,94	0,09	8,21

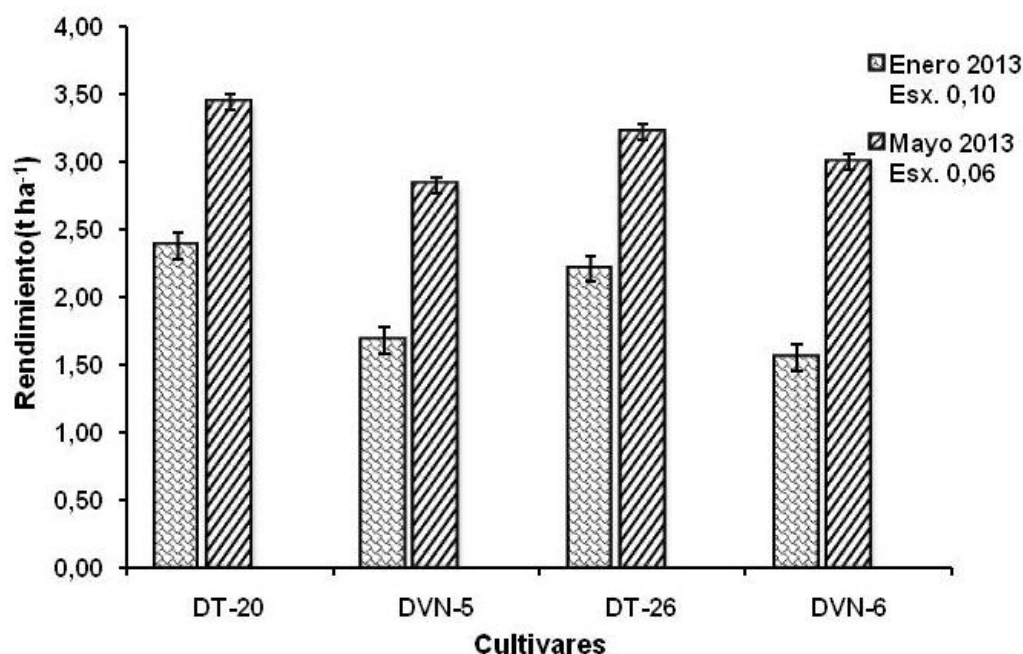
Medias con letras en común por columna, no difieren significativamente para  $p \leq 0,05$  según Prueba de Tukey.

En cuanto al número de granos por vaina, generalmente se mostró poca variabilidad entre los cultivares en ambas fechas de siembra. En enero 2013 solo el cultivar DVN-5 difirió del resto de los cultivares, los cuales no mostraron diferencias entre ellos. Sin embargo, en la fecha de siembra de mayo 2013, el cultivar DVN-6 alcanzó los valores más altos de esta variable. Este resultado corrobora lo planteado por algunos autores, donde destacan que la variabilidad en



el número de granos por vaina entre genotipos, se debe más a un carácter genético que a las condiciones meteorológicas prevalecientes (23), aunque no se debe obviar la influencia que ejerce estas condiciones durante el proceso de llenado de los granos. Por otra parte, cuando se analizó la respuesta de los cultivares a la masa de 1000 granos, se obtuvo cómo resultado que los mayores valores de esta variable lo alcanzó el cultivar DVN-5 en las dos fechas de siembra estudiadas. En este sentido, algunos autores enfatizan en la contradicción que existe entre los principales componentes del rendimiento, o sea, a medida que aumenta el número de vainas y el número de granos, disminuye la masa de los mismos y viceversa, lo que se demuestra una vez más el nivel compensatorio entre estos componentes (6).

De igual modo, esta variabilidad se hizo aún más evidente cuando se analizó la respuesta de los cultivares al rendimiento agrícola en las diferentes fechas de siembra estudiadas (Figura 4). Los mayores valores del rendimiento lo obtuvieron los cultivares en la fecha de siembra correspondiente a la época de primavera, resultado este que se corresponde con la fecha de siembra en la que se alcanzó la mayor producción de masa seca. Al respecto, algunos autores señalan que el rendimiento se relaciona positivamente con la cantidad de biomasa producida por la planta, y la forma en que ésta la particiona hacia los distintos destinos reproductivos (24).

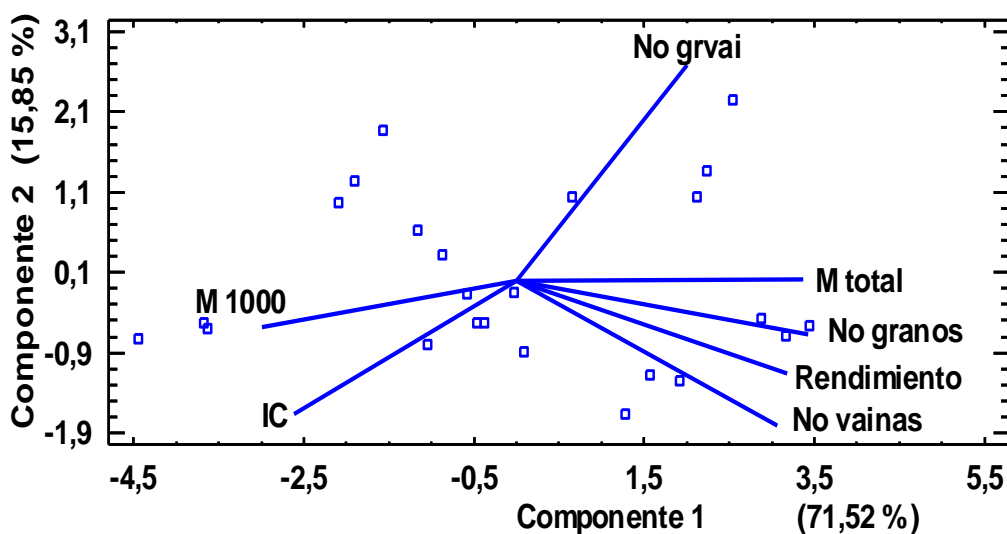


**Figura 4.** Rendimiento agrícola ( $t\ ha^{-1}$ ) al 14 % de humedad de los granos de los cultivares de soja sembrados en las dos fechas de siembra en estudio.

En ambas fechas de siembra el cultivar DT-20 alcanzó los valores más altos del rendimiento, aunque en la fecha de enero 2013 no mostró diferencias respecto al cultivar DT-26. Algunos autores informaron que el rendimiento del cultivo de la soja, estaba fuertemente correlacionado con la temperatura máxima diaria ( $\leq 30$

°c) durante la etapa de llenado de los granos (R<sub>5</sub>-R<sub>7</sub>), o sea, temperaturas altas generalmente están asociadas a una mayor duración del período, lo que lleva a una mayor disponibilidad de radiación incidente **(6, 16)**. De manera general, los mayores valores del rendimiento agrícola alcanzados por los cultivares de soya en este estudio, se corresponden con el período donde las temperaturas fueron más elevadas, por lo tanto, la disponibilidad de radiación incidente fue mayor y hubo un mejor aprovechamiento por parte de los cultivares, sobre todo el cultivar de mejor respuesta. Estos resultados demuestran que el entorno meteorológico también es un factor importante para los altos rendimientos, ya que se reafirma una vez más, que la fecha de siembra es uno de los factores más importantes a tener en cuenta a la hora de explicar las variaciones de los principales rasgos agronómicos de la soya.

Evidentemente, queda demostrado que de las variables analizadas en este estudio, algunas tuvieron una mayor contribución que otras al incremento del rendimiento. En este sentido, cuando se analizó el grado de asociación de estas con el rendimiento (Figura 5), se pudo observar que las más influyentes sobre el mismo fueron el número de vainas/planta y el número de granos/planta, vistas de manera general para las dos fechas de siembra estudiadas, aunque se observa que la masa seca total tiene una determinada asociación, por lo que jugó un papel fundamental en la expresión del rendimiento.



**Figura 5.** Asociación del rendimiento agrícola de los cultivares de soya con las variables obtenidas sobre el primer y segundo componente en las dos fechas de siembra estudiadas. M 1000: masa de mil granos (g). Rendimiento: Rendimiento agrícola (t ha<sup>-1</sup>). No granos: Número de granos por planta. No vainas: Número de vainas por planta. No grvai: Número de granos por vainas. M total: Masa seca total de la parte aérea (g). IC: Índice de cosecha (%).

Estudios realizados con cultivares de soya de diferente grupo de madurez, mostraron que el aumento del rendimiento se les atribuyó al considerable incremento en el número de vainas/planta y al número de granos/planta **(6)**. Además, se afirma que estas variables constituyen los principales componentes

del rendimiento, y solo pueden ser compensados, en cierta medida, por la masa de los granos (25). Por otro lado, se ha informado que los cultivares modernos de soya producen rendimientos más altos como resultado de una mejor acumulación de biomasa (14). Esto demuestra que para examinar el rasgo clave que puede mejorar el rendimiento de los cultivares de soya, se debe prestar más atención al período de llenado de los granos, con un fuerte énfasis en los rasgos relacionados con la dinámica de la masa seca.

#### 4- Conclusiones

Los resultados obtenidos indicaron que la mejor respuesta de los cultivares de soya estudiados fue obtenida en la fecha de siembra correspondiente a la época de primavera (mayo 2013). Los cultivares DT-20 y DT-26 fueron los de mejor comportamiento en ambas fechas de siembra, independientemente del hábito de crecimiento y la época recomendada para la siembra. El número de vainas/planta y el número de granos/planta demostraron ser las variables que más influyeron en la expresión del rendimiento en ambas fechas de siembra estudiadas.

#### Bibliografía

- 1- Carciochi WD, Schwalbert R, Andrade FH, Corassa GM, Carter P, Gaspar AP, Schmidt J, et al. Soybean seed yield response to plant density by yield environment in north america. *Agronomy Journal*. 2019;111(4):1923-32. doi:10.2134/agronj2018.10.0635.
- 2- Corassa GM, Telmo JC, Strieder ML, Schwalbert R, Pires JL, Carter PR, et al. Tasas óptimas de siembra de soja por rendimiento ambiental en el sur de Brasil. *Agronomy Journal*. 2018;110(6):1-9. doi:10.2134/agronj2018.04.0239
- 3- Enrico JM, Conde MB, Martignone RA, Bodrero ML. Soja: evaluación de la estabilidad del rendimiento según fechas de siembra. *EEA Oliveros INTA*. 2013;50:71-8.
- 4- Pierozan C, Kawakami J, Schwarz K, Umburanas RC, Del Conte MV, Müller MM, et al. Sowing dates and soybean cultivars influence seed yield, oil and protein contents in subtropical environment. *Journal of Agricultural Science*. 2017;9(6):188-98. doi:10.5539/jas.v9n6p188.
- 5- Boyer CN, Stefanini M, Larson JA, Smith SA, Mengistu A, Bellaloui N, et al. Profitability and risk analysis of soybean planting date by maturity group. *Agronomy Journal*. 2015;107:2253-62. doi: 10.2134/agronj15.0148.
- 6- Sadeghi H, Sharif H, Hamidi A, Mohammadi G, Madani H. Effect of planting management on soybean agronomic traits. *International Journal of Biosciences*. 2014;4(5):85-91. doi: 10.12692/ijb/4.5.85-91.
- 7- Romero A, Ruz R, González M. Evaluación de siete cultivares de soya (*Glycine max*) en las condiciones edafoclimáticas del municipio Majibacoa, Las Tunas. *Pastos y Forrajes*. 2013;36(4):459-63.
- 8- Van BN, Vinh TL, Alemán ML, Hernández BG, Thi VT. La colaboración en el cultivo de arroz, maíz, soya Vietnam-Cuba: Resultados y perspectivas. 1sted. Hanoi, Vietnam: Casa editorial de agricultura; 2015. 198 p.
- 9- Hernández AJ, Pérez JM, Bosch DI, Castro NS. *Clasificación de los suelos de Cuba*. 1st ed. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA; 2015, 93 p.
- 10- Esquivel MA. El cultivo y utilización de la soya en Cuba. Manual Técnico. Asociación Cubana de Producción Animal. 1997. 56 p.

- 11- Statistical Graphics Crop. STATGRAPHICS® Plus [en línea]. (ser. Profesional), versión 5.1, [Windows], 2000, Disponible en: <<http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>>.
- 12- Chacón A, Cardoso S, Barreda A, Colás A, Alemán R, Rodríguez G. Acumulación de materia seca, rendimiento biológico, económico e índice de cosecha de dos cultivares de soya (*Glycinemax* (L.) Merr.), en diferentes espaciamientos entre surcos. Centro Agrícola. 2011;38(2):5-10.
- 13- Zhang L, Zhu L, Yu M, Zhong M. Warming decreases photosynthates and yield of soybean (*Glycinemax* (L.) Merrill) in the North China plain. The Crop Journal. 2016; 20. doi.org/10.1016/j.cj.2015.12.003.
- 14- Kawasaki Y, Tanaka Y, Katsura K, Purcell LC, Shiraiwa T. Yield and dry matter productivity of Japanese and US soybean cultivars. Plant Production Science. 2016;19(2):257-66. doi: 10.1080/1343943X.2015.1133235.
- 15- Barrientos H, del Castillo CR, García M. Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales. 2015;2(1):7-118.
- 16- Saryoko A, Fukuda Y, Lubis I, Homma K, Shiraiwa T. Physiological activity and biomass production in crop canopy under a tropical environment in soybean cultivars with temperate and tropical origins. Field Crops Research. 2018;216:209-16. doi: 10.1016/j.fcr.2017.11.012.
- 17- Bianculli ML, Aguirrezábal LA, Pereyra GA, Echarte MM. Contribution of incident solar radiation on leaves and pods to soybean seed weight and composition. European Journal of Agronomy. 2016;77:1-9. doi.org/10.1016/j.eja.2016.03.002.
- 18- Zhi-qiang T, De-mei W, Shao-kang MA, Yu-shuang Y, Guang-cai Z, Xu-hong CH, et al. Light interception and radiation use efficiency response to tridimensional uniform sowing in winter wheat. Journal of Integrative Agriculture. 2018;17(3):566-78. doi: 10.1016/S2095-3119(17)61715-5.
- 19- Maqueira LA, Torres W, Roján O, Pérez SA, Toledo D. Respuesta del crecimiento y rendimiento de cuatro cultivares de soya (*Glycinemax*. (L.) Merrill) durante la época de frío en la localidad de Los Palacios. Cultivos Tropicales. 2016;37(1):40-47. doi.org/10.13140/RG.2.1.1878.1688.
- 20- Chaves NF, Gutiérrez MV. Respuestas al estrés por calor en los cultivos. I. Aspectos moleculares, bioquímicos y fisiológicos. Agronomía Mesoamericana. 2017;28(1):237-53. doi:10.15517/am.v28i1.21903.
- 21- Boote KJ, Allen LH, Prasad PV, Baker JT, Gesch RW, Snyder AM, et al. Elevated Temperature and CO<sub>2</sub> Impacts on Pollination, Reproductive Growth, and Yield of Several Globally Important Crops. Journal Agriculture Meteorology. 2005;60(5):469-74.
- 22- Nico A, Miralles D, Kantolic A. Post-flowering photoperiod and radiation interaction in soybean yield determination: Direct and indirect photoperiodic effects. Field Crops Research. 2015;176:45-55. doi: 10.1016/j.fcr.2015.02.018.
- 23- Board JE, Tan Q. Assimilatory capacity effects on soybean yield components and pod number. Crop Science. 1995;35(3):846-51. doi: 10.2135/cropsci1995.0011183X003500030035x.
- 24- Nico M, Miralles DJ, Kantolic AG. Natural post-flowering photoperiod and

photoperiod sensitivity: Roles in yield determining processes in soybean. Field Crops Research. 2019;231:141-52. doi: 10.1016/j.fcr.2018.10.019.

25- Martignone R, Enrico J, Bodrero M, Adriani J, Sonmarti N, et al. Rendimiento de soja en siembras muy tardías: características diferenciales entre cultivares. EEA Oliveros INTA. 54:137-43.

**APORTES DEL PROYECTO DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA LOCAL AL  
DESARROLLO MUNICIPAL EN LA PROVINCIA MAYABEQUE**

*CONTRIBUTION OF THE LOCAL AGRICULTURAL INNOVATION PROJECT TO  
MUNICIPAL DEVELOPMENT IN THE MAYABEQUE PROVINCE*

**Elein Terry Alfonso**<sup>1</sup>DrC. Investigadora Titular (<https://orcid.org/0000-0002-5996-2226>)  
**Yuneidys González Espinosa**<sup>1</sup>MsC. Investigadora Agregado (<https://orcid.org/0000-0002-1215-327X>)

**Bárbara Benítez Fernández**<sup>1</sup>MsC. Investigadora Agregado (<https://orcid.org/0000-0002-5624-8123>)

**Pedro Rosales Jenqui.** MsC. Investigadora Agregado (<https://orcid.org/0000-0002-3096-0676>)

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas(CUBA)

E-mails [[terry@inca.edu.cu](mailto:terry@inca.edu.cu), [bbenitez@inca.edu.cu](mailto:bbenitez@inca.edu.cu), [yuneidys@inca.edu.cu](mailto:yuneidys@inca.edu.cu),  
[prafael@inca.edu.cu](mailto:prafael@inca.edu.cu)]

**Resumen**

La innovación es reconocida como una prioridad estratégica de gran importancia para enfrentar los retos de la agricultura, la política cubana está promoviendo la gestión descentralizada y la planeación estratégica municipal como vía para garantizar el desarrollo local. El presente trabajo tuvo como objetivo, evaluar la incidencia de la innovación local en el contexto municipal de seis municipios de la provincia Mayabeque. Se aplicaron entrevistas a agricultores para recopilar información acerca de las innovaciones implementadas para mejorar los resultados productivos y se utilizó el método de observación participante para constatar la efectividad de la innovación en los cambios de actitudes de decisores y actores de la producción agropecuaria. Los resultados mostraron una alta efectividad de la capacitación fundamentalmente de escuelas de agricultores, talleres y Diplomado SIAL con 50 diplomantes, la consolidación de los GIAL con un total de 35 grupos de productores, una importante contribución a la diversidad de cultivos y varietal, la producción local de semillas con 17 bancos y un comité de certificación local. Se identifican las cadenas productivas, así como se contribuye a la resiliencia al cambio climático. Funcionan cinco PMG coordinadas desde el gobierno, constituyendo un espacio para la articulación de actores en los territorios.

**Palabras clave:** buenas prácticas agrícolas, capacitación, rendimientos agrícolas, diversidad, soberanía alimentaria

**Abstract**

Innovation is recognized as a strategic priority of great importance to face the challenges of agriculture, Cuban policy is promoting decentralized management and municipal strategic planning as a way to guarantee local development. The objective of this work was to evaluate the incidence of local innovation in the municipal context of six municipalities in the Mayabeque province. Interviews with farmers were applied to collect information about the innovations

implemented to improve productive results and the participant observation method was used to verify the effectiveness of the innovation in changing the attitudes of decision-makers and actors of agricultural production. The results showed a high effectiveness of the training fundamentally of farmers' schools, workshops and the SIAL Diploma with 71 graduates, the consolidation of the GIAL with a total of 35 producer groups, an important contribution to the diversity of crops and varieties, the production local seed bank with 17 banks and a local certification committee. Productive chains are identified, as well as contributing to resilience to climate change. There are five PMG coordinated by the government, constituting a space for the articulation of actors in the territories.

**Keywords:** good agricultural practices, training, agricultural yields, diversity, food sovereignty

## 1. INTRODUCCIÓN

La innovación es un factor de cambio en todos los sectores de la economía, la sociedad y la vida cotidiana. Actualmente es reconocida como una prioridad estratégica de gran importancia para enfrentar los retos de la agricultura y el mundo rural. Se considera necesaria por su aporte a la disminución de costos, el aumento de la productividad, la posibilidad de sustituir importaciones y de elevar la capacidad de exportación (Hernández, 2019 y Díaz-Canel y Delgado 2021).

El desarrollo agropecuario local sostenible, actualmente es un elemento clave para garantizar la seguridad alimentaria. En este sentido, la política cubana está promoviendo la gestión descentralizada de los municipios y la planeación estratégica municipal como vía para garantizar el desarrollo local (Abreu *et al.*, 2021 y Guzón, 2021).

En este escenario, el desarrollo agropecuario sostenible y la seguridad alimentaria son una prioridad estratégica para el desarrollo económico y social hasta el 2030. Persisten insuficientes incentivos para fomentar las alianzas de las instituciones docentes, investigación y desarrollo agropecuario con el sector cooperativo y privado que maximice la introducción y extensión efectiva de los servicios científicos/técnicos en el variado contexto rural cubano (Ortiz, *et al.* 2020).

A los anteriores puntos se añaden situaciones sociales tales como el envejecimiento poblacional, la movilidad de los jóvenes hacia zonas de desarrollo con mayor remuneración económica y reconocimiento social, lo que incide en la disminución de la fuerza de trabajo en la agricultura. Los ingresos provenientes de salarios y pensiones son insuficientes para asumir el incremento de precios de los alimentos, hay insuficiente participación y liderazgo de las mujeres en los escenarios agroproductivos, existe la necesidad de capacitación de los productores/as que acceden a las tierras en usufructo para su adecuado uso y conservación; y, existe la creciente necesidad de capacitar a los gobiernos para enfrentar el desafío de la gestión descentralizada del municipio y asumir los retos de la innovación agropecuaria local (Ortiz *et al.* 2020).

Para que un desarrollo local garantice una estabilidad alimenticia a sus pobladores, requiere de capacitar y formar individuos desde una concepción de desarrollo sostenible sobre bases agroecológicas y con enfoque de equidad, posibilitando los procesos de aprendizaje interactivo a partir del diálogo de conocimientos/saberes tradicionales y científicos, así como la participación ciudadana como elemento distintivo y meritorio, pues la misma según el Instituto de Estudios para el Desarrollo (1999), garantiza una nueva forma de pensar el desarrollo; los ciudadanos son capaces de ayudarse entre sí mismos, de comunicarse sus necesidades y encontrar sus propias

soluciones; lo que hace que sean activos participantes y no simples beneficiarios, y a su vez, pueden ejercer influencia y control sobre las decisiones que los afectan así como lograr un empoderamiento de sus comunidades locales (De la Rosa *et al.*, 2019).

El Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL) asume como ejes temáticos la diversidad genética y tecnológica, la adaptación y mitigación ante el cambio climático, la transversalización de género y la gestión del conocimiento. Este proyecto ha sido sostenible desde sus inicios hasta la actualidad con sus resultados y ha contribuido a que los gobiernos locales puedan gestionar estrategias de desarrollo desde la utilización de la metodología de SIAL (Sistema de Innovación Agropecuaria Local), el que proviene de un nuevo paradigma que motiva a la innovación y crea las bases para el aprendizaje participativo en acción desde la realidad local (De la Rosa, *et al.* 2019).

El PIAL ha tenido como principal meta fortalecer un sistema de innovación agropecuaria que reconozca e incorpore la contribución y capacidad de los productores en la generación de beneficios económicos, sociales y ambientales para la sociedad, que promuevan la agrobiodiversidad como estrategia a favor de la seguridad y soberanía alimentaria en el contexto cubano.

Se busca entonces, conformar fincas campesinas y cooperativas agropecuarias que cuenten con una alta diversidad genética de cultivos/especies y variedades/ razas y tecnológica apropiada al beneficio económico, social y ambiental de su entorno, que promuevan, además, las prioridades de las mujeres. Los resultados sistematizados hasta la fecha constituyen una clara evidencia de la validez y la pertinencia en el contexto actual, dinamizador de la innovación agropecuaria a escala local. Sin embargo, se requiere de fortalecer las capacidades para garantizar la sistematización de las lecciones y aprendizajes que en cada territorio se obtienen, así como de dotar a los actores locales de herramientas relacionadas con el trabajo (Expósito y González, 2018).

Desde la perspectiva teórica, el SIAL utiliza el enfoque de los Sistemas Locales de Innovación, los cuales pretenden favorecer políticas que fomenten el trabajo articulado de actores locales, a fin de la creación de capacidades y la gestión del conocimiento, a través del aprendizaje en la acción con distintas modalidades como las ferias de diversidad de semillas, la experimentación campesina y los festivales de innovación (Núñez y Fernández, 2016).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la incidencia de la innovación local en el contexto municipal de seis municipios de la provincia Mayabeque. Se parte de las buenas prácticas visualizadas en el marco de PIAL como son la Gestión de la innovación y la participación, Mejora de los sistemas productivos, Desarrollo local y Sistemas agroalimentarios, con el fin de identificar desafíos, trazar nuevas metas basadas en acciones para solucionarlos, además de ciclos de aprendizaje que favorecen la formación de actores clave para la participación en los procesos de innovación agropecuaria local.

## **2. DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación se realizó en el período de marzo a agosto de 2020, en los municipios de San José de las Lajas, Santa Cruz del Norte, Jaruco, Madruga, Güines y Batabanó, de la Provincia Mayabeque. Se partió de la metodología de la investigación-acción-participación y se emplearon técnicas participativas tales como la observación, entrevista y encuesta, esta última aplicada a 30



campesinos sensibilizados con la innovación agropecuaria local, de una muestra poblacional de 45 escenarios visitados.

Se tuvieron en cuenta los indicadores de monitoreo y evaluación propuesto por PIAL. Además, se emplearon los siguientes métodos del nivel teórico y empírico:

*Histórico lógico:* Permitió estudiar la evolución de las acciones del proyecto desde sus inicios en la provincia y los municipios.

*El método de análisis síntesis:* Transitó por toda la lógica del proceso de investigación científica: Permitió dividir los procesos estudiados en partes lógicas y luego del análisis de estas partes sintetizar sus resultados.

*Diagnóstico de las Necesidades de Capacitación (DNC):* Utilizada para determinar las necesidades de aprendizaje en productoras y productores, así como en los integrantes de los Grupos de Innovación Agropecuaria Local (GIAL).

*El método de modelación:* Se utilizó partiendo de los resultados del DNC para la concepción del conjunto de acciones de capacitación.

*Entrevista:* Para recopilar información útil en la valoración de determinados elementos necesarios acerca de las necesidades de capacitación de las productoras y productores, así como de los integrantes de los GIAL.

*Observación Participante:* Se empleó para valorar el desempeño de productoras y productores, así como de funcionarios de diferentes instancias territoriales dígase Intendentes municipales, jefes de sección de Desarrollo Local, Directores de la Agricultura, representantes de la Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP), funcionarios del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (CITMA), entre otros.

Las visitas realizadas a 45 escenarios productivos permitieron monitorear y evaluar cuatro indicadores fundamentales:

- 1) Seguimiento escalonado de cambio de actitudes (Comprender los procesos desde los comportamientos de las personas implicadas)
- 2) Contextualización de impactos (Considerar cambios relevantes para cada escenario)
- 3) Evaluación participativa por protagonistas (Entender los puntos de vista de diferentes grupos de personas sobre la relevancia de un proceso y sus resultados)
- 4) Muestras de confianza para indicadores cuantitativos (Monitorear las mejoras productivas en escenarios concretos)

Además, se identificaron las principales problemáticas y oportunidades de cada territorio mediante el monitoreo del contexto, así como la percepción que se tiene de su situación actual en cada territorio y su incidencia en el proyecto.

### **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El Proyecto de Fitomejoramiento Participativo (FP), 2001-2006, y el Proyecto de Innovación Agropecuaria Local (PIAL II), 2007-2011, han venido generando evidencias de alternativas válidas de innovación agropecuaria en el actual y futuro contexto agropecuario cubano. El Programa de Innovación Agropecuaria Local (PIAL) en su tercera fase comenzó en el año 2013 y en el 2017 su cuarta y última fase y es coordinado por el Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas (INCA) en Cuba. En la actualidad el proyecto tiene incidencia en 12 provincias y 75 municipios de Cuba (Martínez y Rosales, 2016).

Calves (2016) plantea que la innovación participativa, es el principal producto del PIAL, innovación establecida sobre bases horizontales de gestión cognoscitiva que permite siempre ofrecer nuevas y creativas soluciones. La experimentación de los agricultores lleva entonces a la innovación campesina que, a su vez, casi siempre, obtiene más saberes, incremento de rendimientos, mejora económica para la familia campesina, disminución o erradicación del uso de insumos químicos tóxicos, aumento de la autoestima de los productores y el surgimiento de nuevas preguntas al saber científico.

### **3.1. Mayabeque una de las provincias fundadora del PIAL**

El Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), es la institución coordinadora del proyecto en la provincia, se encuentra enclavado en San José de las Lajas, capital de Mayabeque. El municipio de Batabanó, fue una localidad iniciadora en el año 2000. Allí, la CPA “28 de Septiembre” y la CCS “Deris García”, fueron escenarios que recibieron, a través de Ferias de Diversidad, variedades de cultivos como maíz, frijol y arroz. En la CCS “Deris García”, el agricultor Raúl Hernández, ha desarrollado una nueva variedad de maíz resistente a plagas y que, dada la calidad de los progenitores, ofrece altos rendimientos con manejo ecológico. En la entonces CPA “28 de Septiembre”, tuvieron lugar acciones intencionadas para el empoderamiento femenino.

### **3.2. ¿Cómo se ha desarrollado el PIAL en Mayabeque?**

En la primera fase, FP, sólo se incursionó en Batabanó, aunque agricultores de San José de las Lajas, sobre todo de la Agricultura Urbana, participaron asiduamente en Ferias de Diversidad, talleres participativos y Festivales de Innovación, tanto en Batabanó, como en otros escenarios nacionales como en Pinar del Río, Villa Clara y Holguín. A partir del 2007 y en las sucesivas fases por las que ha decursado el PIAL, se han incorporado, San José de las Lajas, Güines, Santa Cruz del Norte, Jaruco y Madruga, involucrando a una veintena de cooperativas y más de 1000 agricultores de manera directa, aunque de manera indirecta, sobrepasan los 5 000 campesinos beneficiados, sobre todo con procesos de aprendizaje que pretenden en lo esencial, desarrollar prácticas agroecológicas.

El PIAL en Mayabeque se ha destacado, entre otros aspectos, por un fuerte trabajo de género y familia que ha visibilizado el rol de las mujeres en la producción agropecuaria; además, se incide en la diversificación de los sistemas productivos y el manejo y conservación de las semillas como elementos esenciales para lograr la sostenibilidad en función de la Seguridad y Soberanía Alimentaria. En su actual fase IV, el PIAL potencia los Sistemas de Innovación Agropecuaria Local (SIAL), para fortalecer el Desarrollo Local desde la articulación de todos los actores y sectores territoriales.

### **3.3. ¿Qué representa el PIAL para el Desarrollo Local en Mayabeque?**

El PIAL en cada localidad donde actúa, hace sinergias con otras experiencias exitosas, Instituciones, Gobierno municipal y provincial, Partido Comunista de Cuba y complementa, desde lo agroproductivo las estrategias de desarrollo locales.

En Mayabeque el PIAL, como su institución rectora, el INCA, trabaja de conjunto, por ejemplo, con el CITMA (Tarea Vida), con la Federación de Mujeres Cubanas (FMC) y la ANAP, ofreciendo espacios, tanto para la extensión de resultados científicos del INCA, el empoderamiento femenino, así como el diálogo de saberes con los agricultores.

Se destaca también el intenso trabajo que se lleva a cabo con la Universidad Agraria de la Habana (UNAH), donde estudiantes de pregrado y posgrado de la universidad, realizan trabajos de diploma

y académicos en los espacios creados por el PIAL en los municipios donde actúa y que permiten un contacto directo con los campesinos para pensar juntos soluciones a la producción local de alimentos.

PIAL Mayabeque es potenciador de la producción, manejo y conservación de semillas con bajos insumos, del manejo de la diversidad varietal en la finca, (frijoles, arroz, soya, maíz, entre otros cultivos), de la diversidad agrícola para la alimentación animal, del manejo de la finca agroecológica, de la elaboración de Microorganismos Eficientes, fertilización natural y mejora de los suelos, así como de la crianza sostenible de carneros, conejos y cerdos.

### 3.4. Síntesis de resultados de PIAL Mayabeque en 20 años de trabajo en la provincia

En estos últimos 20 años PIAL Mayabeque ha potenciado la innovación agropecuaria local desde la implementación de Bancos Locales de Semillas para fortalecer la diversidad, la Seguridad Alimentaria y la Autonomía de Semillas, tanto a nivel de fincas como de cooperativas. Se introducen nuevos cultivos como el garbanzo, sorgo, flor de jamaica, soya, ñame y plantas proteicas, con fuerte incidencia en la alimentación humana y animal.

En la provincia se ha impulsado el fortalecimiento de la Producción Local de Semillas (PLS), creándose 17 Bancos Locales de Semillas (BLS), con el propósito de disponer de una diversidad de especies y cultivares de importancia económica en manos de los agricultores. Estos BLS se sustentan de la diversidad proveniente del Sistema Formal y Local de semillas, así como de donaciones recibidas de Centros de Investigación o de colectas, todo lo cual ha permitido diversificar los sistemas agrícolas relacionados con el proyecto, por citar un ejemplo, en el municipio San José de las Lajas más consolidado en esta actividad, se cuenta con cuatro BLS que tributan al territorio (Tabla 1).

**Tabla 1. Bancos Locales de Semillas en el municipio San José de las Lajas, Mayabeque**

BLS	Cultivos	Responsables (productores)
Finca El Mulato	Granos, hortalizas, gramíneas, abonos verdes, plantas proteicas	Yoel Hernández
Finca Robeba	Granos, hortalizas	Nivio Pérez
Finca La Chivería	Granos, hortalizas, gramíneas, café	Jorge Medina María Luisa García
Finca El Tamarindo	Frutales	Oneida Calvo

De esta manera, la certificación local de semillas en el municipio San José de las Lajas sigue el siguiente ciclo de trabajo, donde se articula con diferentes actores locales que tienen como demanda de innovación, la certificación de la semilla que se produce en el territorio (Esquema 1).



**Esquema 1. Certificación Local de Semillas en el municipio San José de las Lajas.**

Como parte del SIAL, se estimulan la creación y funcionamiento de los GIAL, en la Tabla 2 se aprecia los existentes hoy en la provincia lo cual es un logro para el correcto funcionamiento del sistema en la provincia.

**Tabla 2. Grupos de Innovación Agropecuaria Local en la provincia Mayabeque**

Municipio	Temáticas
Santa Cruz del norte	-Diversidad de cultivos -Mujeres creadoras -Flores y plantas ornamentales -Herrería -Abejas meliponas -Ganado menor (cabras)
Güines	-Diversidad de cultivos -Flores -Agroecología -Alimento animal
San José de las Lajas	-Diversidad de cultivos -Bancos locales de semillas -Abejas meliponas -Manualidades

	-Ganado menor
<b>Madruga</b>	-Diversidad de cultivos -Energía piramidal -Manualidades -Abejas meliponas
<b>Jaruco</b>	-Diversidad de cultivos -Mujeres creadoras -Flores y plantas ornamentales -Ganado menor (cabras y conejos) -Microorganismos eficientes
<b>Batabanó</b>	-Diversidad de cultivos -Piensos locales -Flores y plantas ornamentales -Frutales

Se extiende también el empleo de bioproductos, tanto de aquellos obtenidos en el INCA (EcoMic, Azofer, QuitoMax), como otros producidos en las fincas: Microorganismos Eficientes, humus de lombriz, compost, entre otros. Diversificación de producciones artesanales de conservas alimenticias con incidencia en la generación de ingresos para las mujeres y la Seguridad Alimentaria familiar y local. También todas estas actividades generan nuevos empleos.

Se promueve la producción de alimento animal, fundamentalmente para cerdos y conejos, con recursos locales u obtenidos en las fincas: soya, sorgo, tithonia, crotalaria, girasol, mora, morera, moringa que, en mezclas con maíz, residuos de arroz, melaza, miel, son altamente eficientes para el crecimiento y ceba de estos animales. Se obtienen en Batabanó por métodos de mejoramiento participativo, una nueva variedad de maíz ("Raúl") y otra de frijol(ROS). Se implementan y desarrollan como práctica habitual, los Festivales de Innovación Agropecuaria, con el objetivo de acercar a consumidores y comunidades, los productos de la innovación generados por los agricultores.

Se promueve el uso eficiente y sostenible del agua como recurso imprescindible de la agricultura, así como la conservación de los suelos. Se presentan y discuten con éxito por parte de estudiantes universitarios y otros actores de la provincia, más de 100 tesis de pregrado, maestría y diplomado SIAL con temas de la innovación agropecuaria local.

Desde el eje de Gestión del conocimiento, fueron impartidas cuatro ediciones del **Diplomado SIAL**, los cuales fueron coordinados por el proyecto y los CUM con 71 egresados, de ellos Jaruco (17), San José de las Lajas (16), Sta Cruz del Norte (19) y Madruga (19).

### **3.5. Resultados de las técnicas empleadas**

Los resultados del diagnóstico participativo y la triangulación realizada, permitieron evaluar el contexto y conocer las limitaciones y potencialidades que intervienen en la Innovación Agropecuaria Local en Mayabeque, permitiendo sistematizar su presente y futuro.

#### **3.5.1. Resultados del monitoreo del contexto**

Según las entrevistas realizadas a los agricultores, se pudo constatar la demanda de atención que realizan las familias campesinas a las autoridades municipales y centros científicos para que

conozcan de sus logros y los asesoren en temas de vital importancia para producir la tierra con mayor eficiencia.

Por otra parte, se identificaron las prácticas agroecológicas que prevalecen en estas fincas tales como: Cultivos múltiples e intercalamientos de cultivos, Viveros, Uso de abonos orgánicos, Uso de bioproductos como Microorganismos eficientes, Micorrizas, Quitomax, controles de plagas provenientes del Centro de entomófagos y entomopatógenos (CREE), Uso de barreras vivas y muertas para la protección del suelo, así como, Uso del fertilizante natural Agromena.

### **3.5.2. Resultados por indicadores del proyecto**

Para dar respuesta al indicador 1 y 2 del proyecto, referidos al **seguimiento escalonado de cambios de actitudes** lo cual permite comprender los procesos desde los comportamientos de las personas implicadas, así como contextualizar los impactos para considerar cambios relevantes para cada escenario, se realizaron intercambios con funcionarios de las Intendencias Municipales, Dirección de la Agricultura, ANAP, CITMA y otras entidades de los territorios, donde se pudo constatar la percepción de los decisores en lo que representa el proyecto para impulsar la producción agropecuaria de los municipios.

Para ello, los principales temas abordados fueron los siguientes:

Autoabastecimiento alimentario local, Articulación entre proyectos y todo tipo de iniciativas de desarrollo agropecuario bajo una misma estrategia de desarrollo local, Apoyo del PIAL a la soberanía y seguridad alimentaria local, Apoyo a los gobiernos municipales en la gestión del desarrollo a través de la metodología del SIAL, La formación de facilitadores y grupos locales de acompañamiento, así como el Funcionamiento de la Plataforma Multiactoral de Gestión (PMG), esta última constituida y funcionando en cinco municipios.

En cuanto al indicador 3 que plantea la **evaluación participativa por protagonistas** para entender los puntos de vista de diferentes grupos de personas sobre la relevancia de los procesos y sus resultados, se pudo observar la organización social de la innovación al realizar intercambios con diferentes formas productivas, con los GIAL, las PMG, las Intendencias municipales y los equipos de facilitación, los cuales, persiguen un objetivo común y crean espacios de concertación donde se manifiestan los principios de SIAL de participación, diálogo de saberes y protagonismo colectivo (Ortiz *et al.* 2017).

En este sentido, se identificaron problemas y oportunidades, considerando las limitaciones y potencialidades locales. Se conectaron a personas interesadas a través de las redes solidarias, promoviendo el conocimiento tradicional. Identificación de nuevos GIAL. Se facilitó el acceso a las experiencias de otras personas mediante los intercambios. Se promovió los recursos y alternativas locales. Se evaluaron las mejores opciones en su contexto con resultados de la experimentación campesina participativa. A través de las rutas de innovación y aprendizajes, se intencionan visitas a experiencias exitosas o casos relacionados con emprendimientos a partir de valor agregado a productos agropecuarios (mini industrias, agroturismo, jardines de plantas ornamentales, entre otras). A través del diagnóstico participativo se construyeron las visiones consensuadas de la realidad, sus desafíos y oportunidades.

Para el monitoreo a los **indicadores cuantitativos en las muestras de confianza** (indicador 4), se realizó el monitoreo de las mejoras productivas en escenarios concretos, agrobiodiversidad, prácticas agroecológicas e identificación de nuevos nichos de oportunidades. Se pudo constatar la

diversidad de frutales tales como fruta bomba, coco, plátano de diferentes variedades, marañón, guayabas, melón de agua y de castilla, piña, limón, frutales exóticos, etc. También en cultivos varios como malanga, calabaza, boniato, ají de diferentes variedades, yuca de diferentes clones, tomates y maíz de diferentes cultivares, etc. Igualmente existen plantas ornamentales, condimentadas y medicinales.

La diversidad animal estaba representada por ovino-caprino, conejos, cerdos, ganado mayor y aves, todos de diferentes razas. A esto estaba asociado la elaboración de Piensos locales y Bancos de plantas proteicas (Plantas de Chía y Tithonia, Ramie, King grass, Caña de azúcar, Moringa y Morera y Yogourt) lo cual garantiza la alimentación animal.

Del proceso de intercambio realizado, se realiza el diagnóstico de necesidades de capacitación para la Gestión del conocimiento los cuales se centraron en talleres temáticos respondiendo a los intereses de los agricultores, entre ellos: Desarrollo Agropecuario Local sobre bases agroecológicas. Autoabastecimiento municipal. Bioproductos. Agrodiversidad. Producción y manejo animal (ovino-caprino, conejo, porcino, etc). Empleo de plantas proteicas y elaboración de piensos locales. Inocuidad y Calidad de los alimentos. Salud Agropecuaria.

Como resultado del trabajo durante 20 años y contextualizando los impactos a partir de cambios relevantes, son varias las buenas prácticas que atesoran los agricultores en Mayabeque como son: *i)* Autosuficiencia local de semilla, su conservación artesanal y certificación local de las mismas. *ii)* Introducción de especies, variedades, biodiversidad, uso y rescate de variedades locales, promoviéndose estrategias varietales de adaptación al cambio climático. *iii)* El intercalamiento y asociación de los cultivos. *iv)* Conservación del suelo. *v)* Empleo de la tracción animal. *vi)* Fomento de la cobertura vegetal y barreras de contención. *vii)* Siembra de barreras vivas y muerta. *viii)* Uso y reciclaje de abonos orgánicos. *ix)* Uso racional del agua. *x)* Uso de plantas proteicas y piensos locales para el alimento animal. *xi)* Uso de controles biológicos para contrarrestar plagas. *xii)* Empleo de bioproductos. *xiii)* Producción de flores y arreglos florales. *xiv)* Obtención de variedades por productores *xv)* Ferias de Diversidad.

#### **4.**

##### **Conclusiones**

Se reconocen las buenas prácticas acumuladas y el nuevo conocimiento que debe generarse para formar capacidades en los actores clave de los procesos de innovación agropecuaria local. Los resultados mostraron una alta efectividad de la capacitación fundamentalmente de escuelas de agricultores, talleres y Diplomado SIAL, la consolidación de los GIAL, una importante contribución a la diversidad de cultivos y varietal, la producción local de semillas y un comité de certificación local y se contribuye a la resiliencia al cambio climático. El funcionamiento de las PMG coordinadas desde el gobierno, constituyen un espacio para la articulación de actores en los territorios y tributan al fortalecimiento del Sistema de Innovación Agropecuaria Local.

##### **Agradecimientos**

Los autores de esta publicación agradecen la posibilidad brindada al Proyecto para fortalecer un Sistema de Innovación Agropecuaria en el Desarrollo Local (PIAL-IV) y a la Cooperación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) como financista, por permitir la realización de esta investigación. También se agradece a otros colaboradores como la MSc. Orquídea Haylín Abreu, MSc. Yaima Sardiñas, Ing.

Liuber Cedeño, José L Camacho García, Roberto Martínez Hernández, Luis Pérez Pérez, Juan Soto García, Olga L Rivero Pineda, Miguel A Romero Llerena, Raquel Pérez Sosa y Suset Piñeiro Coronado.

##### 5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu González, O.H; Abreu Carnero, S; Moreira Rosell, R.A; Báez Fernández, D y Artigas Pérez, E. (2021). La estrategia de desarrollo municipal como herramienta de los servidores para la gestión del desarrollo local. En: Contribución a la gestión municipal eficiente y sostenible en Cuba. Textos de apoyo el Diplomado "Servidoras y servidores públicos en la gestión del desarrollo local. Edic. Centro de Desarrollo Local y Comunitario (CEDEL) y Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI). 400 pp. ISBN: 978-959-7226-96-3
- De la Rosa Y., Arzola de la Rosa L., González González K. (2019). Sistema de innovación agropecuaria local: alternativa de desarrollo para el municipio de Baraguá a partir de un plan de acción desde las concepciones de la cultura de la participación. *Revista Universidad & Ciencia, Vol. 8(2):13-16*
- Díaz-Canel Bermúdez, M. M., & Delgado Fernández, M. (2021). Gestión del gobierno orientado a la innovación: Contexto y caracterización del Modelo. *Revista Universidad y Sociedad, 13(1): 6-16*
- Expósito Caballero A. M. y González Escalante O. (2018). Contribución desde el proyecto de innovación agropecuaria local (Pial) a la seguridad alimentaria en el municipio Jobabo", *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. En línea:<https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/06/innovacion-agropecuaria>
- Guzón Camporredondo, A. (2021). Contribución a la gestión municipal eficiente y sostenible en Cuba. Textos de apoyo el Diplomado "Servidoras y servidores públicos en la gestión del desarrollo local. Edic. Centro de Desarrollo Local y Comunitario (CEDEL) y Agencia Sueca de Cooperación Internacional para el Desarrollo (ASDI). 400 pp. ISBN: 978-959-7226-96-3
- Hernández Rodríguez, Y. (2019). Perspectivas o enfoques en la promoción de la innovación agropecuaria local. Importancia de la comunicación en este proceso. *Revista Científica Agroecosistemas, 7(1):188-195*. Recuperado de [https:// aes.ucf.edu.cu/index.php/aes](https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes)
- Martínez Cruz M y Rosales Jenqui P. R. (2016). Experiencias del Proyecto de innovación agropecuaria Local (PIAL) en el municipio Güines. *Biodiversidad sustento y culturas, número 90*.
- Núñez-Jover, J. y Fernández, A. (2016). Convergencia en el enfoque de sistemas de innovación: a propósito de GUCID y PIAL. *Revista Digital GUCID- Órgano del Programa del MES "Gestión universitaria del conocimiento y la innovación para el desarrollo"*, Año VI, no. 69(18-23).
- Ortiz-Pérez R. Acosta-Roca R. Angarica-Ferrer L. Benítez-Fernández B. Moreno-Moreno I. (2020). La accesibilidad alimentaria en municipios de las provincias de Mayabeque y Artemisa. Una visión de consumidores. *Revista de Cultivos Tropicales, 2020, vol. 41(1), e03*.  
<http://ediciones.inca.edu.cu>.
- Ortiz-Pérez R. Miranda-Lorigados S. La O-Arias M. Rivas-Diéguez A. Romero-Sarduy MI. Acosta-Roca R. et al. (2017). Construir una cultura de la participación. Sistema de Innovación Agropecuaria Local. Edc. INCA. ISBN: 978-959-7023-90-6



## EFFECTO DE LA AGRICULTURA INTENSIVA EN LOS CULTIVOS Y LAS PROPIEDADES DEL SUELO

### EFFECT OF INTENSIVE AGRICULTURE ON CROPS AND SOIL PROPERTIES

Omar E. Cartaya Rubio<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7436-0437>

Ana Ma. Moreno Zamora<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-6666-9626>.

Fernando Guridi Izquierdo<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-0504-0813>

1- Doctor en Ciencias Agrícolas, Investigador Auxiliar, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no., CP 32700, [ocartaya@inca.edu.cu](mailto:ocartaya@inca.edu.cu), <https://orcid.org/0000-0001-7436-0437>.

1- Ingeniero Químico, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera de Tapaste km 3 ½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, gaveta postal no., CP 32700, [amoreno@inca.edu.cu](mailto:amoreno@inca.edu.cu), <https://orcid.org/0000-0002-6666-9626>.

2- <sup>Doctor</sup> en Ciencias Agrícolas, Profesor Titular, Universidad Agraria de la Habana (UNAH), Carretera Tapaste a San José Km 3, San José de las Lajas, Mayabeque, CP: 32700, [fguridi@unah.edu.cu](mailto:fguridi@unah.edu.cu), <https://orcid.org/0000-0003-0504-0813>

#### Resumen

La influencia de las prácticas agrícolas sobre el sistema suelo-planta, es uno de los principales problemas que enfrenta la agricultura mundial. La aplicación de agroquímicos (fertilizantes químicos y sus alternativas, pesticidas, etc.) en áreas de agricultura intensiva, han contribuido a la disminución de los rendimientos de los cultivos y cambios en las propiedades físico- químicas en las aéreas productivas. En el presente trabajo se evalúan los efectos de las prácticas agrícolas tradicionales en las propiedades del suelo cultivados con granos y hortalizas en suelos Ferralítico Rojo. Se evaluaron indicadores físicos, químicos y biológicos, en muestras de suelo, así como el contenido de cationes de metales pesados biodisponible y pseudototal en los cultivos. Demostrándose modificaciones desfavorables de las propiedades evaluadas. Los contenidos de metales pesados presentaron diferencias notables entre los manejos estudiados. Estos resultados aportan elementos científicos para la toma de decisiones, representando una herramienta para elevar la eficiencia de los sistemas de uso agrícola

**Palabras claves:** prácticas agrícolas, agroquímicos, metales, hortalizas.

#### Abstract

The influence of agricultural practices on the soil-plant system is one of the main problems facing world agriculture. The application of agrochemicals (chemical fertilizers and their alternatives, pesticides, etc.) in areas of intensive agriculture have contributed to the decrease in crop yields

and changes in the physical-chemical properties in the productive areas. In the present work, the effects of traditional agricultural practices on the properties of the soil cultivated with grains and vegetables in Red Ferralitic soils are evaluated. Physical, chemical and biological indicators were evaluated in soil samples, as well as the content of bioavailable and pseudo-total heavy metal cations in the crops. Demonstrating unfavorable modifications of the evaluated properties. The contents of heavy metals showed notable differences between the practices studied. These results provide scientific elements for decision-making, representing a tool to increase the efficiency of agricultural use systems.

**Keywords:** agricultural practices, agrochemicals, metals, vegetables

## 10 INTRODUCCIÓN

El suelo es un recurso natural no renovable y su regeneración es muy lenta, estando sometido constantemente a procesos de destrucción y degradación, siendo vulnerable a perturbaciones naturales, como antrópicas, la erosión, degradación y contaminación (Burbano, 2016).

Es considerado no sólo el recurso principal para la agricultura, por suministrar agua y nutrientes a los cultivos, proporciona diversos servicios ecosistémicos tales como la sostenibilidad social y ecológica, el ciclaje de agua y nutrientes, la seguridad alimentaria, así como la adaptación y mitigación del cambio climático. Es uno de los componentes más esenciales de los ecosistemas terrestres, reguladores de la composición de la atmósfera y hidrosfera, y una barrera para la migración de elementos tóxicos (Yadav, 2017 y Veobides *et al.*, 2018).

El régimen de uso de los suelos, dado por el sistema tecnológico empleado y el tiempo que se apliquen, producen modificaciones en sus características naturales, en dependencia de las cuales será la respuesta del cultivo determinado, lo que resulta fundamental para lograr buenos rendimientos agrícolas (Bernal y Hernández *et al.*, 2017).

La aplicación en áreas de agricultura intensiva de agroquímicos (fertilizantes químicos y sus alternativas, pesticidas, etc), han constituido fuentes crecientes de contaminación del suelo y el ambiente en los denominados metales pesados (Alves *et al.*, 2018). De tal forma que la determinación de los contenidos de metales pesados en el suelo y en los cultivos que en ellos crecen es práctica (y hasta requisito) internacional común actualmente, ya que existen límites permisibles establecidos internacionalmente de sus contenidos en los productos agrícolas debido a su efecto negativo sobre la salud del hombre que con ellos se alimenta. (Cabrera *et al.*, 2017).

Actualmente se ha desarrollado una metodología que permite evaluar la posible contaminación por metales pesados de algunos de los principales tipos de suelo cubanos que, al ser aplicada en una encuesta realizada en áreas de agricultura intensiva del país, reflejó elevados, si bien no tóxicos, contenidos de algunos de estos metales pesados en las áreas de las antiguas empresas

dedicadas a los llamados cultivos varios. Se requiere, por tanto, monitorear el contenido de estos elementos metálicos en estos suelos, así como en los correspondientes cultivos que en ellos crecen (Mogollón, 2015 y Maura, 2018).

De tal forma que en el presente trabajo se evalúan potenciales tenores tóxicos de Ni, Cd, Pb, Zn y Cu en granos y hortalizas cultivados en suelos Ferralítico Rojo de áreas sometidas a una agricultura intensiva, demostrándose que los cultivos extraen gran cantidad de iones metálicos; aunque no constituyen un peligro inmediato para la salud humana.

## 11 MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos de suelo y planta en los cultivos de papa, frijol y tomate en condiciones de campo durante las campañas 2018-2019 y 2019-2020, todos en suelo Ferralítico Rojo de la provincia Habana según Hernández *et al.* (2014). El trabajo se realizó en áreas experimentales de la finca las papas, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).

El suelo fue muestreado a 2 profundidades de 0-20 y de 20-40 cm. Se tomaron además tres plantas completas de cada uno de los cultivos que fueron separadas en grano (caso del frijol) y fruto (caso del tomate) y resto de la planta.

Al suelo se le determinó el contenido de cationes intercambiables, a partir de una extracción con  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$  a pH 7 y determinación por valoración con EDTA ( $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ ) y fotometría de llama ( $\text{K}^+$ ), según ONN (1999). El contenido de materia orgánica (MO) se determinó según el método colorimétrico de Walkley y Black (ONN, 1999) y el pH por el método potenciométrico con una relación suelo: agua de 1: 2, 5 (ONN, 1999).

Para la determinación de los contenidos seudototales de metales pesados, se empleó 0,5 g de las muestras tamizadas; las cuales fueron digeridas con 4 mL de  $\text{HCl}/\text{HNO}_3$  (3:1) (v:v), para el contenido de metales biodisponibles se agitaron 0,25g de muestra con EDTA (0,02 mol  $\text{L}^{-1}$ ) durante 24 horas (Cordeiro, 2009) y las concentraciones en todos los casos, se determinaron en un espectrofotómetro de absorción atómica.

Adicionalmente, se realizó un estudio de fraccionamiento mediante extracción secuencial, de los metales pesados. La técnica de extracción secuencial utilizada fue la descrita por Cortes *et al.* (2016).

## 12 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Los suelos de la finca, se caracterizan por presentar valores de pH elevados y bajos contenidos de materia orgánica, en comparación a los valores originales de estos suelos, altos contenidos de fósforo y adecuados de potasio asimilable (Tabla 1).**

**Tabla 1.** Algunas propiedades químicas y fisicoquímicas del suelo Ferralítico Rojo cultivado con frijol y tomate.

Cultivo	Variedad	pH		MO (%)	mg.100 g <sup>-1</sup>	
		KCl	H <sub>2</sub> O		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Frijol negro	CC 25-9	7.00	8.40	2.11	90	18
Tomate	Amalia	7.25	8.50	2.46	145	39

En cuanto al pH al agua se detectó que han estado bajo cultivo intensivo por largo tiempo (Agrogénicos), por lo que presentaron valores por encima de 8, lo que refleja una tendencia a la alcalinidad.

Estos resultados refirman los estudios reportados por Hernández *et al.* (2010), quienes plantearon que los suelos Ferralíticos conservados por muchos años, desarrollados esencialmente a partir de calizas duras, esquistos y en menor grado rocas ígneas básicas, en general presentan un pH entre 6 y 7, en tanto aquellos de uso agrícola continuado tienden a alcanzar valores superiores a 7.

Superar el umbral de pH de 7,5 en los suelos deviene en una limitante para que la producción agrícola pueda alcanzar altos rendimientos en las cosechas, ya que influyen en sus propiedades agroproductivas, siendo estos valores muy elevados para la media de los suelos Ferralíticos Rojos, como indican (Cánepa *et al.*, 2015).

Por su parte el pH en KCl osciló alrededor de 7,00 y 7,25. Las prácticas de fertilización, así como la calidad de las aguas y la intensidad de los riegos en los manejos intensivos, pueden ser las causas que hayan originado tal variación del pH a lo largo de muchos años de explotación. Husson (2013) destaca al pH del suelo como un factor de extrema importancia para lograr una agricultura sustentable.

**La Tabla 2 muestra los contenidos de metales pesados total y asimilable de los suelos, donde se observa un comportamiento similar al reportado anteriormente para un suelo cultivado con papa por Delince *et al.* (2015), por tratarse de suelos iguales que han recibido una similar acción antrópica. En este sentido, sobresalen los altos contenidos de Ni y Cd total, aunque no de las formas asimilables.**

**Obsérvese además que excepto en el caso de Ni, de forma general el contenido de los metales pesados disminuye con la profundidad, lo que apoya el criterio acerca del origen parental del Ni en el suelo.**

**Tabla 2.** Contenido de metales pesados total y asimilable (EDTA) expresados en mg Kg<sup>-1</sup> en el suelo Ferralítico Rojo cultivado con frijol y tomate.

Cultivo	Ni		Cd		Pb		Zn		Cu	
	T	EDTA	T	EDTA	T	EDTA	T	EDTA	T	EDTA
Frijol Negro	229	0.15	5.27	0.30	85	0.22	716	2.69	184	7.69
CC 25-9										
Tomate Amalia	233	0.22	5.02	0.29	120	0.13	173	2.85	183	8.42

Los valores encontrados de los cationes metálicos en estudio en este experimento, representan un nivel de contaminación ya que son superiores a los informados por Regalado *et al.* (2014) y Reyes *et al.* (2014) al determinar el contenido disponible de metales pesados en suelos Ferralíticos con baja actividad antrópica.

**Esto se refleja al valorar los contenidos en planta de los metales pesados, inferiores a los tenores críticos (potencialmente tóxicos) en plantas, de acuerdo a los criterios planteados por Pérez *et al.* (2012): 100, 30, 300, 400 y 100 mg Kg<sup>-1</sup>, para el Ni, Cd, Pb Zn y Cu, respectivamente.**

La tabla 3 muestra, la extracción de Ni, Cd, Pb, Zn y Cu realizada en el momento de la cosecha por los cultivos desglosada en grano o fruto y resto de la planta. Como se observa, generalmente la parte comestible no extrae más de la tercera parte del metal pesado de la planta total y en el caso específico del tomate, que por cierto extra cantidades totales bastante mayores que el frijol, solamente entre el 11 y 16 % de los mismos, factor éste que aleja la posibilidad de casos de toxicidad, a pesar del alto consumo que la población hace de estos cultivos. No obstante, no resulta reiterativo alertar acerca del cuidado a tener con estos suelos que presentan actualmente valores de pH superiores a los adecuados, ya que, a valores de pH inferiores, corresponde una mayor disponibilidad para las plantas de un elemento tan nocivo para el hombre como es el Cd.

**Tabla 3.** Contenido de metales pesados (mg Kg<sup>-1</sup>) en frijol y el tomate cultivado sobre suelo Ferralítico Rojo

Cultivo	Órgano	Mg Kg <sup>-1</sup>				
		Ni	Cd	Pb	Zn	Cu

Frijol negro	Grano	5.8	1.2	6.5	35.0	12.1
	Resto	12.2	5.5	10.2	43.8	14.6
Tomate	Fruto	2.4	0.6	6.1	16.0	7.5
	Resto	7.7	2.0	12.6	44.5	15.3

El análisis del suelo a través del proceso de digestión con agua regía en microondas y la extracción secuencial, demostró que el mismo presenta una elevada cantidad de cationes metálicos (Tabla 4), estando los metales estudiados concentrados en un alto porcentaje en las fracciones biodisponibles, las fracciones hidrosolubles y la intercambiable, lo cual indica la alta biodisponibilidad de estos elementos para las plantas. Desde el punto de vista ambiental la fracción biodisponible de los metales pesados es la que determina el efecto tóxico a corto y mediano plazo ejercido sobre las poblaciones vegetales y animales presentes en el área y su incorporación a la cadena trófica (Comero *et al.*, 2014, Diatta *et al.*, 2014).

**Tabla 4.** Concentración de metales seudototales y la extracción secuencial de la fase sólida de los metales tóxicos en el suelo contaminado ( $\text{mg kg}^{-1}$ ).

Fracc.	Ni	Cd	Pb	Zn	Cu
Contenido seudototal	3.860±0.01	0.276±0.01	5.792±0.3	3.149±0.28	6.578±0.0
	5	3	5	3	2
Hidrosoluble	0.120	ND	ND	0.082	0.029
Intercambiabl e	1.434	0.053	0.016	0.421	0.693
Enlazada M. O	1.501	0.084	0.125	0.383	1.123
Residual	0.914	0.193	2.356	2.752	4.801

El Zn y Cu, se encuentran distribuidos de tal forma que cantidades significativas de ellos se encuentran en las fracciones más lábiles. De tal forma que existe correspondencia con la extracción de los mismos por los cultivos que crecen en ellos, como vimos anteriormente (Tablas 3). Sin embargo, los restantes elementos analizados presentan una fuerte concentración en la fase residual, lo que puede deberse a la herencia del material pedogenético; la formación por causas antropogénicas de formas cristalinas estabilizadas o por el envejecimiento de formas más solubles que se precipitan o co-precipitan en formas oxídicas o que pueden penetrar la estructura de los minerales silicatados.

El Cu, como es conocido, presenta gran afinidad por la materia orgánica mediante formación de complejos muy estables con ella. No obstante, las concentraciones asociadas a la fracción 2 son significativas, debido posiblemente a la asociación con óxidos. El Zn presenta un comportamiento similar solo que la fracción 3 tiene mayor expresión, debido que la mayor asociación del Zn con el complejo húmico ocurre a pH más alcalino (Reyes *et al.*, 2018).

En el caso del Cd, entre el 60 y 80 % del mismo se encuentra en la fase Residual, lo que puede deberse a la fuerte asociación (adsorción) del Cd con las arcillas-minerales. Esto posibilita que a pesar de que estos suelos poseen relativamente altos tenores totales de Cd, no ocurre de forma análoga con los correspondientes tenores de los cultivos asociados.

Algo similar, aunque más marcado ocurre en el caso del Pb. Usualmente la literatura asocia al Pb con los complejos orgánicos; lo que no ocurre con las muestras evaluadas, dado que en la fracción 3 fue muy pequeña. Los resultados con el Ni apuntan hacia algún problema con la metodología empleada, por la marcada diferencia, principalmente para los suelos Ferralítico Rojos, con los resultados obtenidos anteriormente.

El incremento significativo de metales pesados en suelos con elevada actividad antrópica es probable que esté relacionado con la aplicación de productos fitosanitarios basados en óxidos y sales de estos metales, en sitios sometidos a sistemas de uso intensivo, especialmente el de papa. En esos suelos los valores encontrados superan a los obtenidos por Muñiz (2008) para suelos Ferralíticos Rojos cultivados de la actual provincia Mayabeque, lo que indica que en años recientes ha continuado el incremento en sus niveles.

Algo semejante se puede argumentar en el caso de los contenidos de  $Pb^{2+}$  como consecuencia del empleo de maquinaria agrícola con motores de combustión interna en los sistemas de manejo intensivos.

Los resultados obtenidos de la evaluación de los contenidos disponibles y pseudototales de metales pesados en el suelo estudiado, nos permiten sugerir la necesidad del empleo de sustancias húmicas en los suelos de elevada actividad antrópica, que permitan disminuir el

contenido de cadmio, plomo y otros metales pesados biológicamente disponibles para las plantas (Portuondo *et al.*, 2017).

Esta situación constituye un riesgo a tener en cuenta en la utilización de estas áreas con fines agrícolas, ya que varios cultivos de interés alimentario tienen la capacidad de hiperacumular metales pesados. Además, las respuestas de los organismos del suelo y las plantas a la contaminación por metales pesados son dinámicas y mutuamente dependientes, por lo que la regeneración del sistema suelo-planta es fundamental, por esta razón se hace necesario el estudio de ecosistemas con niveles altos de cationes de metales pesados.

### **13 CONCLUSIONES**

Los granos y hortalizas cultivados en los suelos Ferralítico Rojo de la finca extraen cantidades de Ni, Pb, Zn y Cu que no constituyen un peligro inmediato para la salud humana. No obstante, el Cd resulta elevado, aunque no tóxico, por lo que requiere continuar su monitoreo.

Se recomienda mantener el monitoreo de estas áreas de agricultura intensiva, en lo que respecta al contenido de los metales pesados estudiados en el presente trabajo y de otros.

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Alves, T., Rodrigues, F., Ferreira, J., Silva, V., Martins de Souza, B. (2018). Contamination and Soil Biological Properties in the Serra Pelada Mine-Amazonia, Brasil. *Revista Brasileira Ciencias del Suelo*, 42, e0160354, 1-15.

Bernal, A., Hernández, A., Mesa, M., Rodríguez, O., González, P., Reyes, R. (2015). Características de los suelos y sus factores limitantes de la región de Murgas, provincia La Habana. *Revista Cultivos Tropicales*, 36(2), 30-40.

Burbano-Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124. ISSN Impreso 0120-0135 e-ISSN 2256-2273 doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>

Cabrera, G.D.C., Socarras, A.A., Hernández, G., Ponce de León, D., Menéndez, I.I., Sánchez, J.A. (2017). Macrofauna como indicador del estado de salud de la tierra. *Revista. Pastos y Forrajes*, 40(2), 118-126.

Cánepa, Y., Trémols, A.J., González, A., Hernández, A. (2015). Situación actual de los suelos tabacaleros de la empresa "Lázaro Peña" de la Provincia Artemisa. *Rev. Cultivos Tropicales*, 36(1), 80-85.



Comero, S., Vaccaro, S., Locoro, G., Capitani, L., Gawlik, B. (2014). Characterization of the Danube River sediments using the PMF multivariate approach. *Chemosphere*, 95, 329- 335.

Cordeiro, F. y Guridi, F. (2009). Use of ethyldiamine acetic acid to evaluate the bioavailability of heavy metals in lettuce. *Rev. Avances en Investigación Agropecuaria*. 13(3), 35-46. ISSN 0188789-0

Cortes, L.E., Bravo, I.S., Martin, F.J., Menjivar, J.C. (2016). Extracción secuencial de metales pesados en dos suelos contaminados (Andisol y Vertisol) enmendados con ácidos húmicos. *Rev. Acta Agronómica*, 65(3), 164-174.

Delince, W., Valdès, R., Lòpez, O., Guridi, F., Balbin, A. (2015). Riesgo Agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 44-50.

Diatta, J., Grzebisz, G., Frąckowiak- Pawlak, K., Andrzejewska, A., Brzykcy, M. (2014). Site-specific evaluation of Cu, Zn, Fe and Mn availability in arable soils. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(3), 235-242.

Hernández, A., Bojórquez, J. I., Morell, F., Cabrera, A., Ascanio, O., García, D., Madueño, A., Nájera, O. (2010). Fundamentos de la estructura de suelos tropicales. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas y Universidad Autónoma de Nayarit, 80 pp., Universidad Autónoma de Nayarit, México, ISBN: 978-607- 668-27-9.

Hernández, A.J., Morales, M., Borges, Y., Vargas, D., Cabrera, J.A., Ascanio, M.O., Rios, H., Funes, F., Bernal, A., Gonzalez, P.J. (2014). Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de la "Llanura Roja de La Habana", por el cultivo continuado. Algunos resultados sobre su mejoramiento. Ediciones INCA. Proyecto de Innovación Agropecuaria. ISBN: 978-959-7023-66-1. San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba.

Husson, O. (2013). Redox potential (Eh) and pH as drivers of soil/plant/microorganism systems: a transdisciplinary overview pointing to integrative opportunities for agronomy. *Plant Soil*, 362, 389–417.

Maura, A.V. y Febles, J.M. (2018). Una aproximación a los costos ambientales en los suelos ferralíticos rojos para el logro de la sostenibilidad. *Revista Cofín Habana*, 13. (1), 192- 208.

Mogollón, J.P., Vera, M.C., Martínez, A. (2015). Efecto de los plaguicidas sobre la calidad química y biológica del suelo en sistemas de producción de hortalizas del semiárido venezolano. *Revista Química Viva*, 1, 13- 24.

Muñiz, O. (2008). Los Microelementos en la Agricultura. Editorial. Agroinflor, pág 132. ISBN: 978-959-246-201-4. Ministerio de la Agricultura. Instituto de Suelos. La Habana. Cuba.

ONN (Oficina Nacional de Normalización) (1999). Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo. NC 65. 2000. La Habana: Oficina Nacional de Normalización. 10 p.

ONN (Oficina Nacional de Normalización) (1999). Calidad del Suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. NC 52. La Habana: Oficina Nacional de Normalización. 12 p.

ONN (Oficina Nacional de Normalización) (1999). Calidad del suelo. Determinación del porcentaje de MO. NC 51. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.

ONN (Oficina Nacional de Normalización) (1999). Calidad del suelo. Determinación de pH. NC ISO 10390. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.

Pérez, Y., Amaral N.M., Balbin, M.I., Valdes, R., Magalhães, M.O. (2012). Contenido de elementos metálicos en suelos característicos del municipio San José de las Lajas. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 21(2), 123- 148.

Portuondo, L., Martínez, D., Guridi, F., Calderín, A., Torres, J.P.M. (2017). Structural and Functional Evaluation of Humic Acids in Interaction with Toxic Metals in a Cultivar of Agricultural Interest. Rev. C. T. Agrop, 26(3), 39-46.

Regalado, Ivet., Pérez, A., Cabrera, Y., Fernando, F., Bulnes, C. (2014). Cambios anatómicos en la especie *Cynodon nlemfuensis* Vanderhyst en suelos contaminados por metales pesados. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23(4), 37- 42.

Reyes, R., Pierre, G., Guridi, F, Valdés, R. (2014). Disponibilidad de metales pesados en suelos Ferralíticos con baja actividad antrópica en San José de las Lajas, Mayabeque. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 23(3), 37- 40.

Reyes, Rodríguez, R., Guridi, Izquierdo, F., Valdés, Carmenate, R. (2018). El manejo del suelo modifica a sus ácidos húmicos y la disponibilidad de metales pesados. Revista Cultivos Tropicales, 39(2), 15-20.

Veobides, H. A., Guridi, F. I., Vázquez, V. P., (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. Cultivos Tropicales, 39, 102–109.

Yadav, J., Gupta, R., (2017). Dynamics of nutrient profile during vermicomposting. Eco. Env. & Cons, 23, 516–521.

## **EFFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL FRIJOL, EL RENDIMIENTO EN FUNCIÓN DE VARIABLES METEOROLÓGICAS.**

**EFFECT OF CLIMATE CHANGE ON BEAN PRODUCTIVITY, YIELD AS A  
FUNCTION OF METEOROLOGICAL VARIABLES**

Dr. C. Lázaro A. Maqueira López<sup>1</sup>

Ing. Osmany Roján Herrera<sup>2</sup>,

MSc Rogelio Morejón Rivera<sup>3</sup>,

*1 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, UCTB Los Palacios, Cuba,*

*2 Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, UCTB Los Palacios,*

*3 Universidad de Pinar del Río*

[alberto@inca.edu.cu](mailto:alberto@inca.edu.cu), [orojan@inca.edu.cu](mailto:orojan@inca.edu.cu), [iracely@upr.edu.cu](mailto:iracely@upr.edu.cu)

### **Resumen.**

La investigación se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). El objetivo fue determinar el efecto del cambio climático en la productividad del frijol a partir de la variabilidad del rendimiento y su relación con variables meteorológicas. Se utilizaron seis cultivares de frijol (Holguin 518, Tazumal, Tomeguin 93, Bat 304, Bat 832 y Cuba Cueto 25-9), los cuales se sembraron en cuatro fechas de siembra (octubre 2010, diciembre 2011, enero 2012 y octubre 2012), sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. Se evaluó el rendimiento agrícola y sus principales componentes; además de, variables meteorológicas (temperaturas, radiación solar, humedad relativa), en diferentes etapas fenológicas del cultivo. El cambio climático provoca un efecto negativo en el rendimiento del cultivo del frijol con una reducción considerable de los rendimientos, sobre todo por las variaciones en el comportamiento de las temperaturas del aire. El rendimiento se relaciona de

manera positiva con la temperatura del aire en la fase de crecimiento desde emergencia hasta floración y de manera negativa, durante la fases de floración a cosecha, aspecto asociado a posibles cambios en la disponibilidad de asimilados.

**Palabras Clave:** Cultivar, temperatura, fenología.

### **Abstract.**

The research was developed in the areas of the Base Technological Science Unit, Los Palacios, Pinar del Río, belonging to the National Institute of Agricultural Sciences. The objective was to evaluate the variability of the yield in bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.), associated with meteorological variables according to the sowing date. Six bean cultivars were used (Holguin 518, Tazumal, Tomeguin 93, Bat 304, Bat 832 and Cuba Cueto 25-9 (CC-25-9)), which were sown on four different sowing dates (october 2010, december 2011, january 2012, october2012 ), on a Hydromorphic floor Gley Nodular Ferruginous Petroferric. The agricultural yield and its main components were evaluated, as well as meteorological variables (temperatures, solar radiation, relative humidity), in different phenological stages of the crop. The Climate change causes a negative effect on bean crop yield with a considerable reduction in yields, especially due to variations in the behavior of air temperatures. The performance is positively related to the temperature of the air in the phase of emergency growth to flowering, and in a negative way, during the phases of flowering to harvest, aspect associated with possible changes in the availability of assimilated.

**Key words:** cultivate, temperature, phenology.

#### **1- Introducción**

El frijol común (*Phaseolusvulgaris*L.) es la leguminosa de mayor importancia por su consumo en el mundo. Se cultiva en ambientes muy diversos y son los países de Centroamérica y el Caribe donde se concentran grandes áreas productoras y las poblaciones que más lo consumen, por ser un componente esencial de su dieta diaria (1, 2) y una fuente rica en proteínas, vitaminas y minerales (3). En Cuba, su cultivo alcanza cada día mayor importancia y el país ha incrementado su siembra de 122 mil hectáreas en el año 2016 a 147 mil en el 2018 (4, 5). Sus rendimientos se han mantenido entre 0,8 y 1,0 t ha<sup>-1</sup> inferior al potencial de los

cultivares utilizados, no obstante la producción nacional aún no satisface la demanda de consumo (6, 7). Además, el cambio climático se ha convertido en un factor decisivo para la estabilidad de los rendimientos, en los últimos años son más evidentes los eventos meteorológicos extremos, se han modificado los patrones globales de precipitación y la intensidad de las sequías (8). Por lo tanto, promover el uso de cultivares mejor adaptados a las condiciones ambientales actuales, puede contribuir a que las producciones nacionales logren satisfacer la demanda de la población cubana (9).

Estos aspectos evidencian en cierta medida que el comportamiento y la respuesta de los cultivares de frijol a las condiciones ambientales es diferente según la fecha de siembra, por lo que el análisis de las variables meteorológicas puede ser adecuado para detectar las diferencias de adaptación del frijol en un ambiente determinado. Por tanto, acorde con los criterios anteriores, el presente trabajo se desarrolló con el objetivo de evaluar la variabilidad del rendimiento en cultivares de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su relación con variables meteorológicas según la fecha de siembra.

## **2- Materiales y Métodos**

Los experimentos se desarrollaron en la Unidad Científico Tecnológica de Base, Los Palacios (UCTB-LP), perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, situada en la llanura sur de la Provincia de Pinar del Río, a los 22°44' de latitud Norte y a los 83°45' de latitud Oeste, a 60 m.s.n.m, con pendiente aproximada de 1 %. Se trabajó con datos de seis cultivares de frijol (Holguin 518, Tazumal, Tomeguin 93, Bat 304, Bat 832 y Cuba Cueto 25-9), los cuales fueron sembrados en cuatro fechas de siembra; Octubre 2010. Diciembre 2011, Enero 2012 y Octubre 2012 .

El suelo del área experimental se clasifica, según la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (10), como Hidromórfico Gley Nodular Ferruginoso Petroférrico. Como resultados del muestreo de suelo del área experimental, se muestran algunas propiedades que caracterizan su fertilidad (Tabla I).

**Tabla I.** Algunas propiedades de la capa arable (0-20cm) que caracterizan la fertilidad del suelo donde se desarrollaron los experimentos.

pH	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>+</sup>	Na <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MO
H <sub>2</sub> O	cmol. kg <sup>-1</sup> Suelo			mg. 100 g <sup>-1</sup> de suelo		%
6,31	7,20	3,16	0,18	0,21	19,17	2,02

Las principales características de los cultivares en estudio se presentan en la tabla II (6), los que se sembraron por siembra directa a distancia (manual), de 0,70m entre surco y 0,05m entre plantas, con una norma de 54 kg ha<sup>-1</sup> de semillas. Las labores fitotécnicas se realizaron según lo recomendado en el Manual Técnico del Cultivo de Frijol (6). Se empleó un diseño experimental de bloques al azar con seis tratamientos (los cultivares) y tres réplicas. Las parcelas experimentales contaron con un área total de 30 m<sup>2</sup>.

**Tabla II.** Principales características de los cultivares de frijol estudiados en los experimentos (6).

	Holguin 518	Tazumal	Tomeguín 93	Bat 304	Bat 832	CC-25-9
Rendimiento (t/ha <sup>-1</sup> )	2.9	3.0	2.9	2.9	3.2	3.3
Fecha de Siembra recomendada.	septiembre enero	septiembre enero	septiembre enero	septiembre enero	septiembre enero	octubre noviembre
Días a Floración.	43	41	38	38	43	47
Días a Madurez fisiológica	75	75	69	68	74	86
Ciclo (días)	86	86	80	75	87	100

En la figura 1 se registra la temperatura máxima, mínima y media diaria (T máx, T mín, T med), las precipitaciones, la radiación solar global (RSG) y humedad relativa (Hr), del período de duración de los experimentos, los cuales fueron obtenidos de la Estación Meteorológica de Paso Real de San Diego, en Los Palacios.

Se calculó la duración en días de cada una de las fases de crecimiento, teniendo en cuenta lo reportado por la guía técnica para la producción de frijol común y maíz, que aparece en la tabla III (6). Cada fase fue decretada cuando más del 50

% de las plantas en las parcelas experimentales presentaron las características acordes a lo descrito.

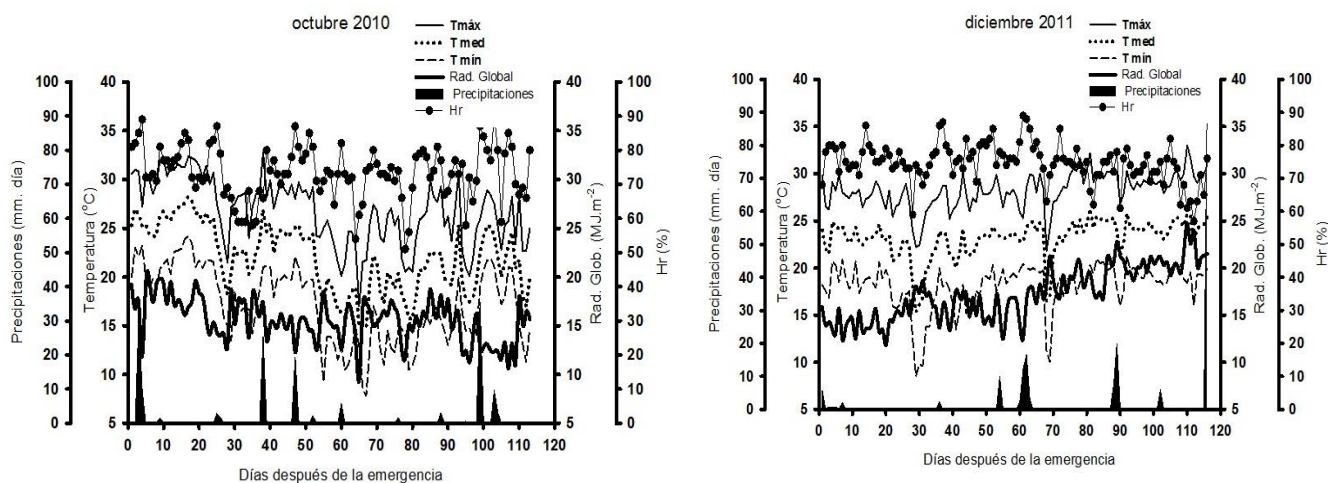
**Tabla III:** Descripción de cada una de las diferentes fases del crecimiento en el cultivo del frijol (6).

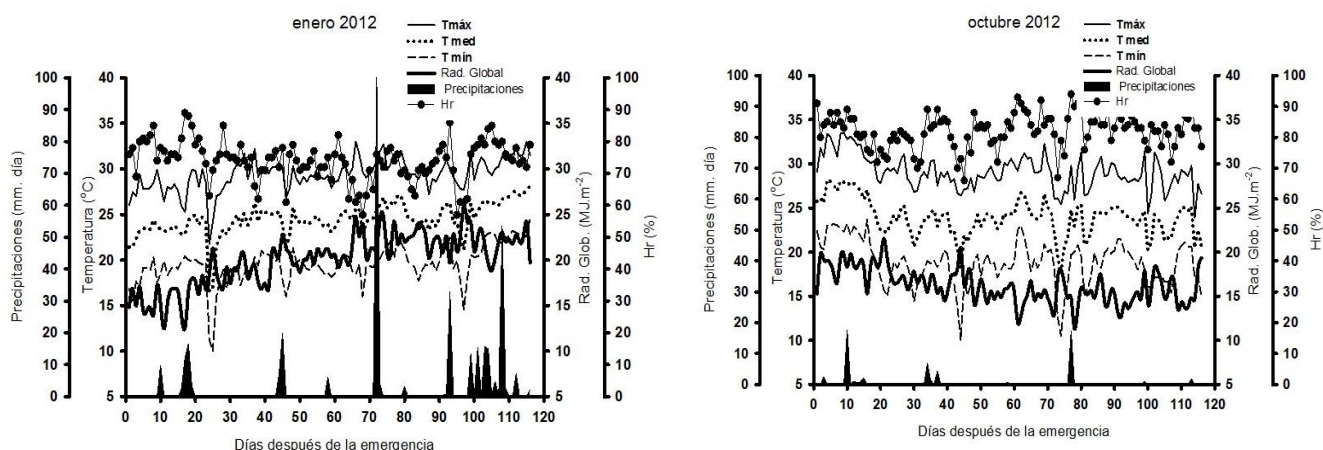
Fase	Etapa		Identificación del inicio de la etapa
	Código	Nombre	
Vegetativa	V <sub>1</sub>	Emergencia	Los cotiledones aparecen a nivel del suelo.
	R <sub>5</sub>	Prefloración	Los primeros botones o racimos han aparecido
Reproductiva	R <sub>6</sub>	Floración	Se ha abierto la primera flor
	R <sub>9</sub>	Maduración	Cambio de color de al menos una vaina

Para determinar el rendimiento agrícola se cosecharon 8 m<sup>2</sup> del centro en cada parcela experimental, se trillaron las plantas y se secaron los granos hasta alcanzar el 14 % de humedad.

Se caracterizaron climáticamente las cuatro fechas de siembra a través de un análisis de componentes principales con dichas variables, dividiendo el ciclo del cultivo en dos períodos: V<sub>1</sub>-R<sub>6</sub>, fase vegetativa; R<sub>6</sub>-R<sub>9</sub>, fase reproductiva (6).

Las medias de las variables evaluadas obtenidas por cultivar y fecha de siembra, se sometieron a análisis de varianza (ANOVA), y las diferencias significativas entre las medias se determinaron con el test de Tukey (p<0,05). Se construyeron varias matrices de datos las cuales se procesaron por la técnica multivariada de Componentes Principales, mediante la representación de un Biplot. Se utilizó el paquete estadístico Statgraphics5.0(11; 12).





**Figura 1.** Temperaturas (máxima, media, mínima), precipitaciones, radiación solar global y humedad relativa, tomada de la Estación Agro meteorológica de Paso Real de San Diego durante el periodo que duraron los experimentos.

### 3- Resultados y Discusión.

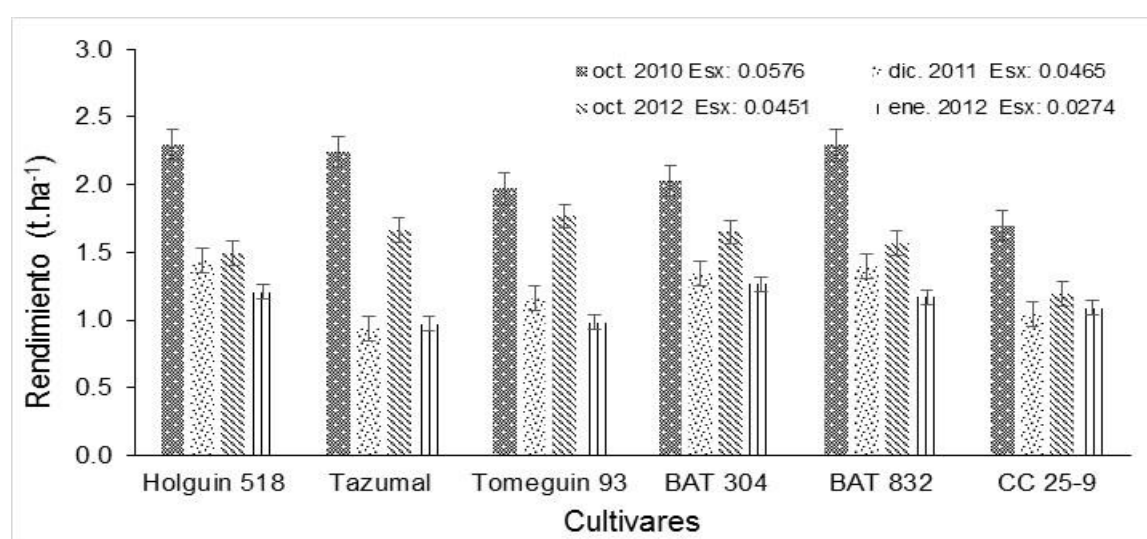
En la figura 2 se muestra el comportamiento del rendimiento agrícola de los cultivos en las diferentes fechas evaluadas. De manera general, se observa una variación de esta variable tanto entre fechas de siembra como entre cultivos. Se demuestra, que no se puede definir un patrón de comportamiento específico para el rendimiento, por lo que resulta necesario tener en cuenta el papel que juegan los factores internos, relacionados con el cultivar y los externos, relacionados con el clima, en el proceso de formación del rendimiento. A pesar de esto, los cultivos BAT 304 y BAT 832 mostraron un comportamiento favorable en todas las fechas de siembra.

En Octubre 2010, se observa el mejor comportamiento para todos los cultivos con rendimientos de aproximadamente  $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ , valor que difiere de manera significativa con los alcanzados en las demás fechas de siembra (diciembre 2011, octubre 2012 y enero 2012). Sin embargo en octubre 2012 los rendimientos agrícolas se comportaron cercanos a las  $1.5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  para la mayoría de los cultivos excepto para el cultivar CC-25-9 que alcanzó  $1 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ .

El hecho de que los cultivos alcanzaran los valores más altos del rendimiento en octubre 2010 pudiera estar relacionado con la influencia que ejercen las variables meteorológicas en la formación del rendimiento. Si analizamos el comportamiento de las temperaturas, en esta fecha se observa que entre 40 y 70



días después de la emergencia (estado de floración de los cultivares) las temperaturas fueron relativamente menores en 1.5°C aproximadamente en comparación con las restantes fechas en igual período (Figura 1). En la literatura se destaca que la variabilidad de los rendimientos está muy relacionada con las condiciones meteorológicas para un cultivar determinado, aspecto que permite explicar cómo unos cultivares responden mejor que otros a las condiciones edafoclimáticas de determinada localidad.



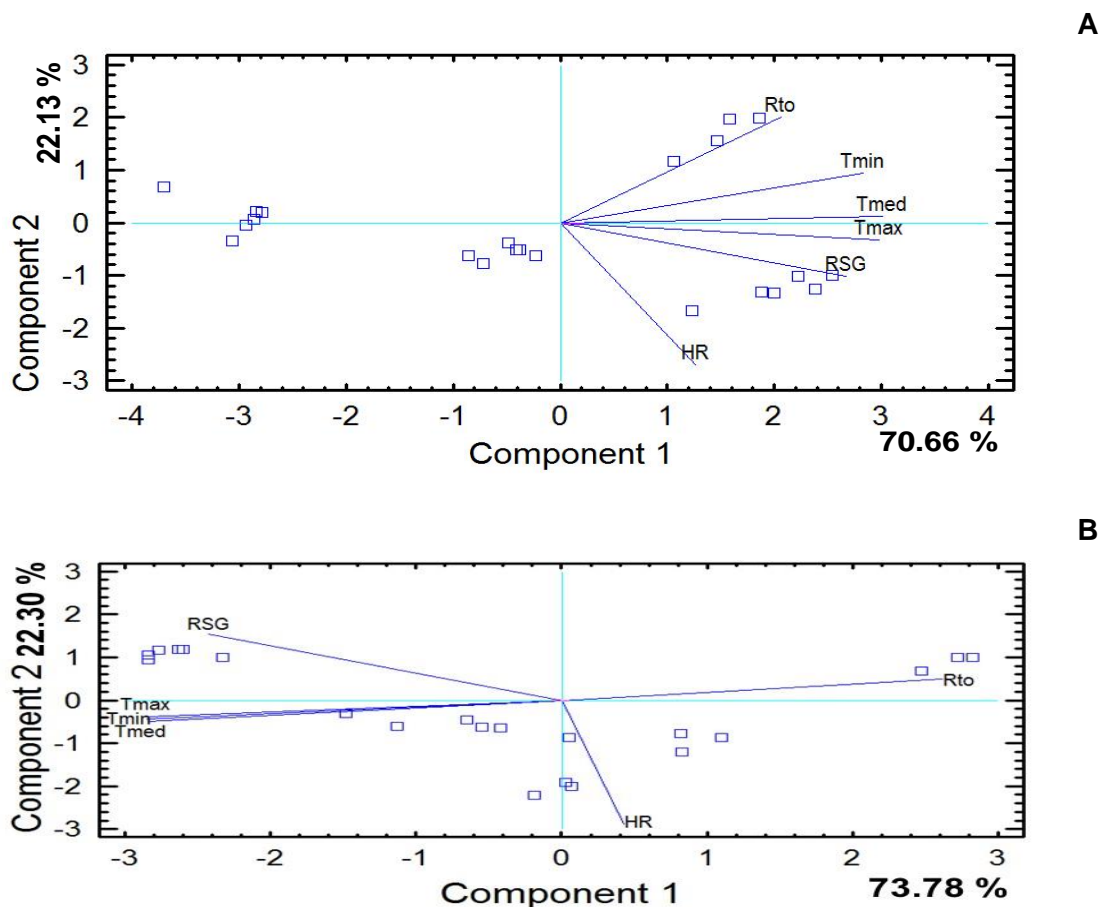
**Figura 2.** Rendimiento agrícola ( $t\ ha^{-1}$ ) al 14 % de humedad del grano de los cultivares de frijol sembrados en cuatro fechas de siembra.

También resultados de otras investigaciones indican la influencia de la temperaturas (entre 20-25 °C) en la estabilidad de los rendimientos de algunas especies de granos específicamente arroz, soya y frijol (13, 14, 15). A partir de la variabilidad climática existente en los últimos años, resulta evidente que el cambio climático provoca un efecto negativo en el rendimiento del cultivo del frijol con una reducción considerable de los rendimientos, sobre todo por el aumento de las temperaturas del aire.

Los resultados en este trabajo demuestran como a pesar de la variabilidad en el clima, la respuesta de determinados cultivares (BAT 304 y BAT 832) puede ser positiva ante condiciones locales imperantes, por lo cual resulta importante la selección de estos por localidad. Al respecto, algunos autores plantean que el ambiente en el cual se desarrollan los cultivos agrícolas ejerce un efecto sobre los

mismos, este puede ser positivo o negativo en dependencia del comportamiento de las variables climáticas. Además, también destacan que resulta interesante conocer que las plantas reflejan un comportamiento diferenciado ante las variables climáticas lo cual origina que cultivares de una misma especie manifiesten comportamiento diferente ante un efecto similar de las variables climáticas (16). Estos estudios resultan de gran importancia para los programas de mejoramiento genético, ya que se puedan determinar los parámetros más influenciados por el medio y lograr así un criterio de selección más aceptado, aspecto de vital importancia para ampliar la biodiversidad de cultivares de frijol en el sector agropecuario.

La representación gráfica del análisis de componentes principales se aprecia en la figura 3, en la cual se evidencia la asociación del comportamiento del rendimiento agrícola de los cultivares en las diferentes fechas de siembra frente a las variables meteorológicas, tanto para la etapa V1-R6 como para la de R6-R9.



**Figura 3.** Asociación de las principales variables meteorológicas con el

rendimiento de los seis cultivares de frijol para las cuatro fechas de siembra. A: etapa V1-R6, B: etapa R6-R9Rto: Rendimiento ( $t\cdot ha^{-1}$ ), RSG: Radiación solar global ( $Mj\cdot m^{-2}$ ), HR: Humedad relativa (%), Tmax: Temperatura máxima, Tmin: Temperatura mínima. Cultivares: Holguin 518, Tazumal, Tomeguin 93, BAT 304, BAT 832, CC-25-9. Fechas de siembra: octubre 2010, diciembre 2011, octubre 2012, enero 2012.

Al tener en cuenta el grado de asociación entre las variables para la etapa V1-R6 (Figura 3 A), la mejor asociación positiva con el rendimiento la presentaron los valores de temperatura, sobre todo las temperaturas mínimas. Al respecto, en la literatura se plantea que el frijol es una planta de origen tropical y se desarrolla mejor a temperaturas entre 18 y 24 °C y se destaca que los mayores rendimientos se obtiene a las temperaturas promedios indicadas. Además, se informa que en zonas calurosas se puede producir frijol satisfactoriamente, siempre que las temperaturas nocturnas no sean muy elevadas, ya que las noches calurosas comúnmente inducen la caída de las flores en detrimento de la producción (6). Las temperaturas bajas (inferiores a 15 °C) pueden provocar disminuciones en el rendimiento ya que afectan el desarrollo vegetativo por ser muy lento el crecimiento y provocan atrasos en la floración, con lo cual se prolonga considerablemente el ciclo de crecimiento (17).

Para la etapa R6-R9 (Figura 3B) se aprecia una fuerte pero inversa relación entre las temperaturas (máxima, media y mínima) y el rendimiento. Estos resultados indican que un aumento de las temperaturas en ese período puede provocar disminución en el rendimiento o viceversa. Estudios realizados con temperaturas altas demostraron que éstas tuvieron un efecto negativo en el rendimiento (valores que fueron bajos) y la biomasa producida, debido a la tasa de crecimiento más lenta que obtuvo el cultivo, a la vez que disminuyó el tamaño de los granos y se incrementó el arrugamiento de los mismos (18). Se destaca que temperaturas superiores a 30°C hacen disminuir la capacidad productiva, provocan una baja en la producción de flores y vainas, además, si el riego no es adecuado, se induce la caída de las flores. Un efecto diferente se observó en ensayos realizados con frijol; donde se encontró buenos resultados en el rendimiento del grano seco cuando las temperaturas fueron bajas (temperatura media mensual de 18 °C y una humedad relativa de 80 % aproximadamente).

En estudios realizados en soya después del comienzo de la floración, se evidencia que las variaciones del rendimiento están asociados a variaciones en el comportamiento de variables meteorológicas, ya que las variables asociadas están relacionadas con posibles cambios en la disponibilidad de asimilados. Por tanto, cuando las temperaturas no son muy altas (no superan los 25 °C), se extiende todo o parte de la duración del crecimiento reproductivo, a la vez que hay una mayor interceptación de la radiación solar y un aumento en la fotosíntesis diaria del cultivo, y de esta manera, se garantiza una mayor disponibilidad de fotoasimilados y por ende mayor rendimiento (19).

#### **4- Conclusiones**

El cambio climático provoca un efecto negativo en el rendimiento del cultivo del frijol con una reducción considerable de los rendimientos, sobre todo por las variaciones en el comportamiento de las temperaturas del aire. El rendimiento se relaciona de manera positiva con la temperatura del aire en la fase de crecimiento de emergencia a floración y de manera negativa durante la fases de floración a cosecha, aspecto asociado a posibles cambios en la disponibilidad de asimilados.

#### **Bibliografía**

- 1- Estrada, W., Chávez, L., Jerez, E., Nápoles, M. C., Sosa Rodríguez A., Cordoví Domínguez C., Celeiro Rodríguez F. Efecto del Azofert® en el rendimiento de variedades de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de déficit hídrico. Revista Centro Agrícola. 2017:44(3):36-42.
- 2- González-Cueto O., Abreu Ceballo B., Herrera-Suárez M., López- Bravo E. Uso del agua durante el riego del frijol en suelos EutricCambisol. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias. 2017:26(1):70-77.
- 3- Calero, A., Castillo, Y., Quintero, E., Pérez, y Olivera, D. Efecto de cuatro densidades de siembra en el rendimiento agrícola del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Revista. Facultad Ciencias Universidad Nacional de Colombia. 2018:7(1):88–100.doi:10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.67773
- 4- ONEI, Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Anuario Estadístico de Cuba 2017. Cap. 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. 30 pp.
- 5- ONEI, Oficina Nacional de Estadísticas e Información. Anuario Estadístico de Cuba 2018. Cap. 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. 31 pp.

- 6- Faure, B.; Benítez, R.; Rodríguez, E.; Grande, O.; Torres, M. y Pérez, P. Guía Técnica para la producción de frijol común y maíz. Ed. Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, 2014, La Habana, Cuba, 39 p. ISBN 978-959-296-036-7.
- 7- FAO. Dirección de Estadísticas: FAOSTAT (en línea). Consultado el 12 de marzo de 2016. Disponible en <http://faostat3.fao.org/faostatgateway/go/to/home/S>
- 8- Urbina I, Sardans J, Beierkuhnlein C, Jentsch A, Backhaus S, Grant K, Kreyling J, Peñuelas J. Shifts in the elemental composition of plants during a very severe drought. *Environmental and Experimental Botany*. 2015;111: 63–73. doi:10.1016/j.envexpbot.2014.10.005
- 9- De la fé, C. F., Lamz, A., Cárdenas, R. M. Y Hernández, J. Respuesta agronómica de cultivares de frijol común (*Phaseolus vulgaris*L.) de reciente introducción en Cuba. *Cultivos Tropicales*.2016;37(2):102-107.doi: 10.13140/RG.2.1.2992.2805
- 10- Hernández, J. A.; Pérez, J. J. M.; Bosch, I. D. y Castro, S. N. Clasificación de los suelos de Cuba. Ed. Ediciones INCA, 2015, Mayabeque, Cuba, 93 p., ISBN978-959-7023-77-7.
- 11- Parra –Coronado A, Fischer G, Chaves Coroba B. Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de Feijoa (*Accasellowiana*(O. Berg) Buret). *Acta Biológica Colombiana*.2015;20(1): 163-173. doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390
- 12- Statistical Graphics Crop. STATGRAPHICS® Plus [Internet]. 2000. (Profesional). Available from: <http://www.statgraphics.com/statgraphics/statgraphics.nsf/pd/pdpricing>.
- 13- Huang M, Shan S, Zhou X, Chen J, Cao F, Jiang L, Zou Y. Leaf photosynthetic performance related to higher radiation use efficiency and grain yield in hybrid rice. *Field Crops Research*.2016;30(60): 1-7. doi.org/10.1016/j.fcr.2016.03.009
- 14- Maqueira-López, L. A.; Roján-Herrera, O.; Pérez Mesa, S. A. y Torres-de la Noval, W. Crecimiento y rendimiento de cultivares de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*L.) en la localidad de Los Palacios. *Cultivos Tropicales*, 2017, 38(3): 58-63. ISSN.1819-4087.
- 15- Ramadan EA, Ahmed BB, Hamed TM. Effect of pulse drip irrigation and mulching systems on yield, quality traits and irrigation water use efficiency of soybean under sandy soil conditions. *Agricultural Sciences*. 2013: 4(5): 249-261. doi.org/10.4236/as.2013.45036

- 16-Hernández Gonzalo, René, and María JÓ García. "Relaciones entre el rendimiento y sus componentes de dos líneas de frijol común (*Phaseolusvulgaris* L.) con algunas variables climáticas. Centro Agrícola. 2003. 30(4):80-85.
- 17-Rosas, Juan C., et al. El cultivo del frijol común en América tropical. Escuela Agrícola Panamericana/Zamorano, Honduras, 2003. 62 p.
- 18-Bing LX, Wang Ch, Jin J, Herbert SJ, Hashemi M. Responses of soybean yield and yield components to light enrichment and planting density. International Journal of Plant Production. 2010, 4(1): 1-10.
- 19-Martignone R, Enrico J, Bodrero M, Adriani J, Sonmarti N. Rendimiento de soja en siembras muy tardías: características diferenciales entre cultivares. EEA Oliveros INTA.2016; 54: 137-143.

## **DIVERSIDAD FENOTÍPICA DE CULTIVARES CUBANOS DE ARROZ OBTENIDOS POR EL INCA EN EL PERÍODO 1984-2020**

PHENOTYPIC DIVERSITY OF CUBAN RICE CULTIVARS OBTAINED BY INCA IN THE 1984-2020 PERIOD

Noraida de Jesús Pérez-León<sup>1</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-4175-1682>)

María Caridad González-Cepero<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-1154-1756>)

Elizabeth Cristo Valdés<sup>3</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-5409>)

<sup>1</sup>*Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (CUBA)*

[nory@inca.edu.cu](mailto:nory@inca.edu.cu)

### **Resumen**

Con el objetivo de evaluar la diversidad fenotípica de cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA, apoyados en caracteres morfoagronómicos y técnicas de análisis multivariado, fue desarrollado este trabajo en la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba. Se evaluaron 30 caracteres cualitativos y 23 cuantitativos. Los datos fueron procesados mediante un análisis de correlación múltiple y Análisis Multivariado de Clasificación Automática (Conglomerados). Los resultados mostraron que 11 caracteres cualitativos fueron homogéneos y 10 fueron distintivos de algunos cultivares, dentro de ellos el color de la lígula, las hojas, el nudo, el entrenudo, el anillo subnodal, el estigma, así como la posición del ápice de la primera hoja, por debajo de la hoja bandera, la pubescencia de la lemma y la pálea, la vellosidad de la hoja y la emergencia de la panícula. Existe correlación positiva y significativa entre el rendimiento y los granos por panícula, también, entre la longitud del mesocotilo y el coleóptilo, con el rendimiento industrial y la capacidad de ahijamiento, respectivamente. Se aprecian rangos de variación en todos los caracteres cuantitativos evaluados y aunque los cultivares obtenidos están genéticamente relacionados, se diferencian fenotípicamente.

**Palabras clave:** fitomejoramiento, variabilidad genética, *Oryza sativa* L.

### **Abstract**

With the objective of evaluating the phenotypic diversity of Cuban rice cultivars obtained by INCA, supported by morphoagronomic characters and multivariate analysis techniques, this work was

developed in Scientific and Technological Base Unit belonging to the National Agricultural Sciences Institute of Cuba. 30 qualitative and 23 quantitative characters were evaluated and data processed through a multiple correlation analysis and multivariate analysis of automatic classification (clusters). The results showed that 11 characters qualitative were homogeneous and 10 were distinctive of some cultivars, within them, the color of the ligule, the leaf blade, node, internode, subnodal ring, stigma, as well as, the position of the apex of the first leaf below the flag leaf, lemma, palea and leaf pubescence, and panicle exertion. There is a positive and significant correlation between yield and grains per panicle; also, between mesocotile and coleoptile length with industrial yield and tillering capacity, respectively. Variation ranges are appreciated in all the quantitative traits evaluated and although the cultivars obtained are genetically related, they differ phenotypically.

**Key words:** plant breeding, genetic variability, *Oryza sativa* L.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo habitan siete billones de personas, se estima que llegará a ocho en el 2025 y nueve en el 2050 (1), este aumento pudiera conducir a un mayor uso de la agrobiodiversidad, un mayor empleo rural, menos problemas ambientales y de salud, pero de manera contradictoria, cada día la diversidad se pierde y aunque se desarrollan esfuerzos para conservarla, ningún sistema ha pasado la prueba del tiempo (2). Producir suficientes alimentos para la creciente población mundial constituye un gran reto para las generaciones presentes y futuras, en un planeta donde la degradación de los suelos y el calentamiento global de la atmósfera son prácticamente irreversibles (3).

En el contexto de la agrobiodiversidad, la diversidad genética puede verse como una fuente de opciones para cultivar alimentos diversos y nutritivos con menos recursos, adaptados a ambientes más hostiles y haciendo a los cultivos menos susceptibles a plagas (4). El conocimiento de la diversidad genética entre cultivares, en una región determinada, es importante para planificar estrategias de mejoramiento y reducir la vulnerabilidad de los cultivos.

La información acerca de los niveles y patrones de diversidad genética puede ser muy útil en el mejoramiento, para analizar la variabilidad entre cultivares, para identificar combinaciones de progenitores que permitan crear poblaciones con diversidad máxima y para introducir genes deseables de germoplasma diverso a la base genética disponible. Esta información también es importante en el mejoramiento de híbridos, para la formación de grupos o cruzamientos de alta heterosis (5).

Existen dos formas de evaluar la divergencia genética, a través de métodos cuantitativos con el empleo de los análisis dialélicos, entre otros; o utilizando métodos predictivos que incluyen: estudios de caracteres morfológicos o agronómicos, apoyados en técnicas de análisis multivariado, marcadores moleculares y análisis del pedigrí, con base en el coeficiente de parentesco (5,6).

En Cuba se realizaron análisis del pedigrí con base en el coeficiente de parentesco que incluyeron los cultivares comerciales desarrollados hasta el año 2001 y solo aparecen algunos de los



obtenidos por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), que comenzaban su proceso de introducción.

En este sentido fue desarrollado el presente trabajo, que tuvo como objetivo: evaluar la diversidad fenotípica de cultivares de arroz cubanos obtenidos por el INCA, evaluando caracteres morfoagronómicos y apoyados en técnicas de análisis multivariado.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló en áreas de la Unidad Científico Tecnológica de Base “Los Palacios”, perteneciente al Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), en condiciones de aniego, sobre un suelo Hidromórfico Gley Nodular Petroférrico (7) y fueron utilizados 19

cultivares de arroz (Tabla 1), obtenidos mediante el programade mejoramiento, desarrollado por investigadores del mencionado instituto.

**Tabla 1.** Cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020.

	Cultivares	Método de mejora	Progenitores	Tomado de
1.	Amistad´82	Hibridaciones	IR 1529-430/VNIIR 3223	<a href="https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&amp;idt=8129744">https://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&amp;idt=8129744</a>
2.	INCA LP-1	Hibridaciones	J-104/Amistad´82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218114009.pdf</a>
3.	INCA LP-2	Hibridaciones	IR 759-54-2-2/6066	<a href="https://ftp.inca.edu.cu/revista/1998/3/CT19314.pdf">https://ftp.inca.edu.cu/revista/1998/3/CT19314.pdf</a>
4.	INCA LP-3	Hibridaciones	Cica 8/CP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	Pérez, Noraida Libro registro de cruzamientos UCTB INCA Los Palacios
5.	INCA LP-4	Hibridaciones	6066/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221013.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218221013.pdf</a>
6.	INCA LP-5	Hibridaciones	2077/CP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230160011.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230160011.pdf</a>
7.	INCA LP-6	Hibridaciones	2077/CP <sub>1</sub> C <sub>8</sub>	<a href="https://www.researchgate.net/profile/Perez-Noraida-De-Jesus/publication/325320136_INCA-LP-6_NUEVA_VARIEDAD_DE_ARROZ_DE_CICLO_CORTO_PARA_LA_PROVINCIA_DE_PINAR_DEL_RIO/links/5b0576fb0f7e9b1ed7e8128e/INCA-LP-6-NUEVA-VARIEDAD-DE-ARROZ-DE-CICLO-CORTO-PARA-LA-PROVINCIA-DE-PINAR-DEL-RIO.pdf">https://www.researchgate.net/profile/Perez-Noraida-De-Jesus/publication/325320136_INCA-LP-6_NUEVA_VARIEDAD_DE_ARROZ_DE_CICLO_CORTO_PARA_LA_PROVINCIA_DE_PINAR_DEL_RIO/links/5b0576fb0f7e9b1ed7e8128e/INCA-LP-6-NUEVA-VARIEDAD-DE-ARROZ-DE-CICLO-CORTO-PARA-LA-PROVINCIA-DE-PINAR-DEL-RIO.pdf</a>
8.	INCA LP-7	Cultivo	Amistad´82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120013.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193218120013.pdf</a>

		somático		
9.	INCA LP-9	Cultivo somático	Amistad '82	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230161009.pdf</a>
10	INCA LP-10	Cultivo somático	Amistad '82	<a href="http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=GREYLIT.xis&amp;method=post&amp;formato=2&amp;cantidad=1&amp;expresion=mfn=019317">http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=GREYLIT.xis&amp;method=post&amp;formato=2&amp;cantidad=1&amp;expresion=mfn=019317</a>
11	INCA LP-11	Hibridaciones	IR 1529-430/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf</a>
12	Anays LP-14	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	Amistad '82/IR 759-54-2-2	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215934010.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193215934010.pdf</a>
13	Roana LP-15	Hibridaciones	8073//IR 759-54-2-2/J-104	<a href="https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf">https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217894009.pdf</a>
14	Ginés LP-18	Cultivo somático	J-104	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000300015&amp;script=sci_abstract&amp;tlng=en">http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362009000300015&amp;script=sci_abstract&amp;tlng=en</a>
15	Guillemar LP-19	Hibridaciones	Amistad '82/INCA LP-7	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362014000100012">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362014000100012</a>
16	José LP-20	Hibridaciones	Amistad '82/J-112	<a href="http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362015000200012">http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&amp;pid=S0258-59362015000200012</a>
17	Eduar LP-21	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	INCA LP-10/C4 153	Eduar LP-21: Nuevo cultivar de arroz ( <i>Oryza sativa</i> L.) obtenida por cultivo <i>in vitro</i> de anteras, tolerante a los bajos suministros de agua
18	INCA LP-22	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	Amistad '82/2077	<a href="https://elfoscientiaecigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf">https://elfoscientiaecigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf</a>
19	INCA LP-23	Cultivo <i>in vitro</i> de anteras	INCA LP-1/Tetep	<a href="https://elfoscientiaecigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf">https://elfoscientiaecigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2016/33/3/BA003303EN3401-3405.pdf</a>

La muestra contempla el primer cultivar de arroz obtenido en Cuba mediante hibridaciones (Amistad '82), el cual proviene de un cruce realizado en el Instituto de Investigaciones del Arroz de Cuba, con la asesoría de un investigador de la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas y seleccionado en la UCTB del INCA en Los Palacios. También, el primero obtenido mediante el cultivo *in vitro* de anteras (Anays LP-14) y el primer mutante (Ginés LP-18), obtenido a partir del cultivo *in vitro* de semillas irradiadas con protones (8).

Además, se evaluaron 11 cultivares obtenidos mediante hibridaciones, otros tres cultivares obtenidos por cultivo *in vitro* de anteras (9) y tres somaclones provenientes del cultivo *in vitro* de semillas en un medio de cultivo con 4000 ppm de NaCl (10).

La siembra se efectuó en el campo, de forma directa a chorrillo, en un diseño de Bloques al azar, con tres réplicas, parcelas de dos metros de largo por dos metros de ancho (4 m<sup>2</sup>), a una distancia

de 15 cm entre surcos y una densidad de 100 kg de semilla por hectárea. Las labores fitotécnicas se realizaron según las indicaciones establecidas en el Instructivo Técnico del Cultivo del Arroz (11).

Siguiendo la metodología elaborada por la Dirección de Certificación de Semillas que detalla el Formulario de Descripción para el Registro de Variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.) fueron evaluados los siguientes descriptores cualitativos: color del coleóptilo; hábito predominante de crecimiento; color de la lígula; forma de la lígula; color de las aurículas; resistencia de las aurículas al desprendimiento; color de las hojas; velloso de las hojas; posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera; porte de la hoja bandera; color de la vaina de la hoja; color del nudo; color del entrenudo; color del anillo subnodal; color de las glumas; color del estigma; color del ápice de la lemma y la pálea; color de la lemma y la pálea; pubescencia de la lemma y la pálea; color del ápice del grano apical de la panícula; color del grano apical de la panícula; tamaño de las aristas; tipo de aristado predominante de los granos; densidad de la panícula; emergencia de la panícula; fertilidad de la panícula; desgranado de la panícula; longevidad foliar; resistencia al acame y respuesta al fotoperíodo. Además, los descriptores cuantitativos longitud del mesocotilo (cm); longitud del coleóptilo (cm); capacidad de ahijamiento; número de hojas muertas; longitud de la hoja bandera (cm); ancho de la hoja bandera (cm); longitud de la hoja por debajo de la hoja bandera (cm); ancho de la hoja por debajo de la hoja bandera (cm); longitud de la lígula (mm); ciclo en días a la madurez; altura de la planta (cm); longitud del grano (mm); ancho del grano (mm); relación largo ancho del grano; espesor del grano (mm); masa de 1000 granos (g); número de granos no aristados en una muestra de 1000; longitud de la panícula; granos estériles en el ápice de la panícula; granos por panícula; rendimiento agrícola ( $t\ ha^{-1}$ ); panículas por metro cuadrado y rendimiento industrial (% de granos enteros) en muestras de 1 kg de arroz cáscara.

Con todos los datos cuantitativos obtenidos se realizó un análisis de correlación múltiple y con el rendimiento agrícola e industrial, las panículas por metro cuadrado, los granos por panícula, la masa de 1000 granos, la longitud de la panícula, la capacidad de ahijamiento, los días a la madurez, la longitud, ancho y espesor del grano, un Análisis Multivariado de Clasificación Automática (Conglomerados). Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 22 sobre *Windows*.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los caracteres cualitativos evaluados (Tabla 2), mostraron homogeneidad para 11 de ellos, ya que todos los cultivares poseen el coleóptilo verde claro, las glumas, el ápice, la lemma y la pálea de los granos de color paja, la forma de la lígula hendida, las aurículas caedizas, longevidad foliar lenta y son resistentes al acame e insensibles al fotoperíodo.

**Tabla 2.** Caracteres cualitativos evaluados a 19 cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

Carácter	Descriptor	Cant <sup>1</sup>	Descriptor	Cant	Descriptor	Cant	Descriptor	Cant
Color del coleóptilo	Verde Claro	19						
Hábito de crecimiento	Erecto	14	Semi-erecto	5				
Color de la lígula	Amarillo pálido	17	Blanco	2				
Forma de la lígula	Hendida	19						
Color de las aurículas	Amarillo pálido	11	Blanco	5	Verde Claro	3		
Resistencia de las aurículas al desprendimiento	Caedizas	19						
Color de las hojas	Verde oscuro	11	Verde	7	Verde claro	1		
Vellosidad de las hojas	Intermedia	17	Lisa	2				
Posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera	Erecto	17	Semi-erecto	2				
Porte de la Hoja Bandera	Erecto	16	Semi-erecto	3				
Color de la vaina de la hoja	Verde oscuro	8	Verde	6	Verde claro	5		
Color del nudo	Amarillo	17	Verde Claro	2				
Color del entrenudo	Verde Claro	18	Verde oscuro	1				
Color del anillo subnodal	Verde Claro	11	Verde	5	Amarillo pálido	2	Blanco	1
Color de las glumas	Paja	19						
Color del estigma	Amarillo pálido	11	Blanco	6	Amarillo	2		
Color del ápice de la lemma y pálea	Paja	19						
Color de la lemma y pálea	Paja	19						
Pubescencia de la lemma y la pálea	Media	18	Vellosa	1				
Color del ápice del grano apical	Paja	19						
Color de la lemma y pálea del grano apical	Paja	19						
Tamaño de las aristas	Ausente	13	Corta	6				
Tipo de aristado predominante de los granos	Ausente	13	< 50% <sup>2</sup>	6				
Densidad de la panícula	Intermedia	13	Compacta	6				
Emergencia de la panícula	Emergida	17	M Emergida <sup>3</sup>	2				
Fertilidad de la panícula	Muy fértil	10	Fértil	9				
Desgranado de la panícula	Resistente	15	Intermedio	4				

Longevidad foliar	Lenta	19						
Resistencia al acame	Resistentes	19						
Respuesta al fotoperiodo	Insensible	19						

<sup>1</sup>Cantidad de cultivares que mostraron el descriptor

<sup>2</sup>Aristas presentes en menos del 50 % de los granos

<sup>3</sup>Moderadamente emergidas

El acame de los tallos es un carácter indeseable al cual prestan mucha atención los mejoradores, ya que cambia la distribución de las hojas en las plantas, lo que provoca auto sombreo; además, interrumpe el transporte de los nutrientes, con la consiguiente esterilidad y, finalmente, la reducción del rendimiento. Este carácter tiene una base genética muy amplia que controla no sólo la resistencia, sino también los factores y los caracteres de los que depende: la altura de la planta, la absorción diferencial del silicio y potasio, el espesor de las paredes celulares y de los tejidos del tallo, el ahijamiento, el desarrollo total, en superficie y en profundidad del sistema radicular, junto con los factores edafoclimáticos y nutritivos propios del terreno de cultivo (12).

La insensibilidad al fotoperíodo permite disponer de mayor flexibilidad en la elección de la fecha de siembra, aunque es importante tener en cuenta que en una variedad insensible al fotoperíodo, la temperatura determina el ciclo de vida de la planta: si la temperatura es alta, la variedad florece más rápido y si es baja ocurre lo contrario.

El color verde oscuro de los entrenudos diferencia al cultivar INCA LP-5 del resto, que mostró el verde claro, algo similar ocurre con el color blanco de la lígula, que está presente sólo en INCA LP-22 e INCA LP-23, así como el nudo verde claro de Amistad'82 y Eduar LP-21. Las aurículas, las hojas, sus vainas y el estigma, mostraron tres colores diferentes y cuatro el anillo subnodal, pero sólo Amistad'82 posee el anillo subnodal blanco, Anays LP-14 las hojas de color verde claro y el estigma amarillo INCA LP-4 e INCA LP-10.

Otros caracteres distintivos fueron las hojas lisas de INCA LP-6 e INCA LP-9, la lemma y la pálea vellosa de Eduar LP-21, la posición semi erecta del ápice de la primera hoja, por debajo de la hoja bandera de INCA LP-6 y Roana LP-15 y las panículas moderadamente emergidas de INCA LP-7 e INCA LP-11.

Según la literatura consultada, la presencia de pelos sobre las hojas se debe a dos genes dominantes  $H_a$  y  $H_b$ , mientras que, el carácter glabro de las glumillas está controlado por el gen recesivo  $gl$  y la velloso por el dominante  $H_g$  (12). La mayoría de los cultivares mostraron un comportamiento intermedio para ambos caracteres, lo que pudiera indicar que son heterocigóticos para dichos genes.

Predomina el hábito de crecimiento, la posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera y el porte de la hoja bandera, erectos, así como la panícula emergida.

Generalmente, en el proceso de mejoramiento, la selección se dirige hacia plantas con hábitos de crecimiento erecto e intermedio, ya que este porte mejora el potencial fotosintético y contribuye al aumento del rendimiento, del mismo modo las hojas erectas también contribuyen a la fotosíntesis, debido a que permiten que penetre mejor la luz solar en el follaje.

Las panículas deben emerger completamente de la vaina de la hoja bandera, característica que permite evitar la acumulación de humedad en el cuello, que pudiera favorecer la aparición y desarrollo de enfermedades. Los factores ambientales principalmente las bajas temperaturas y las enfermedades fungosas pueden contribuir a este defecto, aunque se considera comúnmente como una causa genética.

De los 19 cultivares evaluados, seis presentaron aristas, dentro de ellos Amistad'82, el que al parecer es quien aporta este carácter a los cultivares INCA LP-1, INCA LP-9 e INCA LP-10. También presentan aristas INCA LP-6 y Roana LP-15, pero cabe destacar que en todos los casos son cortas y en menos del 50 % de los granos. En este sentido, sólo cuando las aristas son largas y en la mayoría de los granos, se considera una característica indeseable porque son duras, persistentes e inconvenientes para el desgrane y la molinería. Su presencia está condicionada por tres genes dominantes, donde los recesivos producen genotipos absolutamente móticos, mientras que la interacción entre ellos determina un grado diferente de longitud, por su parte la influencia de los factores climáticos regula la amplitud del fenómeno, tanto en longitud como en intensidad (12).

Se apreció muy buen comportamiento en todos los cultivares para la densidad y la fertilidad de la panícula, lo que nos indica la capacidad de la planta para fertilizar y llenar los granos y proporciona una medida indirecta del rendimiento. Similar comportamiento ofreció el desgrane de la panícula, carácter que tiene gran importancia económica y es uno de los principales objetivos del mejoramiento genético.

En la Tabla 3, se muestra la asociación entre los caracteres cuantitativos evaluados. Se presenta correlación positiva y significativa entre el rendimiento y los granos por panícula, componente que es considerado por muchos autores, como marcador para la selección, en generaciones tempranas, de cultivares de alto rendimiento.

**Tabla 3.** Matriz de correlaciones fenotípicas de los caracteres cuantitativos evaluados a 19 cultivares cubanos de arroz obtenidos por el INCA en el período 1984-2020

	LC	CA	HM	LHB	AHB	LH	AH	LL	DM	AP	LG	AG	RLA	EG	MG	GNA	LP	GE	GP	RA	P M	R I
LM	-0,11	-0,19	0,24	0,26	-0,16	0,002	0,1	0,25	-0,08	0,55*	-0,09	0,01	-0,13	-0,15	0,03	-0,12	0,14	0,35	0,25	0,02	-0,29	-0,04
LC		-0,54*	-0,22	-0,03	0,17	0,34	0,09	0,5*	0,45	-0,10	0,34	0,41	-0,11	0,57*	0,32	0,31	0,33	-0,29	0,15	0,31	-0,31	-0,08
CA			-0,28	-0,15	-0,05	-0,06	-0,09	-0,37	-0,03	-0,21	-0,23	0,04	-0,09	-0,13	-0,01	0,14	-0,06	-0,29	-0,11	-0,08	0,23	0,40
HM				0,02	-0,08	-0,2	0,28	-0,38	-0,32	0,24	0,04	-0,38	0,28	-0,48*	-0,4	-0,24	-0,22	0,41	-0,16	-0,19	-0,27	-0,01
LHB					0,35	0,53*	0,46*	0,28	0,02	-0,28	0,03	-0,34	0,39	0,02	-0,13	-0,22	0,42	0,05	0,1	-0,12	-0,08	0,04
AHB						0,23	0,28	-0,27	-0,34	-0,56*	0,03	-0,01	0,22	0,41	0,11	-0,15	0,08	-0,12	0,05	-0,042	-0,11	0,03
LH							0,78**	0,35	0,52*	-0,16	0,27	-0,28	0,47*	0,2	0,38	0,21	0,54*	-0,41	0,36	0,31	0,13	0,09
AH								-0,01	0,3	-0,08	0,17	-0,37	0,48*	0,03	0,30	0,13	0,39	-0,07	0,27	0,28	0,08	0,11
LL									0,48*	0,23	0,35	-0,02	0,11	0,05	0,36	0,01	0,41	-0,06	0,01	-0,02	-0,17	0,01
DM										-0,12	0,29	0,15	0,05	0,06	0,44	0,41	0,48*	-0,25	-0,11	0,18	-0,22	0,08
AP											0,09	-0,25	0,02	-0,29	0,004	-0,3	-0,33	0,33	0,21	0,01	0,04	-0,41





Resultados similares fueron obtenidos por otros autores, aunque ellos también encontraron correlación del rendimiento con las panículas por metro cuadrado y la masa de 1000 granos (13). El rendimiento agrícola y sus componentes son regulados por múltiples genes y el ambiente ejerce una fuerte influencia sobre ellos (13,14).

En cuanto a las dimensiones del grano, el espesor presentó una correlación fuerte y positiva con el rendimiento, mientras que para la relación largo:ancho fue negativa; o sea, que los granos largos y anchos son los que aportaron mayor rendimiento agrícola. Por su parte, el rendimiento industrial expresado en porcentaje de granos enteros, no presentó relación con ellos. Superar la calidad industrial del cultivar J-104, predominante en la producción arrocería cubana hasta el año 2000, ha sido objeto del programa de mejoramiento, a través del cual se originaron los cultivares evaluados, en los que este carácter oscila en un rango entre 50-60 porcentaje de enteros.

El ciclo, expresado en días a la madurez, se correlacionó con la longitud de las hojas, de las panículas y de la lígula, pero no con el rendimiento, ni sus componentes, lo que pudiera estar relacionado con el hecho de que la muestra evaluada se compone de cultivares con un ciclo en el rango de 123 a 142 días. El ciclo más adecuado para el arroz parece estar entre 110 y 135 días, los cultivares que maduran en este tiempo rinden más, habitualmente, que las que maduran antes o después de él, en la mayoría de las condiciones agronómicas favorables. La precocidad como objetivo de mejoramiento es adecuada para escapar de las causas de estrés ambiental, como la sequía o la temperatura baja durante la fase reproductiva; además, un período vegetativo corto permite hacer un uso más eficiente del agua de riego. No obstante, combinar el carácter de precocidad con niveles óptimos de macollamiento, vigor y rendimiento es un desafío fascinante para los fitomejoradores (12).

El largo y ancho de las hojas, así como el largo y ancho de los granos mostraron correlaciones entre ellos; también, el ancho de la hoja bandera con la altura de la planta, la longitud de las hojas con la longitud de las panículas, semillas no aristadas con el ancho del grano, la longitud del mesocotilo con la altura de la planta, la longitud del coleóptilo con el espesor del grano y de manera negativa, los granos estériles en el ápice de la panícula con su longitud, la longitud del mesocotilo con el rendimiento industrial y la longitud del coleóptilo con la capacidad de ahijamiento.

Algunas de estas relaciones aparecen en la literatura consultada, no así, las relacionadas con la longitud del mesocotilo y coleóptilo, por lo que sería conveniente comprobar este resultado en futuros trabajos, ya que ambos caracteres pueden constituir marcadores de selección en épocas tempranas, de importantes componentes del rendimiento.

Sobre la base de la clasificación automática (conglomerados), se agruparon los cultivares en nueve clases (Tabla 4) y se destacó la clase siete con cinco cultivares (INCA LP-5, Anays LP-14, Roana LP-15, INCA LP-22 e INCA LP-23), que promediaron el rendimiento agrícola más alto, así como la mayor cantidad de panículas por metro cuadrado.

**Tabla 4.** Valores medios de los caracteres evaluados en cada clase establecida sobre la base de la diversidad existente

Caracteres	Clases								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Rendimiento Agrícola	5,1	7,1	6,8	7,4	7,5	7,2	7,8	7,1	7,5
Rendimiento industrial	58,2	51	55,5	57,1	56	54,5	58,6	58,8	52
Panículas por m <sup>2</sup>	425	400	436	412	405	393	484	357	333
Granos en la panícula	112	129	105	137	156	128	137	123	135
Masa de 1000 granos	28	28	30	30,9	30	31	30,1	27	30
Longitud de la panícula	23	24,3	25,5	26,5	25,9	25,6	24,1	23	25,7
Capacidad de ahijamiento	25	10	25	18	25	20	21	19	19
Días a la madurez	126	123	142	133	125	128	129	125	140
Longitud del grano	10,6	10	10,1	10,3	10,6	10,2	9,7	10,1	10,1
Ancho del grano	2,2	2,4	2,8	2,6	2,3	2,8	2,6	2,5	2,8
Espesor del grano	1,2	1,5	1,3	1,6	1,3	1,6	1,5	1,5	1,7
Efectivos	1	1	1	6	1	2	5	1	1
Genotipos	Amistad' 82	INCA LP-9	INCA LP-1	INCA LP-2 INCA LP-3 INCA LP-4 Ginés LP-18 Guillemar LP-19 José LP-20	INCA LP-11	INCA LP-10 Eduar LP-21	INCA LP-5 Anays LP-14 Roana LP-15 INCA LP-22 INCA LP-23	INCA LP-6	INCA LP-7

A pesar de haber sido superados por los presentes en otras clases, para los caracteres rendimiento industrial, granos por panícula, masa de 1000 granos, ancho y espesor del grano, los valores alcanzados fueron también altos. Debido a su excelente comportamiento en diferentes condiciones de suelo y clima, el cultivar INCA LP-5 ha permanecido en la producción arrocera cubana durante 20 años; por su parte, Anays LP-14 y Roana LP-15, no han sido muy extendidos en empresas estatales, pero sí bien aceptados en el sistema cooperativo campesino. Los dos restantes, INCA LP-22 e INCA LP-23 se encuentran en fase de extensión.

De los cinco cultivares presentes en esta clase, cuatro poseen un ciclo corto entre 127 y 128 días, sólo Roana LP-15 es de ciclo medio, con 135 días hasta la madurez del grano, sus rendimientos superan las 7,5 t ha<sup>-1</sup>, con más de 450 panículas por metro cuadrado y más de 135 granos por panículas. Por su parte, al analizar la procedencia se aprecia (Tabla 1) que, utilizados indistintamente como madre y padre, comparten muchos de sus progenitores; por ejemplo, Amistad'82 está presente en Anays LP-14, INCA LP-22 e INCA LP-23; además, 2077 se utilizó como madre en el cruce que originó a la INCA LP-5 y como padre en INCA LP-22 y, por último, IR 759-54-2-2 está presente en Anays LP-14 y Roana LP-15.

De manera general, se aprecian rangos de variación en todos los caracteres, de esta forma, el rendimiento agrícola se mueve entre 5,1 y 7,8 t ha<sup>-1</sup> y el rendimiento industrial entre 51 y 58,8 porcentaje de granos enteros una vez molinados. Por su parte, los componentes panículas por metro cuadrado y granos llenos por panícula, mostraron variabilidad en todas las clases y valores altos, lo que se corresponde con los rendimientos agrícolas.

Los cultivares ubicados en las clases I, III y IV poseen la mayor capacidad de ahijamiento, con 25, mientras que en la clase II se ubica INCA LP-9 con el valor más bajo. INCA LP-7, INCA LP-9 e INCA LP-10, obtenidos todos a partir del cultivo *in vitro* de semillas de Amistad'82 (10), somaclones que presentan tolerancia a la salinidad y sequía, se ubicaron en tres clases diferentes, con diferencias marcadas en la capacidad de ahijamiento, el ciclo y el rendimiento industrial. De ellos INCA LP-7 es el cultivar que ha alcanzado una mayor introducción en la producción arroceras nacional y, aunque el objetivo de la mejora fue utilizarlo en suelos con presencia de sales, ha mostrado muy buen comportamiento en condiciones de aniego en diferentes localidades del país (15).

INCA LP-2 e INCA LP-4 comparten los mismos progenitores y Guillemar LP-19 y José LP-20 tienen como madre al cultivar Amistad'82, todos ellos junto a INCA LP-3 y Ginés LP-18 se ubican en la clase IV. INCA LP-2 e INCA LP-4 han mostrado buen comportamiento y aceptación en áreas del sector cooperativo campesino (16) y recientemente se introducen en áreas estatales Ginés LP-18 y Guillemar LP-19.

## CONCLUSIONES

- De los 30 caracteres cualitativos evaluados, 11 fueron homogéneos y 10 fueron distintivos de algunos cultivares, dentro de ellos el color de la lígula, las hojas, el nudo, el entrenudo, el anillo subnodal, el estigma, así como la posición del ápice de la primera hoja por debajo de la hoja bandera, la pubescencia de la lemma y la pálea, la vellosoidad de la hoja y la emergencia de la panícula.
- Existe asociación entre varios caracteres cuantitativos evaluados, dentro de ellos se correlacionan positiva y significativamente el rendimiento y uno de sus componentes, los granos por panícula, también, la longitud del mesocotilo y el coleóptilo con el rendimiento industrial y la capacidad de ahijamiento, respectivamente.

- Se aprecian rangos de variación en todos los caracteres cuantitativos evaluados y aunque los cultivares obtenidos están genéticamente relacionados, se diferencian fenotípicamente en caracteres cualitativos y cuantitativos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Haghshenas H, Soltani A, Malidarreh AG, Norouzi HA and Dastan S. Selecting the ideotype of improved rice cultivars using multiple regression and multivariate models, *Agronomy and Soil Science*, 66(8): 1-20, DOI: 10.1080/03650340.2019.1658866, 2019.
2. Debouck DG. ¿Es imparable la erosión de genes y de conocimientos tradicionales? [Internet] En: Conferencia invitada en la Asignatura Agrobiodiversidad II. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Bogota, Colombia, distanceeducation. Alliance Biodiversity-CIAT, 45sl, 2020 [cited 2020June12] Available from: <http://cgspace.cgiar.org>.
3. Pérez H y Rodríguez I. Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz) Tomo I, Ediciones UTMACH, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 242 p., ISBN: 978-9942-24-113-9, 2018.
4. Mastretta-Yanes A, Bellon MR, Acevedo F, Burgeff C, Piñero D y Sarukhán J. Un programa para México de conservación y uso de la diversidad genética de las plantas domesticadas y sus parientes silvestres. *Revista Fitotecnia Mexicana* 42 (4): 321 - 334, 2019.
5. Pérez-Almeida I, Torres E, Angulo L y Acevedo M. Diversidad genética entre cultivares de arroz de Venezuela con base a la estimación del coeficiente de parentesco y análisis con marcadores moleculares microsatélites (ssr). *Interciencia*. 36 (7): 545-551, 2011.
6. Muhamad K, Ebana K, Fukuoka S and Okuno K. Genetic relationships among improved varieties of rice (*Oryza sativa* L.) in Indonesia over the last 60 years as revealed by morphological traits and DNA markers. *GenetResourCropEvol* 64: 701–715, 2017. <https://doi.org/10.1007/s10722-016-0392-1>
7. Hernández A, Pérez J, Bosch D y Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015, 93 p., ISBN 978-959-7023-77-7, 2015.
8. González, María C, Pérez, Noraida y Cristo, Elizabeth. Ginés, primer mutante de arroz obtenido a partir de la irradiación con protones. *Cultivos Tropicales* 30(3):59, 2009.
9. Cristo Elizabeth, González María C y Pérez Noraida. Eduar LP-21: Nuevo cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) obtenida por cultivo *in vitro* de anteras, tolerante a los bajos suministros de agua. *Cultivos Tropicales* 36(número especial):134, 2015. ISSN impreso 0258-5936, ISSN digital 1819-4087.

10. González, María C. Uso de la variación somaclonal en el mejoramiento genético para la tolerancia a la salinidad en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). [Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas], Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 100p, 1998.
11. MINAG. Modificaciones al Instructivo Técnico para el cultivo del arroz. Instituto de Investigaciones de Granos. La Habana, 30p., 2019.
12. Franquet BJM y Borrás-Pamies C. Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.). [Internet]. Ed. Universitat Internacional de Catalunya. Escola Universitària de Ciències Experimentals i Tecnologia, España, 2004 p:249-270. ISBN-84-930364-1-2. [cited: 2020 November 20]. Available from: <http://www.eumed.net/libros/fbbp/index.htm> .
13. Morejón R. y Díaz SH. Asociación de caracteres en colección de recursos fitogenéticos de arroz en Los Palacios. Avances 21(1): 22-31, ISSN 1562-3297, 2019.
14. Arain SM, Sial MA, Jamali KD, Laghari KA. Grain yield performance, correlation, and cluster analysis in elite bread wheat (*Triticumaestivum* L.) lines. Acta Agrobotanica 71(4):1747-1754, 2018.
15. Morales L y Pulido E. Evaluación agroproductiva de cuatro cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) en la zona Manga Larga, municipio Bolivia, provincia Ciego de Ávila, Universidad & Ciencia 6(3):105-120, ISSN: 2227-2690 RNPS: 2450, 2017.
16. Pérez N, González MC, Cristo E, Díaz SH, Díaz EC y Blanco G. Cultivares cubanos de arroz. La Habana, Imprenta Minag, 25p, ISBN: 978-959-7258-00-1, 2018.

## RESULTADOS SOBRE LA UTILIZACIÓN DE BIOPRODUCTOS EN ESPECIES FORESTALES

*RESULTS ON THE USE OF BIOPRODUCTS IN FOREST SPECIES.*

**Ana Gertrudis Trocones Boggiano MSc.Prof. Asistente**

<http://orcid.org/0000-0001-5769-2165>,

**Luis Alberto Delgado Fernández MSc.Prof. Auxiliar**

<http://orcid.org/0000-0002-4675-1622>,

**Ildefonso Orrantia Cárdenas MSc. Prof. Auxiliar**

<https://orcid.org/0000-0003-1904-2879>

*Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez" (Cuba)*

*E-mails [anita@uniss.edu.cu](mailto:anita@uniss.edu.cu), [luisd@uniss.edu.cu](mailto:luisd@uniss.edu.cu), [fonfi@uniss.edu.cu](mailto:fonfi@uniss.edu.cu)*

### Resumen

Se presentan los principales resultados obtenidos en la propagación de especies forestales con la utilización de bioproductos. El objetivo fue evaluar el efecto de FitoMas-E, Bayfolán, VIUSID *Agro* y Microorganismos Eficientes (EM) sobre la germinación de semillas y la calidad de plantas en vivero en las especies *Chrysophyllum cainito* L. (caimito), *Cinnamomum zeylanicum* J. Presl (canela) y *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (caoba antillana). Las metodologías y dosis se basaron en lo recomendado por los suministradores. Los resultados mostraron la efectividad del FitoMas-E (2%) en la germinación de semillas de caimito y canela, así como EM (10%) en caoba antillana, con incrementos de entre 10% y 30% en todos los casos y adelante en el inicio del proceso. En cuanto a la calidad de plantas, el FitoMas-E (2%) mostró un efecto significativo en caimito y canela, en tanto, el VIUSID *Agro* (0.25 L ha<sup>-1</sup>) fue más efectivo en caoba antillana. Se concluye que la utilización de bioproductos en la propagación de estas especies forestales es factible porque incrementa la capacidad germinativa de las semillas y mejora la calidad de las plantas producidas, con impactos en lo económico y lo ecológico.

Palabras clave: bioproductos, especies forestales, germinación, calidad de plantas

### Abstract

The main results obtained in the propagation of forest species with the use of bioproducts are presented. The objective was to evaluate the effect of FitoMas-E, Bayfolán, VIUSID *Agro* and Efficient Microorganisms (EM) on seed germination and the quality of plants in the nursery in the species *Chrysophyllum cainito* L. (star apple), *Cinnamomum zeylanicum* J. Presl (cinnamon) and *Swietenia mahagoni* (L.) Jacq. (Antillean mahogany). The methodologies and dosages were based on what was

recommended by the suppliers. The results showed the effectiveness of FitoMas-E (2%) in the germination of star apple and cinnamon seeds, as well as EM (10%) in Antillean mahogany, with increases of between 10% and 30% in all cases and advance in the beginning of the process. Regarding plant quality, FitoMas-E (2%) showed a significant effect on star apple and cinnamon, while VIUSID *Agro* (0.25 L ha<sup>-1</sup>) was more effective on Antillean mahogany. It is concluded that the use of bioproducts in the propagation of these forest species is feasible because it increases the germination capacity of the seeds and improves the quality of the plants produced, with economic and ecological impacts.

Keywords. bioproducts, forest species, germination, plant quality

## 14 INTRODUCCIÓN

En los esquemas actuales de agricultura sostenible, se aboga por la utilización de sistemas viables económica y ecológicamente: los llamados sistemas orgánicos. Desde hace algunos años, se están produciendo sustancias que pueden ser utilizadas en la nutrición de las plantas por diferentes vías, conocidas como bionutrientes, bioestimulantes o simplemente promotores del crecimiento vegetal, cuyo uso es cada vez más frecuente en muchos cultivos de importancia económica (Maza *et al*, 2019). Sus ventajas fundamentales radican en que, con mínimas dosis, se pueden obtener aumentos considerables en la germinación de semillas, los ritmos de crecimiento y en los rendimientos de los cultivos sin provocar efectos negativos sobre el medio ambiente.

Aunque es una práctica bastante antigua, en las últimas décadas ha tomado un mayor auge a nivel nacional e internacional, manifestándose un aumento tanto en la producción de diferentes formulaciones, como en la evaluación de sus efectos sobre el desarrollo de las plantas. En Cuba, se ha llegado incluso a publicar un manual para el uso de varios estimuladores del crecimiento debido a sus excelentes resultados, entre los que se destacan el Fitomás-E, Biobras 16, Tomacid, Bioenraiz, Quitomax, Pectimorf, y Microorganismos eficientes (ME-50) (MINAG, 2020).

Más recientemente se han venido evaluando también los efectos del VIUSID *Agro*, sobre diferentes cultivos agrícolas; se trata de un complejo nutritivo que contiene micronutrientes, aminoácidos, y extractos vegetales y cuya aplicación a bajas dosis, ha mostrado incrementos importantes en el comportamiento morfoproductivo de los mismos (Catalysis, 2018).

A pesar de que mucho se ha trabajado en los cultivos agrícolas con estos compuestos, pocos estudios se han realizado con especies forestales. Este tipo de investigación es importante y necesaria para dar respuesta a los problemas de deforestación y pérdida de la biodiversidad, ya que la aplicación de este tipo de productos puede constituir una alternativa viable para reducir el período de permanencia en vivero y al mismo tiempo, aumentar la calidad de las plantas producidas (Trocones y Delgado, 2020).

Por tal razón, en este trabajo se presentan los resultados obtenidos en tres especies forestales de gran importancia económica y ecológica en el país cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sustancias estimuladoras sobre la germinación de semillas y calidad de plantas en vivero.

## 15 MATERIALES Y MÉTODOS

### 15.1 Generalidades sobre las investigaciones realizadas

Los resultados que se presentan en este trabajo corresponden a investigaciones realizadas en instalaciones de la Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, durante los últimos cuatro años. En la Tabla 1 se muestran los detalles:

Tabla 1. Ubicación y bioproductos en las investigaciones con especies forestales

Especie	Ubicación	Bioproductos empleados
<i>Chrysophyllumcainito</i> (caimito)	UD-FAME	- FitoMas-E - Bayfolán
<i>Cinnamommumzeylanicum</i> (canela)	(Topes de Collantes)	- FitoMas-E
<i>Swietenia mahagoni</i> (caoba antillana)	Facultad de Ciencias Agropecuarias (Sancti Spíritus)	- FitoMas-E -Microorganismos eficientes - VIUSID Agro

#### 15.1.1 Especies seleccionadas para las investigaciones

*Chrysophyllumcainito*L. (caimito): es una especie frutal, cuya aparición en los campos cubanos constituye hoy una rareza. Su madera presenta buenas características que le conceden también gran valor como especie maderable. Puede ser utilizada en sistemas agroforestales con impacto en la soberanía y seguridad alimentaria de las zonas rurales y periurbanas.

*Cinnamommumzeylanicum*J. Presl(canela): es una especie aromática y medicinal, que, a pesar de ser muy demandada en Cuba, prácticamente no se cultiva. Se ha propuesto su cultivo en fincas de pequeños productores para el incremento de la biodiversidad y el nivel adquisitivo de los mismos.

*Swietenia mahagoni*(L.) Jacq. (caoba antillana): es una especie de gran valor económico por su madera, pero también ecológico por su condición de autóctona. Se ha contemplado en los planes de desarrollo forestal del país para la restauración ecológica de zonas degradadas.

### 15.2 Efecto de los bioproductos sobre la germinación de semillas

Los bioproductos utilizados se seleccionaron a partir de dos criterios fundamentales: revisión de la bibliografía especializada y disponibilidad. Las dosis empleadas se basaron en lo recomendado por los suministradores.

En la Tabla 2, se muestra la información relacionada con los estudios de germinación.

Tabla 2. Diseño de los experimentos relacionados con la aplicación de bioproductos para la germinación de semillas

Especie	Condiciones	Diseño	Réplicas	Bioproductos y Dosis
---------	-------------	--------	----------	----------------------



<i>Ch. cainito</i>	Vivero (bolsas de polietileno)	Completamente al azar	3 de 10 bolsas c/u	FitoMas-E (3%) Bayfolán (3%)
<i>C. zeylanicum</i>	Laboratorio (placas Petri)		4 de 25 semillas c/u	FitoMas-E (1% y 2%)
<i>S. mahagoni</i>	Vivero (bandejas multiceldas de polieturano)		4 de 20 semillas c/u	FitoMas-E (0,5%) EM (10%) VIUSID Agro (0,25%)

Los tratamientos en todos los casos consistieron en inmersión de las semillas en soluciones de los bioproductos durante 3 horas en el caso de *Ch. cainito* y *C. zeylanicum* y 24 horas en el caso de *S. mahagoni*. El tratamiento testigo consistió en inmersión de las semillas en agua destilada y el control absoluto fueron semillas sin tratar.

Se evaluó el porcentaje de germinación total para todas las especies mediante la ecuación matemática:

$$PG = \frac{\text{semillas germinadas}}{\text{semillas sembradas}} \cdot 100(1)$$

En *Ch. cainito*, la evaluación final se realizó a los 50 días; en *C. zeylanicum* a los 45 y en *S. mahagoni* a los 60.

### 15.3 Efecto de los bioproductos sobre la calidad de plantas

En la Tabla 3 se presenta la información de los estudios desarrollados en función de evaluar el efecto de los bioproductos sobre la calidad de plantas en vivero.

Tabla 3. Diseño de los experimentos relacionados con la aplicación de bioproductos para la calidad de plantas en vivero.

Especie	Envases	Sustrato	Diseño	Réplicas por tratam.	Bioprod. y Dosis
<i>Ch. cainito</i>	bolsas de polietil.	suelo ferralítico rojo lixiviado y estiércol ovino (3:1)	Completo. al azar	3 de 25 plantas	FitoMas-E (1, 2 y 3%) Bayfolán (0,2; 0,3 y 0,4%)
<i>C. zeylanicum</i>				3 de 25 plantas	FitoMas-E (1% y 2%)
<i>S. mahagoni</i>	bandejas plásticas multiceld.	estiércol bovino y cáscara de café semicompost. (3:1)		3 de 48 plantas	VIUSID Agro (0.25, 0.50 y 0.75 Lha <sup>-1</sup> )

Los tratamientos consistieron en aspersiones foliares de las soluciones de bioproductos de la siguiente manera:

*Ch. cainito* y *C. zeylanicum*: tres veces al día con frecuencia quincenal.

*S. mahagoni*: una vez al día con frecuencia semanal.

El tratamiento testigo consistió en plantas sin aplicación de bioproductos.

Las variables evaluadas referidas a calidad de plantas en vivero fueron las siguientes:

Atributos morfológicos:

Altura [H] (cm). Con una regla graduada, desde el cuello de la raíz hasta la yema apical de la planta.

Diámetro en el cuello de la raíz [DCR] (mm). Con un pie de rey justamente en el punto de unión entre tallo y raíz.

Volumen de raíces [VR] (cm<sup>3</sup>). Por el método de desplazamiento, utilizando una probeta de 100 mL y agua común.

Biomasa seca aérea [BSA] (g). El tallo y follaje de las plantas fueron sometidos a un proceso de deshidratación, se realizaron pesajes sucesivos en balanza analítica hasta la obtención de valores constantes.

Biomasa seca radicular [BSR] (g). Igual a la anterior, pero deshidratando y determinando la masa solo de las raíces libres de sustrato.

Relación parte aérea/parte radicular [PA/PR]. se obtiene de dividir el valor de la biomasa seca aérea y el de la biomasa seca radicular.

Índices morfológicos:

Esbeltez [H/D].

$$\frac{H}{D} = \frac{\text{Altura Total (cm)}}{\text{DCR (mm)}} \quad (2)$$

Índice de calidad de Dickson [QI].

$$QI = \frac{\text{Biomasa seca total de la planta (g)}}{E + \frac{\text{Biomasa seca aérea (g)}}{\text{Biomasa seca radicular (g)}}} \quad (3)$$

Índice de lignificación [IL].

$$IL = \left( \frac{\text{Biomasa seca total de la planta (g)}}{\text{Biomasa fresca total de la planta (g)}} \right) 100 \quad (4)$$

Las evaluaciones finales se realizaron a los 120 días de permanencia en vivero.

## 15.4 Análisis estadístico

Los datos obtenidos se procesaron mediante el software STATGRAPHICS ver. 5.0. Se aplicaron análisis de varianza y los grupos homogéneos se determinaron mediante el test de rangos múltiples de Duncan para un 95% de confianza.

## 16 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 16.1 Efecto de los bioproductos sobre la germinación

En todos los casos se verificaron efectos significativos de los bioproductos sobre la germinación total de las semillas de las tres especies estudiadas (Tabla 4). Como dato importante también se constató un adelanto en el inicio de este proceso, así como una mayor homogeneidad.

Tabla 4. Efecto de los bioproductos sobre la germinación de semillas de las tres especies forestales estudiadas

Especies	Tratamientos	PG (%)	CV±ES
<i>Ch. cainito</i>	Control absoluto	16,6 <sup>d</sup>	11,72±1,58
	Testigo (agua dest.)	23,3 <sup>c</sup>	
	FitoMas-E (3%)	53,3 <sup>a</sup>	
	Bayfolán (3%)	46,6 <sup>b</sup>	
<i>C. zeylanicum</i>	Control absoluto	28 <sup>d</sup>	17,28±1,72
	Testigo (agua dest.)	36 <sup>c</sup>	
	FitoMas-E (1%)	52 <sup>a</sup>	
	FitoMas-E (2%)	44 <sup>b</sup>	
<i>S. mahagoni</i>	Testigo (agua dest.)	88,75 <sup>b</sup>	10,70±1,64
	FitoMas-E (0,5%)	88,75 <sup>b</sup>	
	EM (10%)	92,25 <sup>a</sup>	
	VIUSID Agro (0,25%)	74,37 <sup>c</sup>	

Letras desiguales en la misma columna y para la misma especie indican diferencias significativas según Duncan ( $p < 0,05$ )

Fuente: elaboración propia

En todos los casos el efecto de los bioproductos no solamente se manifestó en un incremento en el PG, sino que también se observó un adelanto de la germinación que se comportó de la siguiente manera:

En *Ch. cainito*:

- Con FitoMas-E: 15 días respecto al testigo y 19 días respecto al control absoluto.
- Con Bayfolán: 15 días respecto al testigo y 17 días respecto al control absoluto.

En *C. zeylanicum*: 9 días respecto al testigo y 12 días respecto al control absoluto.

En *S. mahagoni*: solo los EM produjeron este efecto, al adelantar la germinación 7 días respecto al testigo.

Estecomportamiento sugiere la presencia de algún tipo de latencia en las semillas de las especies en estudio; relacionada con sus características morfológicas. En *Ch. cainito* y *C. zeylanicum* han sido referidas latencias física y química; la primera debido a las características de la testa (poco permeable) y la segunda debido a la composición de la pulpa alrededor de las semillas.

Los resultados indican que, las sustancias minerales y bioquímicas de alta energía presentes en los bioproductos, pudieron penetrar con facilidad hacia el interior de las semillas y potenciar el proceso de germinación, que se manifestó no solamente en incrementos significativos, sino además en un adelanto del inicio de la misma, a partir de lo cual, se infiere que estas sustancias actuaron de dos maneras fundamentales: eliminando sustancias inhibitoras de la germinación; modificando la permeabilidad de la testa o ambas inclusive.

En el caso de *S. mahagoni*, algunos autores atribuyen latencia fisiológica a sus semillas, sin embargo, esto no está suficientemente documentado. En realidad, la mayor dificultad que se constata en esta especie es la pérdida de la viabilidad de sus semillas pasados 6 meses a partir del momento de cosecha, no obstante, la posibilidad de adelantar y homogenizar la germinación con el uso de bioproductos es un resultado muy importante.

Resultados similares en cuanto al incremento de la germinación total de especies leñosas mediante el uso de bioproductos han sido publicados por Yáñez *et al.*, (2016) en *Artocarpus altilis* y *Theobroma cacao*, Ferrás *et al.*, (2020) en *Coffea arabica* L.

## 16.2 Efecto de los bioproductos sobre la calidad de plantas en vivero

La aplicación foliar de los bioproductos incrementó la calidad de plantas en vivero de manera integral, con un efecto significativo tanto en los atributos (Tabla 5), como en los índices morfológicos (Tabla 6). Con valores a los 120 días que clasifican en los rangos de calidad media a alta, lo que permite afirmar que los bioproductos favorecen una reducción en el tiempo de permanencia de las plantas en estas condiciones.

Tabla 5. Efecto de los bioproductos sobre los atributos morfológicos de plantas de las especies forestales en estudio

Especie	Tratam.	H (cm)	DCR (mm)	VR (cm <sup>3</sup> )	PA/PR
<i>Ch. cainito</i>	Testigo	28.79 <sup>d</sup>	4.93 <sup>d</sup>	2.63 <sup>e</sup>	2.51 <sup>b</sup>
	FM-E (1%)	29.55 <sup>cd</sup>	5.52 <sup>c</sup>	6.96 <sup>d</sup>	2.31 <sup>a</sup>
	FM-E (2%)	30.39 <sup>bc</sup>	6.84 <sup>b</sup>	7.50 <sup>c</sup>	2.55 <sup>b</sup>
	FM-E (3%)	28.61 <sup>d</sup>	5.14 <sup>d</sup>	6.62 <sup>d</sup>	2.51 <sup>ab</sup>
	Bayfolán (0,1%)	30.72 <sup>ab</sup>	4.27 <sup>e</sup>	9.08 <sup>b</sup>	3.06 <sup>d</sup>
	Bayfolán (0,2%)	31.74 <sup>a</sup>	7.89 <sup>a</sup>	9.74 <sup>a</sup>	3.10 <sup>e</sup>
	Bayfolán (0,3%)	30.27 <sup>bc</sup>	7.75 <sup>a</sup>	9.20 <sup>b</sup>	2.97 <sup>d</sup>
	<b>CV±ES</b>	<b>4.13±0.39</b>	<b>6.73±0.13</b>	<b>5.69±0.13</b>	<b>6.47±0.08</b>
<i>C. zeylanicum</i>	Testigo	10.73 <sup>c</sup>	1.98 <sup>b</sup>	4.90 <sup>c</sup>	3.3 <sup>c</sup>

	FM-E (1%)	12.92 <sup>b</sup>	3.06 <sup>a</sup>	9.80 <sup>b</sup>	2.38 <sup>a</sup>
	FM-E (2%)	14.5 <sup>a</sup>	3.24 <sup>a</sup>	10.03 <sup>a</sup>	3.01 <sup>b</sup>
	<b>CV±ES</b>	<b>4.94±0.20</b>	<b>7.83±0.68</b>	<b>1.16±0.03</b>	<b>5.25±0.048</b>
	Testigo	26,79 <sup>ab</sup>	4,73 <sup>ab</sup>	1,41 <sup>a</sup>	4,63 <sup>b</sup>
<i>S. mahagoni</i>	VSD-A (0,25Lha <sup>-1</sup> )	25,33 <sup>c</sup>	4,93 <sup>a</sup>	1,38 <sup>a</sup>	4,21 <sup>a</sup>
	VSD-A (0,50 Lha <sup>-1</sup> )	25,78 <sup>bc</sup>	4,55 <sup>b</sup>	1,10 <sup>b</sup>	4,62 <sup>b</sup>
	VSD-A (0,75Lha <sup>-1</sup> )	27,23 <sup>a</sup>	4,77 <sup>ab</sup>	1,08 <sup>b</sup>	5,25 <sup>c</sup>
	<b>CV±ES</b>	<b>8,78±0,21</b>	<b>11,06±0,04</b>	<b>21,98±0,02</b>	<b>16,78±0,07</b>

Letras desiguales en la misma columna para una misma especie indican diferencias significativas según Duncan (p<0,05)

Leyenda: FM-E= FitoMas-E; VSD-A= VIUSID Agro

Tanto en *Ch. cainito* como en *S. mahagoni*, se obtuvieron valores de altura y diámetro que clasifican como calidad alta y media. En el caso de *C. zeylanicum*, a pesar de que se constató un efecto significativo del bioproducto, comparativamente con el testigo, los valores clasifican como calidad media, sin embargo, cuando se analizan los resultados en cuanto al volumen de raíces se puede inferir que esta especie es de las que desarrolla con prioridad el sistema radicular respecto a la parte aérea durante la fase de vivero. Este comportamiento ha sido reportado para varias especies leñosas, en tal sentido, Salto, García y Harrand, (2013), sostienen la hipótesis de que algunas plantas invierten la mayor energía en las fases iniciales del aviveramiento para desarrollar una estructura radicular robusta, se potencia la emisión de raíces secundarias y se retrasa así el crecimiento en altura. Esta hipótesis se ajusta al comportamiento observado en las plantas de canela, de ahí que al momento de la evaluación final la parte radicular mostró un mejor desarrollo, lo que sugiere que las plántulas de esta especie requieren de más tiempo en vivero para alcanzar características morfológicas más equilibradas.

La especie que mejor respondió a la acción de los bioproductos en términos de relación entre la parte aérea y radicular fue *Ch. cainito*, con valores que clasifican en el rango de calidad alta ( $\leq 2,5$ ) con la aplicación de FitoMas-E. En el resto de las especies y bioproductos los resultados se corresponden con calidad media (canela) a baja (caoba antillana).

El comportamiento de los atributos morfológicos no está condicionado por el efecto de un solo factor, sino que obedece a un conjunto de ellos, como pueden ser el sustrato, el tipo de contenedor y el régimen de riego que se aplique. En este trabajo, se considera que los factores de mayor incidencia en los resultados obtenidos para la relación PA/PR fueron el tipo de contenedor empleado y el hecho de que el bioproducto se aplicó foliarmente.

En *Ch. cainito* y *C. zeylanicum*, el empleo de bolsas de polietileno favoreció un mejor desarrollo del sistema radicular (más profuso), lo que produce un mejor equilibrio entre la parte fotosintetizante y la absorbente; sin embargo, en *S. mahagoni*, al emplear bandejas multiceldas de 48 cavidades, la densidad de plantas es mucho mayor que cuando se emplean bolsas de polietileno, por lo que las plantas pueden presentar una tendencia al ahilamiento (incremento desproporcionado de la altura), que unido al efecto

del bioproducto, provoca que la parte aérea se desarrolle más rápido que la radicular, lo que conlleva una mayor producción de biomasa en la parte fotosintetizante y trae como consecuencia que el valor de la relación PA/PR se incremente considerablemente.

Según Falcón *et al.*, (2015) la importancia del equilibrio entre ambas partes radica en la posibilidad de que las plantas sean llevadas a campo en mejores condiciones de adaptabilidad, y puedan superar determinado estrés al llegar al sitio, partiendo de que en muchos casos las labores de preparación de suelo para las especies forestales no son las más idóneas.

Un mejoramiento significativo de los atributos morfológicos en plantas de cedro (*Cedrela odorata* L.) y caoba antillana (*Swietenia mahagoni* L., Jacq.) constataron respectivamente Mendoza, (2012) y Bango *et al.*, (2013), al combinar la aplicación de FitoMas-E con la inoculación de micorrizas en fase de vivero.

Tabla 6. Efecto de los bioproductos sobre los índices morfológicos de calidad en las tres especies estudiadas

Especie	Tratam.	H/D	QI	IL
<i>Ch. cainito</i>	Testigo	5.83 <sup>d</sup>	1.48 <sup>e</sup>	37.39 <sup>a</sup>
	FM-E (1%)	5.26 <sup>c</sup>	1.82 <sup>d</sup>	34.83 <sup>bc</sup>
	FM-E (2%)	4.39 <sup>b</sup>	2.02 <sup>c</sup>	33.55 <sup>cd</sup>
	FM-E (3%)	5.59 <sup>cd</sup>	1.94 <sup>c</sup>	36.87 <sup>a</sup>
	Bayfolán (0,1%)	7.44 <sup>e</sup>	0.36 <sup>f</sup>	32.78 <sup>d</sup>
	Bayfolán (0,2%)	3.97 <sup>a</sup>	2.19 <sup>ab</sup>	35.66 <sup>ab</sup>
	Bayfolán (0,3%)	3.94 <sup>a</sup>	2.36 <sup>a</sup>	37.17 <sup>a</sup>
	<b>CV±ES</b>	7.35±0.12	5.67±0.03	5.57±0.62
<i>C. zeylanicum</i>	Testigo	5.43 <sup>b</sup>	0.07 <sup>c</sup>	40.69 <sup>b</sup>
	FM-E (1%)	4.25 <sup>b</sup>	0.09 <sup>b</sup>	39.09 <sup>c</sup>
	FM-E (2%)	4.5 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>	42.42 <sup>a</sup>
	<b>CV±ES</b>	7.18±0.11	6.91±0.002	2.41±0.31
<i>S. mahagoni</i>	Testigo	5,72 <sup>b</sup>	0,24 <sup>b</sup>	33,00 <sup>b</sup>
	VSD-A (0,25Lha <sup>-1</sup> )	5,18 <sup>a</sup>	0,29 <sup>a</sup>	35,95 <sup>a</sup>
	VSD-A (0,50 Lha <sup>-1</sup> )	5,71 <sup>b</sup>	0,25 <sup>b</sup>	35,77 <sup>a</sup>
	VSD-A (0,75Lha <sup>-1</sup> )	5,81 <sup>b</sup>	0,26 <sup>b</sup>	36,55 <sup>a</sup>
	<b>CV±ES</b>	13,42±0.06	21,13±0,005	10,81±0,34

La calidad de plantas analizada en términos de índices morfológicos ofrece una mejor visión del estado general de las mismas, al involucrar integralmente dos o varios atributos.

Los valores de esbeltez (H/D) en todos los casos se encuentran en los rangos de calidad alta (menores de 6), lo cual indica un buen balance entre el crecimiento longitudinal y transversal de las plantas. Este parámetro es particularmente importante para garantizar altos índices de supervivencia en campo, ya que las plantas con estas características podrán resistir fuertes vientos y ataques de la fauna nociva que se pudiera encontrar en los sitios de plantación. También es un buen indicador de que se están cubriendo los requerimientos nutricionales, o sea, que el sustrato empleado y el bioproducto como

complemento constituyen una adecuada combinación para el desarrollo de las plantas desde el punto de vista nutrimental.

El efecto de los bioproductos sobre el índice de calidad de Dickson (QI) solo fue positivo para *Ch. cainito*, ya que, si bien en todos los casos se obtuvieron valores superiores a los de las plantas sin tratar, lo deseable es que los mismos estén por encima de 0,5. En este sentido, Escobar y Rodríguez, (2019) plantean que los mayores valores de QI implican, por una parte, un excelente desarrollo total de la planta y que, al mismo tiempo, las partes aérea y radicular están equilibradas, lo cual se traduce en una buena supervivencia en plantación.

El índice de lignificación ha sido el parámetro sobre el cual el efecto de los bioproductos ha sido menos significativo, ya que en muchos casos no se constataron diferencias respecto a las plantas sin tratar y en otros, estas fueron poco significativas, no obstante, en general, los resultados son positivos, pues según Buendía *et al.*, (2017) si las plantas de vivero presentan índices de lignificación entre 20 y 30% se favorece su adaptación en el sitio de plantación por su alto endurecimiento.

## 17 CONCLUSIONES

La utilización de soluciones con dosis mínimas de bioproductos para el tratamiento de las semillas *Ch. cainito*, *C. zeylanicum* y *S. mahagoni* fue efectiva, al lograrse incrementos significativos en la germinación total y un adelanto en el inicio de la misma.

La aplicación foliar de FitoMas-E, Bayfolán y VIUSID Agro mostró gran efectividad para el mejoramiento de la calidad de las plantas en vivero y la reducción del tiempo de permanencia de las mismas en estas condiciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bango Folgoso, J. C. y Torres Martínez, L. (2013). Alternativas biológicas para la obtención de posturas de Caoba antillana en la etapa de vivero. *DELOS: Desarrollo Local Sostenible [en línea]*, 6(16):1-15.

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6426880>.

Buendía, M. V., López, M. Á., Cetina, V. M. y Diakite, L. (2017). Substrates and nutrient addition rates affect morphology and physiology of *Pinus leiophylla* seedlings in the nursery stage. *iForest Biogeosciences and Forestry*, 10: 115–120. DOI:10.3832/ifor1982-009.

Catalysis. (2018). VIUSID® agro, promotor del crecimiento. Disponible en:

<http://www.catalysisagrovete.com>.

Escobar Alonso, S. y Rodríguez Trejo, D. A. (2019). Estado del arte en la investigación sobre calidad de planta del género *Pinus* en México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10 (55): 4-38. DOI:

<https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i55.558>

Falcón Oconor, E.; Rodríguez Leyva, O. y Rodríguez Matos, Y. (2015). Aplicación combinada de micorriza y FitoMas-E en plantas de *Talipariti elatum* (Sw.) Fryxell (majagua). *Cultivos Tropicales*, 36(4): 35-42. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362015000400005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000400005)

FerrásNegrín, Y., DíazSolares, M., GuerraRivero, C., BustamanteGonzález, C. A. & OrtizGómez, N. (2020). Efecto de bioproducto en la germinación de semillas y desarrollo de posturas de *Coffea arabica* L. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(4): 31-35. ISSN-2306-1545, E-ISSN-2227-8761

Maza Estrada, N. J., Caballero Álvarez, M. W., Rivera Alvarado, C. M., Toledo Hernández, G. & Bermúdez Alemán, A. (2019). Influencia de VIUSID Agro® en la producción de semillas de pepino (*Cucumis sativus* L.). *Rev. Agricultura Tropical*, 5(1):1-11. eISSN: 2517-9292, RNPS: 2397

Mendoza, M. G. (2012). Evaluación de los biofertilizantes FitoMas-E y micorrizas arbusculares en posturas de Cedro (*Cedrela odorata* L.). Universidad de Granma. Facultad de Ciencia y Técnica, Departamento de Procesos Agroindustriales.

Ministerio de la Agricultura (MINAG). (2020). Manual práctico para uso de bioproductos y fertilizantes líquidos. *Departamento de Suelos y Fertilizantes*. La Habana. Disponible en:

[https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/noticias/manual\\_biofertilizantes\\_y\\_fertilizantes\\_liquidos\\_v\\_10-1-2020.pdf](https://www.minag.gob.cu/sites/default/files/noticias/manual_biofertilizantes_y_fertilizantes_liquidos_v_10-1-2020.pdf)

Salto, C. S.; García, M. A. y Harrand, L. (2013). Influencia de diferentes sustratos y contenedores sobre variables morfológicas de plantines de dos especies de *Prosopis*. *Quebracho*, 21(1,2):90-102

Trocones Boggiano, A. G., & Delgado Fernández, L. A. (2020). Efecto del FitoMas-E sobre la germinación de semillas y calidad de plantas de *Chrysophyllum cainito* L. (caimito) en condiciones de vivero. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*; 8(1): 104-121. ISSN: 1996-2452 RNPS: 2148

Yáñez, W.; Villacís, L. A.; León, O. A.; et al. (2016). Efectos de un compost enriquecido con microorganismos eficientes sobre la germinación de semillas recalcitrantes de *Artocarpus altilis* (Parkinson) Fosberg y *Theobroma cacao* L. *Journal of the Selva Andina Biosph*, 4(2):100-108.



**ISBN: 978-959-16-4698-9**



9 789591 646989