



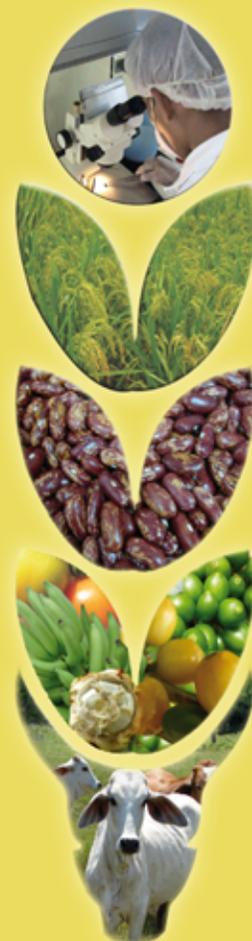
INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 37

PANAMÁ-2023
julio - diciembre



Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
no. 37 (julio - diciembre, 2023). Panamá, PA. Semestral
224 p.
ISSN L 2414-3278
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 37

PANAMÁ-2023
julio - diciembre

Publicación semestral del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
La versión electrónica de la revista Ciencia Agropecuaria, se puede consultar en:
<http://www.idiap.gob.pa/index.php/revista>

Editor Principal

Ismael Camargo Buitrago, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Editora Asociada

Neysa Garrido Calderón, M.Sc. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Consejo Editorial

Román Gordón Mendoza, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

José A. Yau, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Hilda Lezcano, Dra. Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) – Universidad de Panamá

Axel Villalobos Córtes, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Juan C. Martínez González, Dr. Universidad Autónoma de Tamaulipas (UAT) – México.

Pedro Guerra Martínez, M.Sc. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI) – Panamá

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Chacón Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Melkissedeth Gómez Delgado Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Revisión y Traducción de resúmenes

Audino Melgar, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Javier Pitti, Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- 7-34 **FACTIBILIDAD BIOECONÓMICA POR SIMULACIÓN DE TRES ESCENARIOS DE CEBA INTENSIVA DE ACABADO EN PASTOREO**
Pedro Guerra-Martínez; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez
-
- 35-61 **CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DE ARROZ EN PANAMÁ**
Rito Herrera; Marta de Von Chong; Alexis Artola; Jhoel Tuñón; Alex Cruz; Víctor Camargo; Felipe González; Fermín Mejía
-
- 62-88 **EROSIÓN HÍDRICA Y USO DE BARRERAS VIVAS EN EL CULTIVO DE PIÑA**
José Isaac Mejía; Edwin Valdés; Germán De La Cruz
-
- 89-113 **DESEMPEÑO DE LOS MIROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CULTIVO DE TILAPIAS**
Alexis Fernando Gómez-Canto; Dianeth Silgado-Torres; América García-Becerra; Johana Gutiérrez
-
- 114-127 **FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Selenothrips rubrocintus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaetothripinae) EN MARAÑÓN EN RÍO HATO, PANAMÁ**
Randy Atencio-Valdespino; Anovel Barba-Alvarado; Melvin Jaén; Vidal Aguilera-Cogley
-

128-143 **ATRAYENTES NATURALES PARA LA CAPTURA DEL PICUDO DEL PIFÁ (*Palmelampus heinrichi* O'Brien)**
Randy Atencio-Valdespino; Melvin Jaén;
Vidal Aguilera-Cogley

144-159 **FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (HEMIPTERA: MEMBRACIDAE) EN MARAÑÓN (*Anacardium Occidentale* L.)**
Randy Atencio-Valdespino; Vidal Aguilera-Cogley;
Melvin Jaén; Anovel Barba-Alvarado

160-176 **ARTRÓPODOS ASOCIADOS A MUSÁCEAS EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE PANAMÁ**
Rubén D. Collantes G.; David I. Ramos A.; Jorge Muñoz;
Noel Quintero; Alonso Santos-Murgas

177-203 **REPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES CON APLICACIONES DE MOLIBDENO EN PASTURA CON LEGUMINOSAS NATIVAS**
Esteban Arosemena-Jaén; Marie Soleil Turmel;
Kentaro Tomita; Marco Navarro

NOTA TÉCNICA

204-213 **PULGÓN DE LA CEBOLLA, *Neotoxoptera formosana* TAKAHASHI, 1921 (HEMIPTERA: APHIDIDAE), EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ**
Rubén D. Collantes G.

214-222 **NORMAS PARA AUTORES**

FACTIBILIDAD BIOECONÓMICA POR SIMULACIÓN DE TRES ESCENARIOS DE CEBA INTENSIVA DE ACABADO EN PASTOREO¹

Pedro Guerra-Martínez²; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez³

RESUMEN

El propósito del estudio fue determinar la factibilidad bio-económica (BF) de tres escenarios de ceba intensiva de acabado en pastoreo en el trópico húmedo, a través de la simulación. La alimentación se basó en *Brachiaria humidicola* fertilizada y un suplemento (18,0% PC; 3,3 Mcal EM/kg MS y B/. 0,34/kg BF). Se evaluaron tres escenarios de ceba: ENE-ABR, MAY-AGO y SEP-DIC. Peso inicial fue 375 kg y peso meta de >454 kg. Los factores simulados (FA) con el programa LIFE-SIM-BEEF del CIP fueron: Costo Energético (CE: 1,59; 5,0; 10,0; 15,0; 18,41% adicional a la NRC), Consumo de Concentrado (CC: 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 y 9,36 kg BF/animal/día) y Carga Animal (CA: 1,16; 1,5; 2,0; 2,5 y 2,84 UA/ha). Para el arreglo de tratamientos y análisis de datos se usó el Diseño Composición Central y las variables de respuestas (VR) fueron: ganancia diaria de peso (GDP), peso vivo final (PVF) y costo de producir un kilo de carne (CPKG). La prueba "falta-de-ajuste" ($P < 0,01$) indicó que los datos no ajustaron bien al modelo lineal-cuadrático con interacciones ($P < 0,01$). La significancia de los efectos de FA del modelo varió de acuerdo con las VR. Mayores GDP y PVF estuvieron relacionados con mayores CPKG. Con el nivel de CE de 10,00%, CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha se obtuvieron las mayores GDP y PVF en ENE-DIC, pero mayor CPKG en el escenario MAY-AGO. Resulta factible realizar tres cebas intensivas en pastoreo de acabado con suplementación en un año.

Palabras claves: Costo de producción, ganancia diaria de peso vivo, pastoreo, peso vivo final, suplementación.

¹ Recepción: 7 de mayo de 2022. Aceptación: 20 de noviembre de 2022.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega". Gualaca, Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. e-mail: pedroquerram16@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-6731-3624>

³ Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá, Panamá. Ph.D. Nutrición Animal. e-mail: msdegracia@gmail.com



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

BIO-ECONOMIC FEASIBILITY THROUGH SIMULATION OF THREE FINISHING INTENSIVE FEEDING SCENERIES ON GRAZING

ABSTRACT

The purpose of this study was to bio-economically determinate the feasibility (BF) of three finishing intensive feeding sceneries on grazing under humid tropic conditions through simulation. The intensive grazing system was based on *Brachiaria humidicola* fertilized plus a supplement (18,0% PC; 3,3 Mcal EM/kg MS and B/ 0,34/kg BF). Three feeding sceneries were evaluated: JAN-APR, MAY-AUG and SEP-DIC. Initial live weight was 375 kg and target final weight of >454 kg. Factors were simulated (FA) by CIP's LIFE-SIM-BEEF program and their levels were: Energy Cost (CE: 1,59; 5,0; 10,0; 15,0; 18,41% additional to the NRC), Concentrate Consumption (CC: 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 and 9,36 kg BF/animal/day) and Stocking Rate (CA: 1,16; 1,5; 2,0; 2,5 and 2,84 AU/ha). Central Composite Design was used for treatments arrangement and analysis of data, and responses variables (VR) were daily weight gain (GDP), final live weight (PVF) and cost of producing one kilogram of meat (CPKG). Lack-of-fit test indicated that data did not adjust well to linear-quadratic with interaction model ($P < 0,01$). Significance of FA model effects varied according to VR. Higher GDP and PVF were related to higher CPKG. With CE level of 10,00%, CC of 9,36 kg BF/animal/day and CA of 2,00 AU/ha, higher GDP and PVF in JAN-DIC scenery were obtained, but higher CPKG in the MAY-AGO scenery. It is feasible to carry out three intensive fattening in finishing grazing with supplementation in one year.

Key words: Cost of production, daily gain of live weight, grazing, final body weight, supplementation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas ganaderos bovinos de carne de Panamá se desarrollan en pasturas mejoradas y/o naturalizadas, en su mayoría, en la modalidad de ceba extensiva. La productividad de estos sistemas está afectada por factores relacionados con la alimentación, la cual se basa en forrajes y en donde la disponibilidad y calidad están en función de la época del año. Otros factores de gran importancia que también están relacionados con dicha productividad son: salud del hato, reproducción y el estrés calórico.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las metas para mejorar la competitividad y rentabilidad de la producción de carne bovina, de acuerdo con Pinzón et al., (2004), incluyen producciones por hectárea mayor a 900 kg, edad al sacrificio de 22 a 24 meses y rentabilidad anual mayor a 18%. Además, agregan que las alternativas que se visualizan para superar lo que hasta ahora se ha logrado y alcanzar estas metas es a través del manejo y uso eficiente y racional de la pastura, incrementando la capacidad de carga animal y manteniendo alta ganancias de peso vivo por animal a través del año. Sin embargo, el potencial productivo de la pastura en la época seca (mediados de diciembre hasta mediados de abril, dependiendo del área geográfica) se ve reducido drásticamente hasta un 60% de lo obtenido en la época lluviosa, lo cual sugiere el uso de suplementación energética-proteica estratégica, que permitiría altas ganancias de peso y carga animal en la época seca.

Sistemas de pastoreo con especies como *Brachiaria humidicola*, *dictyoneura*, *decumbens* y *brizantha* (Ávila et al., 2000; Pinzón y Montenegro, 2002) han reportado ganancias diarias de peso (promedio anual) entre 0,450 y 0,550 kg/animal/día, cargas entre 3,5 y 4,5 cabezas/ha y ganancias de peso corporal de 725 a 860 kg/ha/año.

Las pasturas de la especie *Brachiaria* sp., como el pasto Señal (*B. decumbens*) contienen hasta 8,91% de proteína cruda (PC) en la época lluviosa y de 6,90% en la época seca; en ese mismo sentido el pasto Gualaca (*B. dictyoneura*) contiene 7,31% de PC en la época lluviosa y 5,25% en la época seca (Pinzón y Montenegro, 2002). Por otra parte, Guerra et al. (2002) reportan fluctuaciones de 7,45% a 8,2% de PC en la época lluviosa. De acuerdo con estos contenidos proteicos y los bajos contenidos energéticos <1,2 Mcal EM/kg MS, para alcanzar ganancias diarias de peso vivo mayores de 0,650 kg se requiere el uso de un suplemento energético-proteico.

El rubro carne bovina es de gran importancia en la canasta básica de Panamá y es también importante para la generación de divisa a través de la exportación. Sin embargo, factores como precios de los insumos, medicamentos y bajos precios de venta recibidos por el ganadero provocan que este rubro sea de baja rentabilidad y los sistemas de producción de baja competitividad y eficiencia. Reducir la edad del bovino al sacrificio y bajar el costo de producción, así como tomar en cuenta la eficiencia en el uso y manejo de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

la pastura como la principal fuente de alimentación merecen especial atención al desear hacer estos sistemas más productivos, sostenibles y competitivos. Con las experiencias del IDIAP en desarrollar sistemas de ceba a base de pastoreo de especies como las *Brachiarias* sp., y el uso de suplementos energéticos-proteicos para alcanzar mayores ganancias de peso vivo, hace posible simular sistemas de ceba de acabado en diferentes épocas del año y obtener información sobre cuál sería el mejor escenario para estos sistemas de ceba intensiva.

Por lo anterior, el propósito del estudio fue determinar, a través de la simulación, la factibilidad bioeconómica de tres escenarios de ceba intensiva de acabado en pastoreo con suplementación energética-proteica en el trópico húmedo de Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: Esta simulación se realizó tomando en cuenta las condiciones edafo-climáticas de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP ubicada en el distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, a 100 msnm, con precipitación anual de 4200 mm y temperatura media anual de 26° C. El suelo es del orden inceptisol, de textura franco arcilloso arenoso, con pH de 5,0, medio en materia orgánica (4,0%), bajo en fósforo (1,0 mg/kg), medio en potasio (0,13 cmol/kg) y bajo en calcio y magnesio (0,26 y 0,08 cmol/kg, respectivamente).

Información climática: Los datos climáticos e índice de temperatura-humedad de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1976) ajustada por la velocidad del viento (Mader et al., 2004) (Cuadro 1). Se tomó como referencia los 23 años de registros (inicio 1 de noviembre de 1995 a 2018) de la Estación Gualaca II (108-043) situada a 100 msnm, latitud 8°31'20”, longitud -82°18'03” por la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. (ETESA, 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Temperatura Ambiental (TA) Promedio Mensual, Humedad Relativa (HR) Promedio, Velocidad Del Viento (VV) Promedio Mensual e Índice Temperatura-Humedad Mensual Ajustada por Velocidad del Viento (ITHAJ) del Ecosistema Gualaca Bajo.

| Mes del año | Temperatura °C | Humedad Relativa % | Velocidad de Viento, Km/h | ITHaj ⁴ |
|-------------|----------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
| Enero | 26,6 | 71,3 | 5,18 | 69,33 |
| Febrero | 27,4 | 64,0 | 6,48 | 68,31 |
| Marzo | 28,0 | 65,2 | 6,09 | 70,11 |
| Abril | 27,9 | 71,9 | 4,32 | 74,40 |
| Mayo | 27,2 | 82,3 | 3,02 | 77,27 |
| Junio | 26,7 | 85,4 | 2,16 | 78,56 |
| Julio | 26,6 | 85,5 | 2,16 | 78,40 |
| Agosto | 26,6 | 85,6 | 2,16 | 78,42 |
| Septiembre | 26,4 | 86,2 | 2,16 | 78,16 |
| Octubre | 26,1 | 87,9 | 2,16 | 77,36 |
| Noviembre | 26,1 | 84,4 | 2,16 | 77,45 |
| Diciembre | 26,2 | 78,2 | 3,46 | 74,28 |

Fuente: ETESA (2018).

Fuente de información de ceba en pastoreo: Se tomaron en cuenta las experiencias y resultados provienen de dos estudios de ceba de Guerra M. et al. (2002) y de Pinzón y Montenegro (2002) realizadas en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega”.

Grupo racial: Para este estudio se tomaron animales con la composición genética $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ raza europea + $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{4}$ de la raza Brahman. El precio de compra promedio para el 2018 se estimó en B/. 1,83/kg y el precio de venta fue de B/. 2,02/kg, de acuerdo con la Subasta Ganadera S.A. (2018).

Pasturas y manejo: Se consideró la *Brachiaria humidicola* (90,0%) y su manejo de acuerdo con Guerra et al. (2002). La carga animal máxima alcanzada fue de 4,5 UA/ha⁵.

Fertilización de las pasturas: La fertilización consistió en 60, 30 y 20 kg por hectárea de N, P₂O₅ y K₂O. El nitrógeno se fraccionó en tres aplicaciones (junio, agosto y noviembre), mientras que el fósforo y potasio se aplicaron en junio.

⁴ NOAA (1976) $ITH=0.8*TA + ((HR/100)*(TA-14,3)) + 46.4$. Mader et al., (2004) $ITHaj=4,51 + ITH - (1,992*VV)$. $ITHaj < 74 < ITHaj < 79$ es alerta; $ITHaj > 79 < ITHaj < 84$ es peligro de estrés.

⁵ Unidad animal (UA) equivale a 400 kg de peso vivo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Características bromatológicas de la Brachiaria humidicola: La información proviene del trabajo de Guerra M. et al. (2002) y del Laboratorio de Bromatología de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP y se detalla mensualmente en el Cuadro 2. El costo de producción de un kilogramo de forraje en base fresca fue de B/. 0,005.

Cuadro 2. Características bromatológicas de la *Brachiaria humidicola* fertilizada por mes del año.

| Mes del año | Disponibilidad (kg MS/ha) | Proteína Cruda en Base Seca (%) | Digestibilidad <i>in vitro</i> MS (%) |
|-------------|---------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| Enero | 750 | 6,09 | 50,3 |
| Febrero | 630 | 5,80 | 47,5 |
| Marzo | 555 | 5,65 | 43,6 |
| Abril | 820 | 5,93 | 49,4 |
| Mayo | 1214 | 7,90 | 51,7 |
| Junio | 1685 | 8,85 | 53,5 |
| Julio | 1996 | 9,31 | 52,6 |
| Agosto | 1835 | 10,37 | 54,8 |
| Septiembre | 1765 | 10,97 | 57,4 |
| Octubre | 1326 | 9,51 | 56,8 |
| Noviembre | 1000 | 8,15 | 54,7 |
| Diciembre | 940 | 7,26 | 52,5 |
| Promedio | 1209,7 | 8,73 | 52,1 |

Fuente: Guerra M. et al. (2002); Laboratorio de Bromatología. IDIAP-EEG-CMO.

La MS promedio anual fue de 26,7%, siendo 37,6% en la época seca y 22,6% en la época lluviosa.

Suplementación energética-proteica: Para cubrir los requerimientos nutricionales diarios del animal se basó en la National Research Council (NRC, 2000). Para cumplir con los requerimientos nutricionales que la pastura no cubre se utilizó un concentrado energético-proteico a base de pulidura de arroz, pica de arroz, maíz molido y harina de soya. El costo y la composición bromatológica del concentrado se detallan en el Cuadro 3.

Escenario para simular: Para simular el comportamiento productivo y económico de la ceba bovina, se consideró la modalidad de ceba de acabado en pastoreo adicionando un concentrado energético-proteico. El escenario para evaluar se describe a continuación:

Ceba de acabado: es la fase donde se le da énfasis en la terminación del animal para que se obtenga un alto peso al sacrificio y una excelente conformación corporal para un alto rendimiento de la canal. El peso inicial considerado fue de 375 kg. Se consideraron



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

tres escenarios de ceba en el año: enero-abril (ENE-ABR) cuando hay una disminución abrupta de la disponibilidad y calidad del forraje y una mayor dependencia del suplemento, pero se buscan los mayores precios de venta al mercado al final de la época seca cuando hay mayor demanda de animales “gordos”; mayo-agosto (MAY-AGO) cuando aumenta la disponibilidad y calidad del forraje y reducción del uso del suplemento, pero los precios de venta al mercado se reducen por la oferta de animales “gordos” y septiembre-diciembre (SEP-DIC) cuando hay una disminución de la disponibilidad y calidad del forraje por el exceso de lluvia y mucha nubosidad con una moderada dependencia del suplemento; sin embargo, los precios de venta al mercado bajan por la sobre oferta de animales de todos los sistemas bovinos de producción por la próxima llegada de la época seca.

Cuadro 3. Composición bromatológica de los ingredientes que componen el concentrado y sus proporciones.

| Ingredientes | MS | PC | EM | Concentrado (Base Fresca) | |
|-------------------|------|------|--------------|---------------------------|---------|
| | (%) | (%) | (Mcal/kg MS) | Proporción (%) | B/. /kg |
| Harina de soya | 90,3 | 56,7 | 3,72 | 22,5 | 0,572 |
| Pulidura de arroz | 88,3 | 9,8 | 3,03 | 27,5 | 0,220 |
| Pica de arroz | 88,8 | 4,5 | 2,99 | 27,4 | 0,176 |
| Maíz molido | 89,9 | 5,5 | 3,61 | 22,6 | 0,473 |

El concentrado contiene: MS = materia seca (89,2%); PC = proteína cruda (18,0%); EM = energía metabolizable (3,3 Mcal/kg MS). Costo del concentrado = B/.0,34/kg BF.

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la EEG-CMO-IDIAP.

Factores y niveles: Para este estudio se consideraron tres factores: Costo Energético⁶ o CE, Consumo del Concentrado o CC y Carga Animal o CA. Se propuso un Diseño de Composición Central (DCC) con tres factores con el propósito de detectar tendencias lineales, curvilíneas e interacciones y los niveles de cada factor se obtuvieron con este diseño (Myers, 1976). Los niveles determinados para los tres factores fueron los siguientes:

- a.- Costo Energético (CE): 1,59%; 5%; 10%; 15% y 18,41% adicional al costo energético diario de acuerdo con la NRC (2000).
- b.- Consumo del Concentrado (CC): 2,64; 4,0; 6,0; 8,0 y 9,36 kg BF/día.
- c.- Carga Animal (CA): 1,16; 1,5; 2; 2,5 y 2,84 UA/ha.

⁶ Es el Costo Energético extra de la actividad de bovinos en pastoreo es debido al efecto combinado del gasto de energía inherente a las acciones de caminar y pastorear o cosecha de forraje (Di Marco y Aello, 2003).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de los datos: Con el DCC se estableció el siguiente arreglo espacial de las combinaciones de los niveles de los factores o tratamientos (Figura 1).

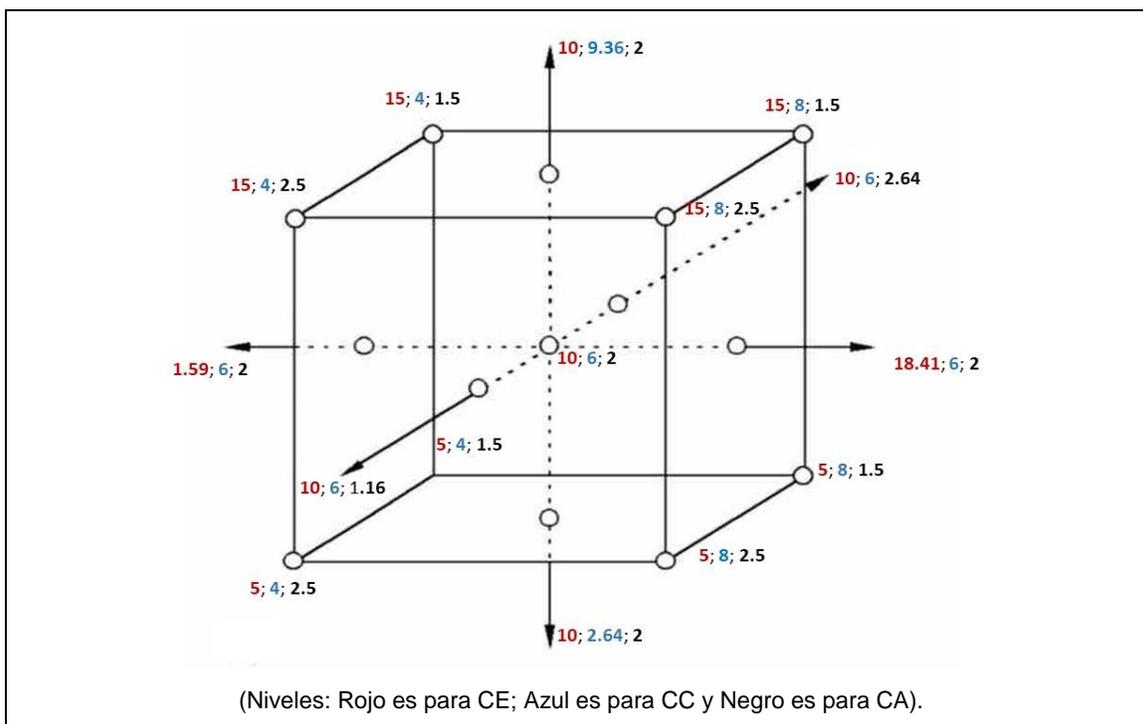


Figura 1. Arreglo espacial de las combinaciones de los niveles (“tratamientos”) de los factores o tratamientos de acuerdo con Myers (1976).

El modelo matemático fue un modelo lineal-cuadrático con interacciones y fue el siguiente:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{1.2}X_1X_2 + b_{1.3}X_1X_3 + b_{2.3}X_2X_3 + b_{1.1}X_1^2 + b_{2.2}X_2^2 + b_{3.3}X_3^2 + \varepsilon_{123}.$$

Donde:

\hat{Y} = es la expectativa de la variable de respuesta.

b_0 = es el intercepto.

$b_1, \dots, b_{1.2}, \dots, b_{3.3}$ = son coeficientes parciales de regresión lineales, cuadráticos y productos.

X_1 = es el Costo Energético (CE), X_2 = es el Consumo diario del Concentrado (CC), X_3 = es la Carga Animal (CA),

ε_{123} = es el error aleatorio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se procedió a simular las ganancias diarias de peso vivo (GDP), peso vivo final (PVF) y costo de un kilo peso vivo ganado (CPKG) para cada combinación de niveles o “tratamientos” con el Programa LIFE-SIM Versión 15.1 desarrollado por el Centro Internacional de la Papa (CIP, 2018a; CIP, 2018b; León-Velarde et al., 2006), y luego estos resultados fueron utilizados para correr el análisis de superficie de respuesta con el DCC (Myers, 1976). El punto central (10% CE, 6,0 kg/día CC y 2,00 CA) se replicó cinco veces para aumentar los grados de libertad del error y realizar la prueba de Falta de Ajuste.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Escenario ENE-ABR: El modelo lineal-cuadrático con interacciones aparenta ser no adecuado por la falta de ajuste en GDP y PVF y fue altamente significativa ($P < 0,01$) y significativo en CPKG ($P < 0,05$) (Cuadro 4); sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres características.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR.

| FV | gl | CUADRADOS MEDIOS | | |
|--------------------|----|----------------------|---------------|-------------------------|
| | | GDP | PVF | CPKG |
| Lineal | 3 | 0,20231*** | 2909,910*** | 2,16x10 ⁻⁴ |
| Cuadrático | 3 | 0,00025* | 4,739** | 0,1970*** |
| Productos cruzados | 3 | 0,00047** | 6,125** | 5,12x10 ⁻⁴ |
| Total del Modelo | 9 | 0,06768*** | 973,591*** | 0,0658*** |
| Falta de Ajuste | 5 | 0,00016*** | 2,296*** | 6,4x10 ⁻⁴ ** |
| Error Puro | 5 | 8,3x10 ⁻⁶ | <0,0001 | 8,0x10 ⁻⁵ |
| Total del error | 10 | 8,4x10 ⁻⁵ | 1,148 | 4,15x10 ⁻⁴ |
| CV, % | | 1,26 | 0,231 | 2,72 |
| R ² | | 0,999 | 0,999 | 0,993 |
| R Múltiple | | 0,999 | 0,998 | 0,996 |
| Factor: | | | | |
| • CE | 4 | 0,00432*** | 58,80598*** | 0,00018 ^{ns} |
| • CC | 4 | 0,14801*** | 2132,35066*** | 0,14798*** |
| • CA | 4 | 0,00029** | 3,96321** | 0,00021 ^{ns} |

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$. FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para GDP y PVF el efecto lineal (Cuadro 4) fue altamente significativo ($P < 0,01$), pero no así en CPKG ($P > 0,05$); mientras que el efecto cuadrático fue altamente significativo ($P < 0,01$) en CPKG y significativo en PVF ($P < 0,05$). Una tendencia a la significancia ($P < 0,10$) se encontró en GDP. El efecto de los productos cruzados fue significativo ($P < 0,05$) para GDPV y PVF, pero no en CPKG ($P > 0,05$). Por otra parte, hay que resaltar que el CV estuvo entre 0,23 a 2,72%, el Coeficiente de Determinación (R^2) entre 0,999 a 0,993 y el Coeficiente de Correlación Múltiple (R) entre 0,999 a 0,996. Todos estos son parámetros utilizados para determinar la bondad de ajuste de los modelos polinomiales lineal-cuadrático con interacciones (Draper y Smith, 1981). Además, los efectos de CE y CC (Cuadro 4) fueron altamente significativos ($P < 0,01$) en GDP, PVF y CPKG, pero en CPKG con CE significativo ($P > 0,05$).

Las funciones de predicción para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{GDP} = 0,18705^{***} - 0,00912CE^{**} + 0,12434CC^{***} - 0,06586CA^{ns} + 2,5 \times 10^{-5} CE^2{}^{ns} - 7,5 \times 10^{-4} CC \times CE^{**} - 0,00236CC^2{}^{***} + 0,00310CA \times CE^{**} + 0,00775CA * CC^{**} - 0,00099CA^2$$

$$\hat{Y}_{PVF} = 395,444^{***} - 0,960CE^{**} + 15,406CC^{***} - 7,267CA^{ns} - 0,001CE^2{}^{ns} - 0,087CC \times CE^{**} - 0,317CC^2{}^{***} + 0,350CA \times CE^{**} + 0,875CA * CC^{**} - 0,114CA^2$$

$$\hat{Y}_{CPKG} = 0,15735^{ns} - 0,00041CE^{ns} + 0,09993CC^{***} - 0,02865CA^{ns} - 6,57 \times 10^{-5} CE^2{}^{ns} - 0,00063CC \times CE^{ns} - 0,00017CC^2{}^{***} + 0,00250CA \times CE^{ns} + 0,00625CA * CC^{ns} - 0,00663CA^2{}^{ns}$$

Los factores CE y CC fueron altamente significativos ($P > 0,01$) y CA significativo ($P < 0,05$) en GDP y PVF, mientras que solamente el factor CC fue altamente significativo en CPKG ($P < 0,01$) (Cuadro 4).

La distribución de los residuales para GDP es más estrecha con mayores valores PREDICT y a medida que aumenta y tiende a dispersarse así disminuyen estos valores PREDICT. Esto indica un comportamiento insatisfactorio de los residuales (Draper y Smith, 1981) y justifica porque la prueba de ajuste resultó altamente significativa ($P < 0,001$). Es notable la presencia “valores atípicos”, lo que da esa amplitud disparea en su distribución (Figura 2).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

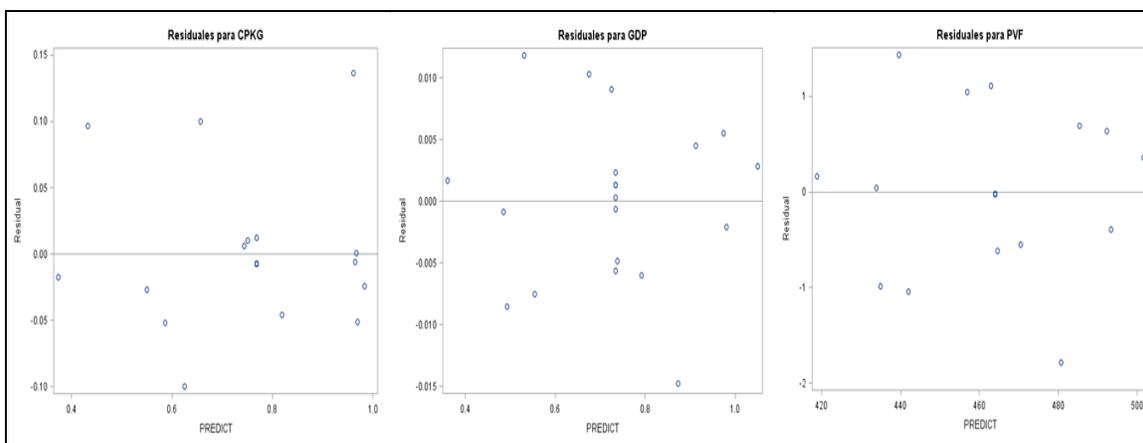


Figura 2. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario ENE-ABR.

El escenario ENE-ABR (Figura 3), disminuir el CE y aumentar el CC se aumenta la GDP (a). Además, también se observa que al disminuir CE y la CA, se incrementa la GDP (b), pero disminuir la CA y aumentar CC se incrementa la GDP (c). Por otra parte, disminuir el CE y aumentar CC se aumenta el PVF (d); así mismo, disminuir el CE y la CA se incrementa el PVF (e) e igual tendencia a aumentar el PVF se observa cuando se disminuye CA y se aumenta CC (f). Para el caso de CPKG, éstos se aumentan al incrementarse el CE y el CC (g); así como al aumentar CE y CA (h) y finalmente al aumentar CC y CA (i) (Figura 3).

Escenario MAY-AGO: La falta de ajuste en GDP y PVF fue altamente significativa ($P < 0,01$) por lo que aparenta que el modelo no es adecuado, no así en CPKG ($P > 0,05$). La tendencia fue lineal en las tres características ($P < 0,01$) y solamente cuadrática en GDP ($P < 0,01$) en el escenario MAY-AGO (Cuadro 5). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos. Sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres variables de respuestas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

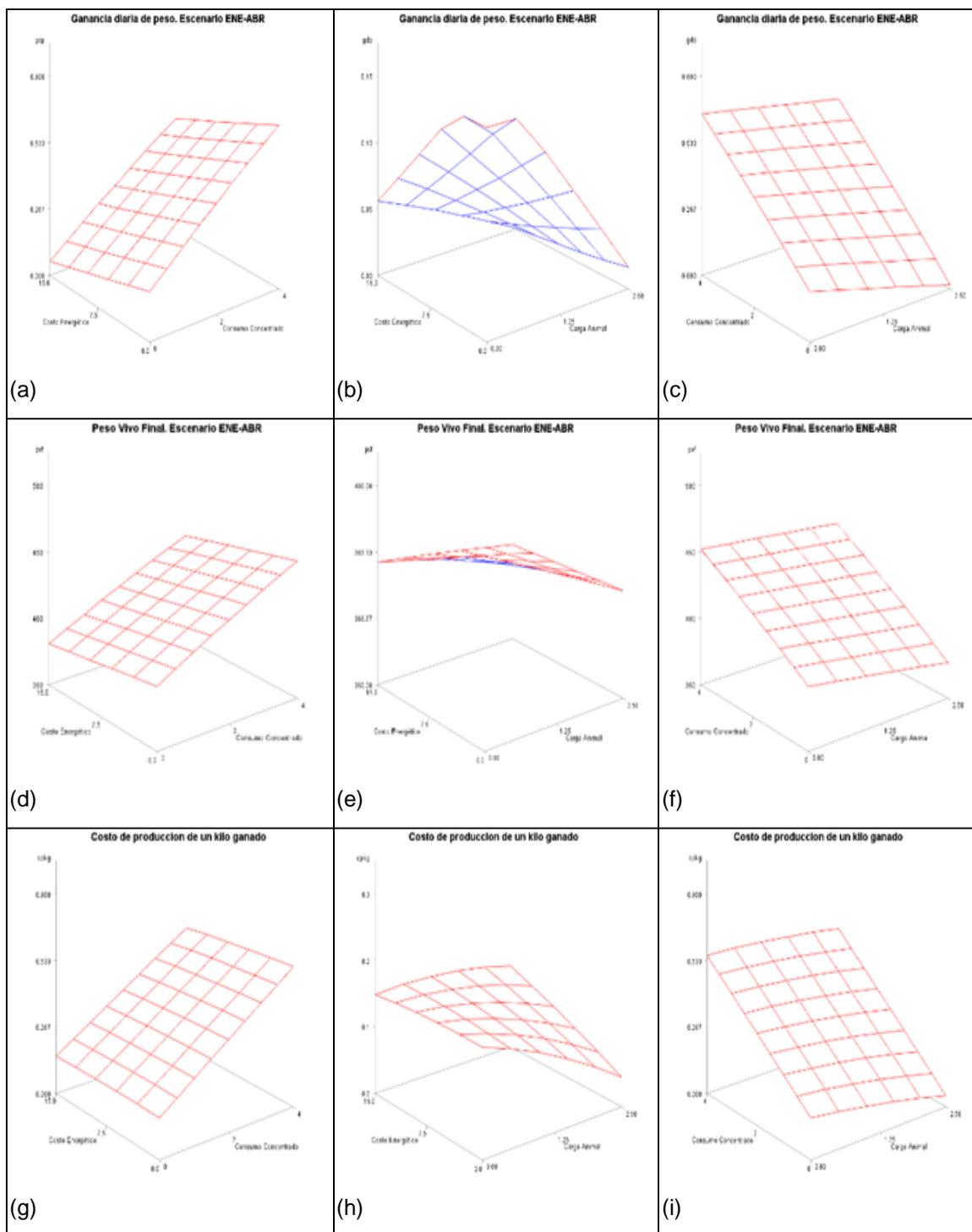


Figura 3. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B/kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f y i) en el escenario ENE-ABR, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO.

| FV | gl | CUADRADOS MEDIOS | | |
|--------------------|----|----------------------|-------------|-----------------------|
| | | GDP | PVF | CPKG |
| Lineal | 3 | 0,11788*** | 1161,118*** | 0,23641*** |
| Cuadrático | 3 | 0,00220*** | 29,182 | 0,00032 |
| Productos cruzados | 3 | 0,00019 | 2,125 | 3,6x10 ⁻¹⁵ |
| Total del Modelo | 9 | 0,04009*** | 397,475*** | 0,07891*** |
| Falta de Ajuste | 5 | 0,00024*** | 96,388*** | 0,00020 |
| Error Puro | 5 | 5,2x10 ⁻⁶ | 0,267 | 0,00014 |
| Total del error | 10 | 0,00012 | 48,327 | 0,00017 |
| CV, % | | 1,24 | 1,43 | 1,36 |
| R ² | | 0,997 | 0881 | 0,998 |
| R Múltiple | | 0,998 | 0,939 | 0,999 |
| Factor: | | | | |
| • CE | 4 | 0,00247*** | 40,7831 | 0,00021 |
| • CC | 4 | 0,08784** | 849,3585*** | 0,17739*** |
| • CA | 4 | 9,0x10 ⁻⁷ | 5,1932 | 1,6x10 ⁻⁵ |

*P<0,10; **P<0,05; ***P<0,01; FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.

Los CV fueron muy bajos (1,24 a 1,43%) y aceptables, mientras que el R² y R-Múltiple de GCP y CPKG estuvieron arriba del 99% y para PVF fue de 88,1% y 93,9%, respectivamente (Cuadro 5). Por otra parte, el efecto del factor CE fue altamente significativo (P<0,01) para GDP, pero no así para GDP y CPKG (P>0,05). Por otra parte, el efecto de CC fue altamente significativo en PVF y CPKG y significativo en GDPV (P<0,05). El efecto de CA no afectó en la respuesta a las tres características (P>0,05).

Las funciones de predicción para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{GDP} = 0,5914^{***} - 0,0085CE^* + 0,2288CC^{***} + 0,0007CA - 1,7 \times 10^{-5}CE^2 - 0,0017^4CC \times CE^{**} - 0,0220CC^2^{***} + 0,0001CA \times CE + 0,0010CA * CC - 0,0001CA^2$$

$$\hat{Y}_{PVF} = 1446,209^{***} - 0,133CE + 7,7315CC^{***} + 19,2189CA - 0,0475CE^2 + 0,1750CC \times CE^{**} + 1,7297CC^2^{***} + 0,0500CA \times CE + 0,2500CA * CC^{**} - 4,7681CA^2$$

$$\hat{Y}_{CPKG} = 0,40663^{***} - 0,00556CE + 0,25605CC^{***} + 0,03327CA - 0,00022CE^2 - 0,00000CC \times CE - 0,00641CC^2 * + 0,0000CA \times CE + 0,00000CA * CC^{ns} - 0,00832CA^{2s}$$



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el escenario MAY-AGO, la Figura 4 muestra que la distribución de los residuales para GDP está cargada hacia los valores mayores PREDICT positivos. Se observa un “valor atípico” positivo al extremo de los valores PREDICT. Además, para PVF, la distribución de los residuales está más al centro, pero con un “valor atípico” positivo en los valores menores PREDICT. Sin embargo, hay tres “valores atípicos” negativos en los valores menores PREDICT y uno en los “valores atípicos” mayores. Finalmente, para el caso de CPKG los residuales están más al centro de los valores PREDICT, pero con dos “valores atípicos” positivos a valores mayores PREDICT y dos a los “valores atípicos” negativos PREDICT.

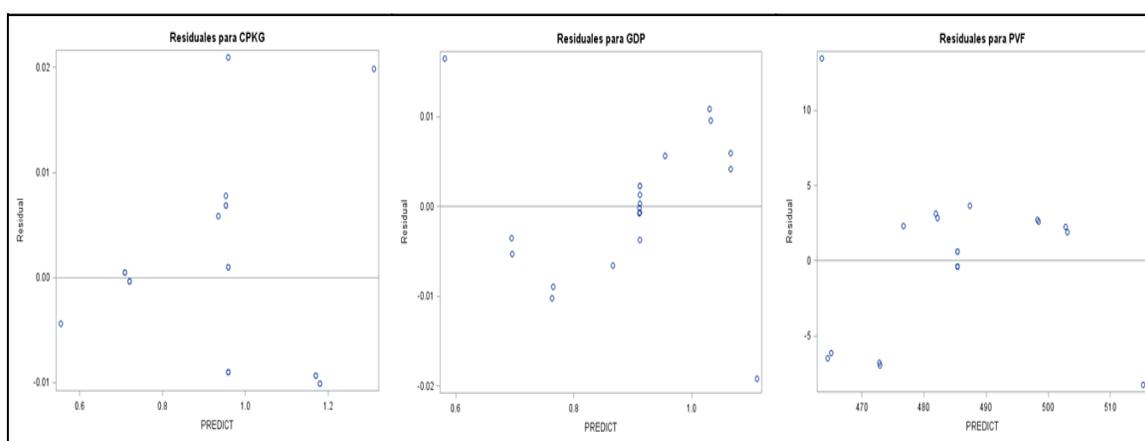


Figura 4. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario MAY-AGO.

De acuerdo con el escenario MAY-AGO (Figura 5), aumenta linealmente la GDP a alto CE hasta los 2,0 kg BF/animal/día de CC para luego alcanzar un “plateau” o meseta que disminuye cuando baja el CE. (a). Aumentar el CE y CA se incrementa también la GDP (b). La mayor GDP se observa en el mayor CC e incrementa a medida que aumenta la CA, pero hay una caída drástica de la GDP cuando el CC es menor a 2,0 kg BF/animal/día (c). Mayores PVF se alcanzan aumentando el CE y CC (d). Similar tendencia en el PVF se observa al aumentar el CE y CA (e). Disminuir el CC, disminuye el PVF, siendo más drástica en CA menores (f). El CPKG aumenta a mayores CE y CC de 2,0 kg BF/animal/día, mayores consumos el CPKG aumenta levemente (g). A más bajos CE y CA se disminuyen los CPKG (h). Además, el CPKG disminuye curvilíneamente al disminuir el CC y la CA (i).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

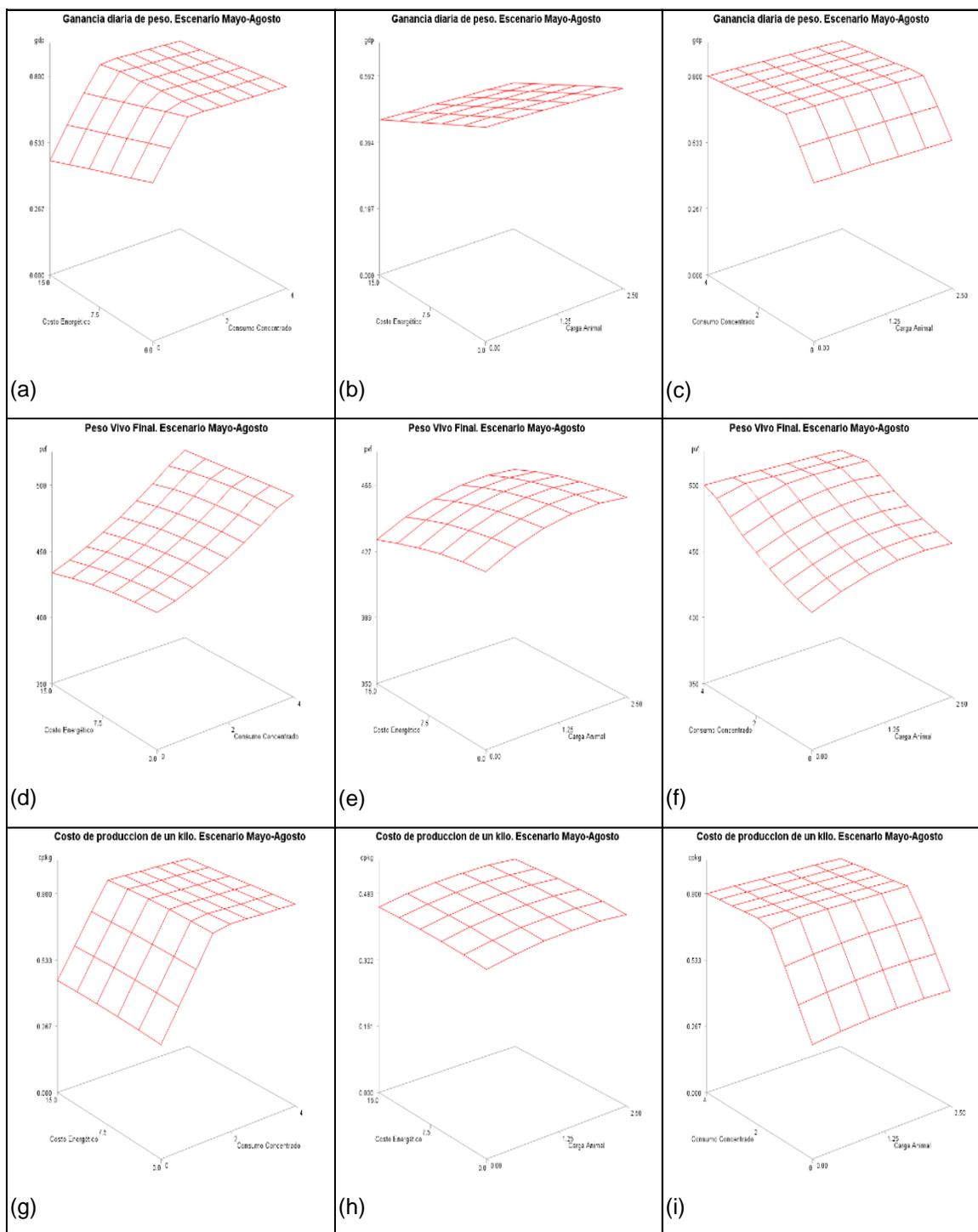


Figura 5. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B./kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f y i) en el escenario MAY-AGO, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Escenario SEP-DIC: La falta de ajuste en GDP y PVF fue altamente significativa ($P < 0,01$) por lo que aparenta que el modelo no es adecuado, no así en CPKG ($P > 0,05$). La tendencia fue lineal en las tres características ($P < 0,01$) y solamente cuadrática en GDP ($P < 0,01$) en el escenario SEP-DIC (Cuadro 6). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos en PVF y CPKG, pero si hay un efecto significativo en GDP ($P < 0,05$). Sin embargo, el modelo de superficie de respuesta fue altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres variables de respuestas.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para GDP, PVF y CPKG en el escenario SEP-DIC.

| FV | gl | CUADRADOS MEDIOS | | |
|--------------------|----|--------------------------|-------------|----------------------|
| | | GDP | PVF | CPKG |
| Lineal | 3 | 0,08640*** | 1498,080*** | 0,18972*** |
| Cuadrático | 3 | 0,00370*** | 119,391 | 5,4X10 ⁻⁶ |
| Productos cruzados | 3 | 0,00026** | 6,333 | 1,7x10 ⁻⁷ |
| Total del Modelo | 9 | 0,03012*** | 541,268*** | 0,06325*** |
| Falta de Ajuste | 5 | 9,2X10 ⁻⁵ *** | 7,691*** | 1,6x10 ⁻⁵ |
| Error Puro | 5 | 1,6x10 ⁻⁵ | 0,267 | 0,00014 |
| Total del error | 10 | 5,4X10 ⁻⁵ | 3,979 | 7,6x10 ⁻⁵ |
| CV, % | | 0,781 | 0,408 | 0,958 |
| R ² | | 0,998 | 0,992 | 0,958 |
| R Múltiple | | 0,999 | 0,996 | 0,999 |
| Factor: | | | | |
| • CE | 4 | 0,00247*** | 40,7831 | 0,00021 |
| • CC | 4 | 0,08784** | 849,3585*** | 0,17739*** |
| • CA | 4 | 9,0x10 ⁻⁷ | 5,1932 | 1,6x10 ⁻⁵ |

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$; FV=Fuente de variación; gl=grados de libertad; GDP= ganancias diarias de peso vivo; PVF= peso vivo final; CPKG= costo de un kilo peso vivo ganado.

Los CV en las tres variables de respuestas fueron menores de 1,000 y los R² variaron de 0,958 a 0,998 y los R-Múltiple de 0,996 a 0,999 (Cuadro 6). El efecto de CE fue altamente significativo ($P < 0,01$), pero no en PVF y CPKG. Por otra parte, el efecto de CC fue altamente significativo ($P < 0,01$) en PVF y CPKG, pero significativo en GDP. CA no mostró significancia alguna en las tres variables de respuesta ($P > 0,05$).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El escenario SEP-DIC, muestra que la distribución de los residuales para GDP está cargada hacia los valores mayores PREDICT positivos. Se observan un “valor atípico” positivo al extremo de los valores PREDICT y dos valores atípicos negativos al extremo y centro de los valores PREDICT. Además, para PVF, la distribución de los residuales está más a la derecha de los valores PREDICT y un “valores atípicos” negativo al extremo izquierdo de los valores PREDICT. Finalmente, para el caso de CPKG los residuales están más al centro de los valores PREDICT, pero con dos “valores atípicos” positivos y negativos también al centro de los valores mayores PREDICT (Figura 6).

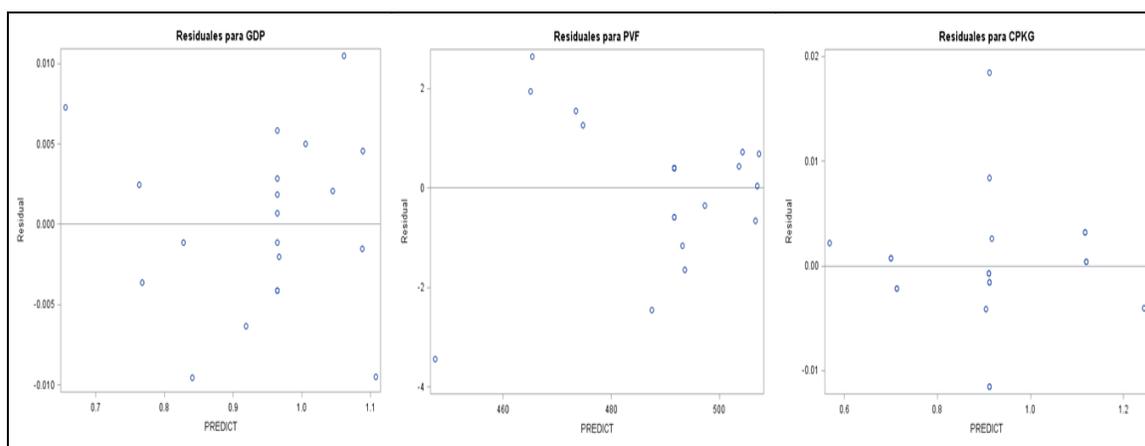


Figura 6. Distribución de los residuales versus valores predichos para GDP, PVF y CPKG en el escenario de SEP-DIC.

En el escenario SEP-DIC (Figura 7), se observa una tendencia cuadrática que al incrementar el CE y aumentar el CC, se aumenta la GDP (a), e igualmente bajar el CE y aumentar la CA se aumenta levemente la GDP (b). La relación entre CC y CA en la GDP es tipo cuadrática en donde aumentar CC y bajar CA se incrementa la GDP (c). La tendencia entre CC y CE es de tipo cuadrática, observándose que aumentar CC se obtiene mayor PVF, pero disminuye cuando baja el CE (d). Sin embargo, no se observó efecto entre aumentar o disminuir CE y CA sobre la PVF (e). Una tendencia cuadrática se observa en el PVF al aumentar CC y la CA (f). Menor CPKH se observa en menores niveles de CE y CC (g). Mayor CPKG se observa al aumentar CE y CA (h). Disminución en el CPKG se observa al reducir CC y CA (i). Sin mucha relación entre CE y CA se observó en CPKG al aumentar ambas variables independientes (g) y con una tendencia lineal se encontró que al aumentar CC y CA se incrementan CPKG (i).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

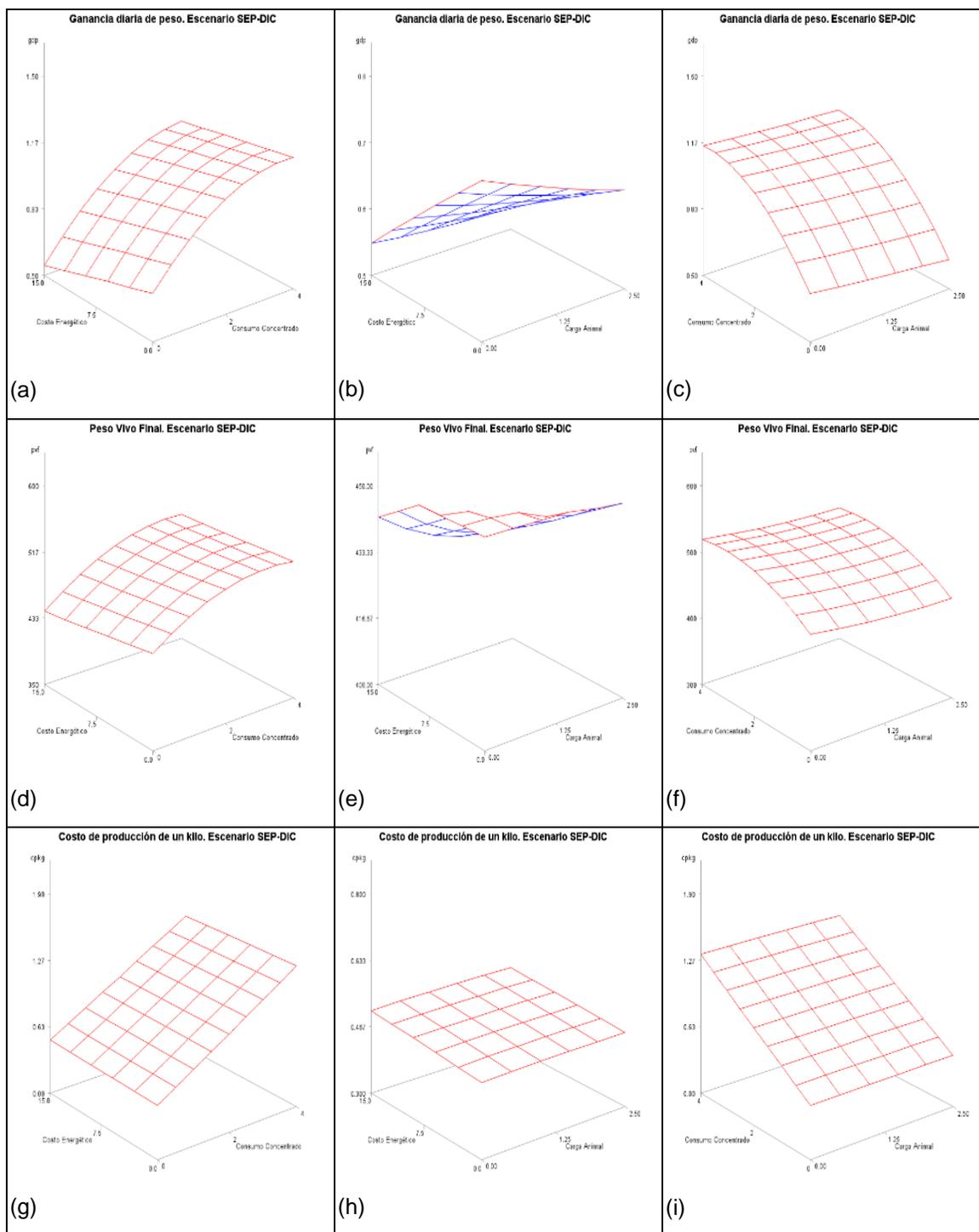


Figura 7. Respuestas predichas de la Ganancia Diaria de Peso (GDP, kg/día), Peso Vivo Final (PVF, kg) y Costo de Producción de un kilogramo de Peso Vivo (CPKG, B./kg) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f e i) en el escenario SEP-DIC, respectivamente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Excepto en CPKG en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC el modelo lineal-cuadrático con interacciones no mostró falta de ajuste ($P > 0,05$); sin embargo, para el resto de los escenarios y variables de respuesta se encontró con una falta de ajuste altamente significativa ($P < 0,01$). El modelo ha mostrado estar más apropiado a uno de tipo lineal y habría que ampliar los niveles de las variables de respuestas, pero los niveles escogidos están dentro de los rangos utilizados en la investigación pecuaria del IDIAP (Guerra M. et al., 2002; Ávila et al., 2000; Pinzón y Montenegro, 2002).

La mayor GDP y PVF se obtuvo en el escenario SEP-DIC (1,098 kg/día y 508 kg, respectivamente) con un CE de 10,00% adicional al requerimiento diario energético de la NRC (2000), CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha; sin embargo, el CPKG fue el más alto con B/. 1,09. En este escenario (SEP-DIC) la disponibilidad de forraje fue de 1765 a 940 kg MS/ha, con un contenido de proteína cruda de 10,97 a 7,26% y digestibilidad de la materia seca de 57,4 a 52,5%. Además, las condiciones ambientales fueron de las mejores con temperatura ambiental (TA) promedio de 26,4° a 26,2° C, humedad relativa (HR) de 86,2 a 78,2 y velocidad del viento de 2,16 a 3,46 km/h. Con estos valores de TA y HR, el Índice Temperatura-Humedad (ITH) estaría entre 78,16 a 74,28 de acuerdo con Mader et al., (2004).

La relación entre la Proteína *versus* Energía en la GDP y en el escenario ENE-ABR fue muy estrecha en sus 121 días de ceba de acabado en pastoreo y sus fluctuaciones estuvieron ligeramente por encima de 1,0 kg/animal/día (Figura 8). La Proteína tuvo mayor aporte que la Energía en la GDP en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC, pero el aporte de la Proteína fue mayor que la Energía al final de la ceba en el escenario MAY-AGO; sin embargo, en el escenario SEP-DIC, la relación fue un poco más estrecha desde la mitad de la ceba en adelante. La relación Margen Bruto (Gross Margin) *versus* Costos Totales de Producción fue mayor en el escenario de ENE-ABR con 85%, seguido por los escenarios SEP-DIC con 63% y MAY-AGO con 52%. Guerra M. et al. (2002) reportaron márgenes brutos de 17,40% cuando la ceba de acabo consistió en pastoreo + suplementación hasta 24,10% cuando la ceba fue pastoreo + suplementación + ionóforos + implante, en ambos casos se incluyeron como costos fijos las depreciaciones de infraestructuras y alquiler de la tierra y como costos variables la compra de los animales, alimentación, fertilización de pasturas,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

salud el hato y transporte de insumos. De allí que la relación es mucho menor que del presente estudio. Además, es este estudio el costo de alimentación se asumió en un 70%, pero para Guerra M. et al. (2002) estuvo alrededor del 65%.

En las regiones tropicales, Garmendia (1994), Pinzón y Montenegro (2002) y Ávila et al. (2000), indican que los pastizales crecen rápidamente durante los períodos de abundancia de lluvias, promoviendo una vegetación de plantas maduras, que contienen altos niveles de constituyentes fibrosos digeribles. Sin embargo, durante la época seca los pastizales son de baja utilidad y con un contenido de proteína cruda inferior al 3,5%. La principal consecuencia del uso de estas pasturas es la pérdida de peso que experimentan los animales, debido a la escasez del alimento disponible, principalmente en el escenario ENE-ABR. La alimentación exitosa de los rumiantes durante la época seca (ENE-ABR) depende del suministro de una cantidad adecuada y económicamente beneficiosa de nutrimentos a los animales en el momento oportuno.

La suplementación debe estar dirigida a resolver problemas carenciales en el rumen (Garmendia, 1994), por lo que el desarrollo del sistema de producción, particularmente en pasturas de bajo valor nutritivo, debe basarse en el uso adecuado del tipo y cantidad de suplemento para corregir las deficiencias del forraje a fin de: (a) mantener y aumentar el consumo de forrajes, (b) aumentar la eficiencia de uso de nutrientes y (c) aumentar la producción. Lo ideal sería que el suplemento alcance estos efectos cuando se incorpora a un nivel igual o menor al 20% del consumo total, ya que, por encima de estos valores, la práctica de la suplementación se convierte en un proceso de sustitución del forraje.

La relación entre la pastura y el suplemento se puede dar de forma aditiva con estímulo, el cual corresponde a aquellos casos en que el consumo de suplemento estimula la ingesta de forraje y ocurre en los casos donde se suministra proteína suplementaria para animales pastoreando forrajes maduros de baja calidad (Lange, 1980).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

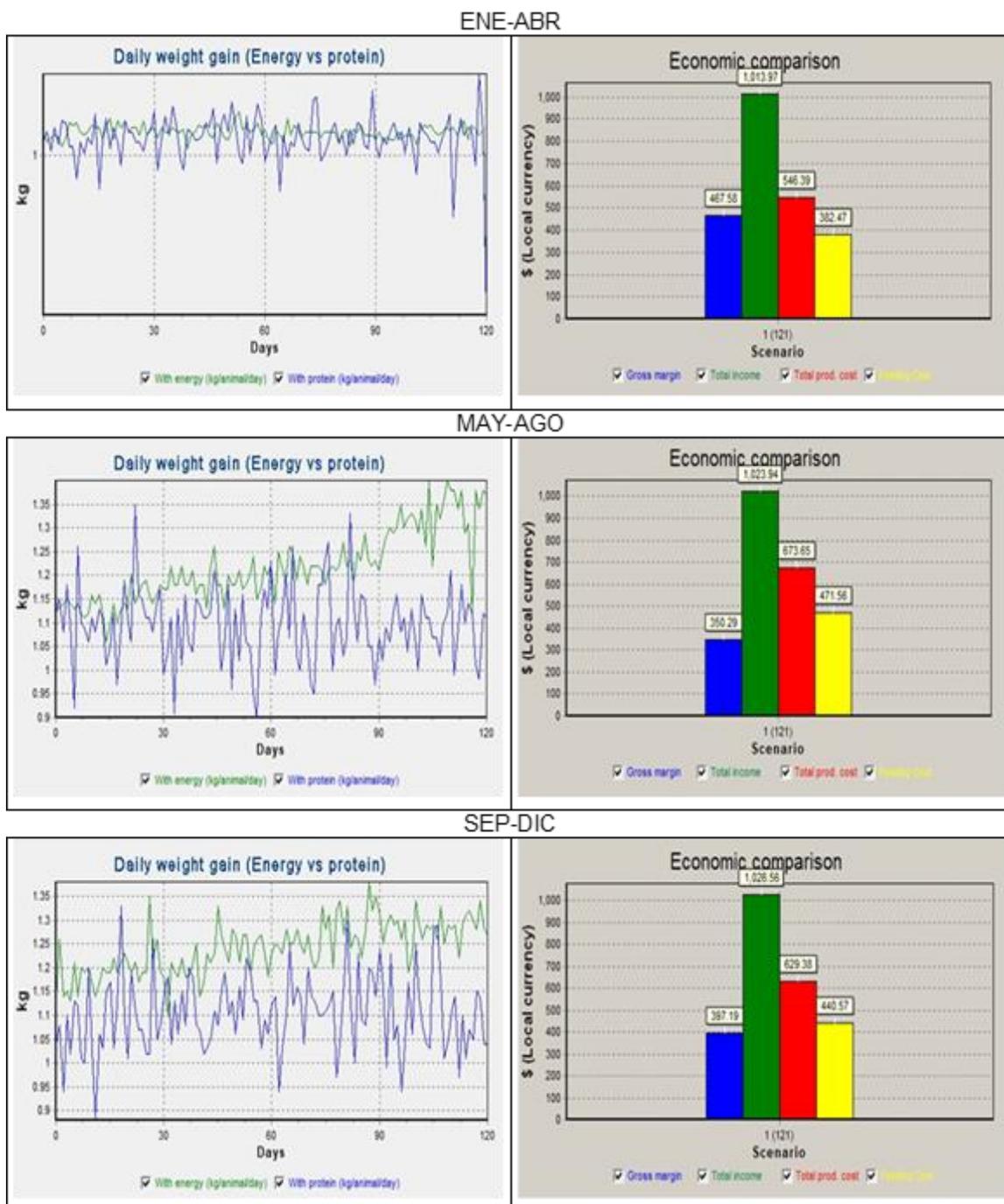


Figura 8. Ganancia diaria de peso en función de la Energía y Proteína y comparación económica de la combinación CE=10%; CC=9,36 kg BF/animal/día y CA=2,00 UA/ha en los tres escenarios de ceba de acabado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El mejoramiento del consumo voluntario ha sido asociado con un más adecuado “status” proteico, de acuerdo con Egan y Moir (1965); Kempton et al., (1976). Teóricamente, el término “status proteico o nitrógeno” está definido como la disponibilidad de diferentes compuestos nitrogenados en cantidad y calidad requeridas para todas las funciones fisiológicas del metabolismo animal (Detmann et al., 2014). Por lo tanto, animales recibiendo suplementos deberían tener el mejor perfil de proteína, balance energético-proteico y consecuentemente el más alto consumo de pasturas y TND que aquellos bajo frecuencias de suplementación o auto suplementación (Valente et al., 2014). Tal como se encontró en este estudio en donde las ganancias diarias de peso fueron de 0,655 a 1,099 kg/día dependiendo del escenario y costo energético.

En un estudio de suplementación energética, Grainger y Mathews (1989) reportaron que generalmente el forraje consumido disminuye (efecto de sustitución) en la medida que aumenta el suministro de concentrado. Esto puede ser deseable en la medida que se pretenda “estirar” el forraje, mientras que puede no ser así cuando se pretenda elevados niveles de comportamiento individual. Además, sostiene que el nivel de sustitución tiene una relación directa con la cantidad de forraje disponible y que a niveles de consumo de forraje del 1,5% en base seca del PV, el efecto de sustitución es mínimo (Grainger y Mathews, 1989).

Como regla general, Mieres (1997) señalan que los suplementos energéticos hechos a base de granos, y que sean ricos en almidón (maíz, sorgo) y que sean suministrados en cantidades elevadas, los mismos pueden deprimir la digestibilidad del forraje y en particular de la fracción fibra, deprimiendo también el consumo. Indica además que hay que tener en cuenta que este efecto negativo en casos de escasez de forraje, puede ser una herramienta para mantener la carga. Por el contrario, granos con menos contenidos de almidón o subproductos de granos (afrechos de arroz entre otros) afectan menos la digestión de la fibra, debido a una menor alteración de las condiciones del rumen, fundamentalmente pH, no provocando alteraciones a nivel de microflora ruminal.

Cuatro suplementos de igual concentración energética y diferentes niveles de proteína cruda fueron evaluados por Holgado (2011). Los suplementos fueron S1 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido; 9,8% PC), S2 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido y pellet de



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

soya en partes iguales; 26,0% PC), S3 (1,6 kg/cabeza/día de comprimido de soya; 42,2 kg) y S4 (1,6 kg/cabeza/día de maíz molido más 90 g/cabeza/día de urea; 26,2%). El testigo (T) sin suplementación. Se asignaron cinco novillos Bradford por tratamiento de 15 meses de edad y 235,2 kg de peso vivo en promedio. La disponibilidad del pasto *Brachiaria brizantha* al inicio fue de 3,028 kg MS/ha, o una oferta inicial de 4,7% del PV. Para S1, S2, S3 y S4 la ganancia diaria de peso fue 0,534; 0,628; 0,746; 0,711 y 0,727 kg/día, respectivamente. La disponibilidad de forraje no fue una limitante al consumo y la suplementación energética (S1) logró una mejora de 17,6% en la tasa de ganancia de peso vivo en relación con el T. En el presente estudio de simulación, la ganancia de peso vivo esperado fue de 0,818 kg/día en novillos con 250 kg de PV (ceba completa).

Bajo condiciones de pastoreo libre con *Setaria phacelata* se estudió el comportamiento productivo de tres razas de toretes (Brahman, Charoláis y Mestizos Holstein) y el suministro de 2 kg de una ración suplementaria elaborada a base de caña picada, follaje de yuca y pulpa de café deshidratada. La ceba tuvo una duración de 90 días con pesos iniciales de 285,7; 331,3 y 339,3 kg y finales de 343,3; 410,8 y 400,8 kg para los tres grupos, respectivamente. La ganancia diaria de peso vivo fue mayor en la raza Charoláis (0,883 kg/día) con respecto a los Mestizos (0,683 kg/día) y Brahman (0,641 kg/día). Las ganancias con el Charoláis son las que se asemejan a las encontradas en este estudio (Aguirre et al., 2013). Por otra parte, estos autores reportaron rentabilidades de 17,8%; 26,5% y 16,9% para los tres grupos raciales, respectivamente.

Con machos enteros Santa Gertrudis, Guerra M. et al. (2002) reportaron GDP de 0,787 kg/día cuando fueron suplementados pastoreando *Brachiaria humidicola* fertilizada y de 0,947 kg/día cuando además de la suplementación energética-proteica recibieron ionóforos (Lasalocid Sódico al 4%, a razón de 5 g/animal/día) y fueron implantados (200 mg Progesterona + 20 mg Benzoato de Estradiol) 15 días después del inicio y 90 días después del primer implante. El peso promedio inicial fue de 279,2 kg. La duración de la ceba fue de 220 días para el primer caso y 183 días para el segundo caso. En este estudio se simuló que la GDP podría alcanzar más del 1,000 kg/día y una duración de la ceba hasta 121 días. Por lo tanto, biológicamente se podrían realizar hasta tres cebas por año.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- El programa LIFE-SIM-BEEF del CIP funcionó correctamente en la generación simulada de las variables de respuesta (GDP, PVF y CPKG) con los respectivos niveles de CE, CC y CA de un Diseño de Composición Central y el modelo lineal-cuadrático con interacciones aparentemente no ajustó los datos utilizados en la simulación, excepto en CPKG en los escenarios MAY-AGO y SEP-DIC. Los datos ajustaron mejor bajo un modelo lineal.
- Las mayores GDP y PVF estuvieron relacionados con mayores CPKG y con los niveles de CE de 10,00% adicional al requerimiento diario energético de la NRC (2000), CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,00 UA/ha se obtuvieron las mayores GDP y PVF en EP-DIC, pero mayor CPKG en el escenario MAY-AGO, y el Margen Bruto varió entre los tres escenarios, siendo mayor en ENE-ABR.
- Resulta factible realizar tres cebas bovinas de acabado en un año, preferiblemente en áreas donde la oferta de animales con peso vivo de 375±10 kg no sea una limitante.

REFERENCIAS

- Aguirre, L., Troya, F., Saraguro, A., y Parra, A. (2013). Comportamiento productivo de tres razas bovinas en sistema de pastoreo, con suplementación a base de caña, follaje de yuca y pulpa de café, en el sur de la amazonia ecuatoriana. *Revista CEDAMAZ*, 3(1),106-112. <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comportamiento-productivo-tres-razas-t42248.htm>
- Ávila, M., Castro, L., y Guerra, P. (11-15 de septiembre de 2000). *Evaluación de la Brachiaria humidicola con y sin fertilización nitrogenada y asociada con la leguminosa Arachis pintoi CIAT 18744 en la producción de carne*. [Resumen de presentación de la conferencia]. XVII Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Ciudad de Panamá; Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Centro Internacional de la Papa. (16 de mayo de 2018a). *Livestock feeding strategies simulation models*. LIFE-SIM. Version 15.1. CIP. ALDI, INIA, SLP/ILRI, ECOREGIONAL FUND. <https://cipotato.org/site/inrm/home/downmod.htm>.

Centro Internacional de la Papa. (16 de mayo de 2018b). *LIFE-SIM-BEEF: A beef production simulation model*. Centro Internacional de la Papa (CIP). <https://cipotato.org/site/inrm/home/t-app/beef.zip>

Detmann, E., Valente, E. E. L., Batista, E. D., y Huhtanen, P. (2014). An evaluation of the performance and efficiency of nitrogen utilization in cattle fed tropical grass pastures with supplementation. *Livestock Science*, 162(4), 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2014.01.029>

Di Marco, O. N., y Aello, M. S. (2003). *Costo energético de la actividad de vacunos en pastoreo y su efecto en la producción*. Sitio Argentino de Producción Animal. https://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/01-costo_energetico_de_actividad_en_pastoreo_efecto.pdf

Draper, N.R., y Smith, H. (1981). *Applied regression analysis*. 2nd Edition. Wiley Series in Probability and Mathematical Statistic. John Wiley and Sons, Inc. New York, USA.

Egan, A.R., y Moir, R. J. (1965). Nutritional status and intake regulation in sheep. I. Effects on duodenal infused single doses of casein, urea and propionate upon voluntary intake of a low-protein roughage by sheep. *Australian Journal of Agricultural Research*, 16(3), 437-449. <https://doi.org/10.1071/AR9650451>

Empresa de Transmisión Eléctrica, S.A. (16 de mayo de 2018). *Hidrometeorología. Clima. Datos Climáticos Históricos*. <https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historico>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Garmendia A, J. C. (1994). Uso de bloques multinutricionales en la ganadería a pastoreo de forrajes de baja calidad. Taller de Alternativas para la Alimentación del Ganado Bovino durante el Período Seco. *Revista de Agronomía (LUZ)*, 11(2), 224-237. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/25984>
- Grainger, C., y Mathews, G. L. (1989). Positive relation between substitution rate and pasture allowance for cows receiving concentrates. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 29(3), 355-360. <https://doi.org/10.1071/EA9890355>
- Guerra M., P., Quiel, R., Rodríguez, G., y De Gracia, M. (2002). Evaluación bioeconómica de cuatro sistemas de ceba basados en pastoreo, suplementación energética-proteica y estimuladores de consumo y crecimiento. *Ciencia Agropecuaria*, 12, 191-222. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/348/284>
- Holgado, F. D. (2011). *Suplementación de novillos en pastoreo de Brachiaria brizantha durante el período de crecimiento: Efecto sobre la tasa de crecimiento*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INIA). Instituto de Investigación Animal del Chaco Semi-Árido. Leales, Tucumán, Argentina. <https://inta.gob.ar/sites/default/files/scip-tmp-supbrach.pdf>
- Kempton, T. J., Nolan, J. V., y Leng, R. A. (1978). Principles for the use of non-protein nitrogen and by-pass proteins in diets of ruminants. *World Animal Review*, 22(2), 2-10. Ruminant Nutrition: selected articles from the World Animal Review. FAO Animal Production and Health Paper. N°12. Food and Agricultural Organization of the United Nation. Rome, Italy. <https://www.fao.org/3/X6512E/X6512E16.htm#ch16>
- Lange, A. (1980). *Suplementación de pasturas para la producción de carnes*. 2da. Edición. Editorial AACREA. Buenos Aires, Argentina.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- León-Velarde, C., Cañas, R., Quiróz, R., Osorio, J., and Guevara, J. (2006). *LIFE-SIM: Modelos de simulación de estrategias de alimentación del ganado. Modelos de simulación para la producción de leche y carne en: vaca lechera, ganado de carne, cabra y búfalo*. LIFE-SIM Version 8.1. División del Manejo de Recursos Naturales. Centro Internacional de la Papa (CIP). Lima, Perú.
<https://cipotato.org/site/inrm/home/t-app/Manuals/LIFESIM%20Simulation%20Model%20Users%20Guide%20Spanish.pdf>
- Mader, T., Davis, S., Gaughan, J., and Brown-Brandl, T. (2004). *Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index*. [Sesión de conferencia]. 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology. Abstract 6B.3. Vancouver, British Columbia, Canada.
https://ams.confex.com/ams/AFAPURBBIO/techprogram/paper_77847.htm
- Mieres, J. M. (1997). *Tipo de suplemento y su efecto sobre el forraje. Suplementación estratégica para el engorde de ganado*. Ed. Daniel Vaz Martins. Serie Técnica N°83. 1997. INIA. Unidad de Difusión e Información Tecnológica de INIA. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur, RL. Montevideo, Uruguay, p.11-15.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2989/1/15630291007152242.pdf>
- Myers, R. H. (1976). *Response surface methodology*. Blacksburg. VA. Virginia Polytechnic Institute and State University.
- National Oceanic and Atmospheric Administration. (1976). *Livestock hot weather stress. United States Department of Commerce*. Operation Manual Letter. C-31-76. NOAA. National Weather Service Central Region. Kansas City, MO. USA.
- National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef Cattle*. NRC 7th Edition. National Academy Press. Washington, DC. USA.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Pinzón, B., y Montenegro, R. (2002). Potencial de producción de carne con pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con *Arachis pintoii*. *Ciencia Agropecuaria*, 11,129-157. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/378>

Pinzón, B., Montenegro, R., y Santamaría, E. (2004). Efecto de la disminución del período de ocupación en un sistema de producción de carne a base de *Brachiaria decumbens* cv. Señal. Gualaca, Panamá. 2001-2003. *Ciencia Agropecuaria*, 17, 31-42. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/324>

Subasta Ganadera de Panamá S.A. (2018). *Precios-Subasta Ganadera S.A. de Panamá*. <https://subastaganadera.com/precios/>

Valente, E. E. L., Paulino, M. F., Barros, L. V., Almeida, D. M., Martins, L. S., y Cabral, C. H. A. (2014). Nutritional evaluation of young bulls on tropical pasture receiving supplements with different protein:carbohydrate ratios. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 27(10), 1452-1460. <https://doi.org/10.5713/ajas.2014.14085>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CARACTERIZACIÓN DE MICROORGANISMOS BENÉFICOS PARA EL CONTROL BIOLÓGICO DE PATÓGENOS DE ARROZ¹

**Rito Herrera²; Martha de Von Chong³; Alexis Artola⁴; Jhoel Tuñón⁵;
Alex Cruz⁶; Víctor Camargo⁷; Felipe González⁸; Fermín Mejía⁹**

RESUMEN

Se desarrolló la prospección, identificación y caracterización de microorganismos antagonistas contra patógenos en la rizósfera, filósfera y espermósfera en plantas de arroz en Panamá. Para ello, se tomaron muestras de estas tres secciones de la variedad de arroz GAB 8 (*Oryza sativa*), en una parcela bajo la modalidad de agricultura orgánica. Se aislaron hongos y bacterias determinándose diferencias en el total de aislamientos para las variables fases fenológicas (vegetativa, floración, maduración), secciones de la rizósfera (sección suelo, sección raíz, interfase suelo + raíz), secciones de la filósfera (base, centro, ápice) y semillas (espermósfera). Se evaluó la capacidad antagónica de las bacterias y hongos ante la bacteria fitopatógena *Burkholderia glumae* y el hongo *Pyricularia oryzae*. La mayor capacidad inhibitoria frente a *B. glumae* la presentaron las cepas del género *Bacillus*, así como *Lactobacillus plantarum*, *Brevibacillus bortelensis*, y *Aeromonas* sp. Las cepas fúngicas que mostraron actividad antagónica contra *P. oryzae*, corresponden a *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp, *Penicillium* sp, *Trichoderma* sp. y *Fusarium* sp.

Palabras claves: Antagonismo, espermátosfera, filósfera, hongos y bacterias, rizósfera.

¹ Recepción: 25 de julio de 2022. Aceptación: 18 de agosto de 2022. Financiamiento: Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)

² IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos. Ph.D. Microbiología.

e-mail: rhv76@yahoo.es , <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

³ Universidad de Panamá (UP), Centro Regional Universitario de Coclé (CRUCoclé). M.Sc. Microbiología.

e-mail: martha.chaves@up.ac.pa , <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

⁴ Universidad Especializada de las Américas. M.Sc. Microbiología Aplicada. <https://orcid.org/0009-0008-6205-8386>

⁵ UP, CRUCoclé. Ing. Agr. <https://orcid.org/0000-0003-2644-3806>

⁶ UP, CRUCoclé. Ing. Amb. <https://orcid.org/0000-0003-2644-3086>

⁷ IDIAP. CIA en Recursos Genéticos. Ing. Agr. <https://orcid.org/0009-0000-3169-7232>

⁸ IDIAP. CIA Oriental. M.Sc. Fitopatología. <https://orcid.org/0009-0007-8454-2235>

⁹ Universidad de Panamá. M.Sc. Microbiología Ambiental. <https://orcid.org/0000-0002-1455-1474>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CHARACTERIZATION OF BENEFICIAL MICROORGANISMS FOR THE BIOLOGICAL CONTROL OF RICE PATHOGENS

ABSTRACT

Prospection, identification and characterization of antagonistic microorganisms against pathogens in the rhizosphere, phyllosphere and espermosphere in rice plants in Panama was developed. For this, samples were taken from these three sections of a variety GAB 8 (*Oryza sativa*), in a plot under the modality of organic agriculture. Fungi and bacteria were isolated determining differences in the total of isolates for phenological phases variable (vegetative, flowering, maturation), sections of the rhizosphere (soil section, root section, soil + root interphase), sections of the phyllosphere (base, center, apex) and seeds (espermosphere). The antagonistic capacity of bacteria and fungi was evaluated against the phytopathogenic bacterium *Burkholderia glumae* and the fungus *Pyricularia oryzae*. The highest inhibitory capacity against *B. glumae* was observed in strains of the genus *Bacillus*, as well as *Lactobacillus plantarum*, *Brevibacillus bortelensis* and *Aeromonas* sp. The fungal strains that showed antagonistic activity against *P. oryzae*, correspond to *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp. and *Fusarium* sp.

Key words: Antagonistic, espermosphere, phyllosphere, fungi and bacteria, rhizosphere.

INTRODUCCIÓN

Panamá es el mayor consumidor de arroz en América Central (68 kg/persona) según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2018), siendo uno de los alimentos indispensables en la dieta de la población. En consecuencia, su producción tiene una gran importancia a nivel social, político, económico y principalmente en lo relacionado con la seguridad alimentaria del país (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2009).

En el cultivo de arroz las enfermedades de origen microbiano constituyen uno de los factores que inciden en el bajo rendimiento y esas enfermedades pueden ser provocadas por diversos microorganismos como hongos, bacterias y virus (Acebo et al., 2011). El Añublo bacteriano de la panícula del arroz, provocado por *Burkholderia glumae* es una de ellas, adquiriendo gran importancia en los últimos años. Otro patógeno de alta incidencia en el cultivo de arroz es el hongo *Pyricularia oryzae*, considerado uno de los



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

fitopatógenos de mayor importancia. Ambas enfermedades fueron consideradas en esta investigación, por el hecho de provocar disminución en la calidad del grano, bajo rendimiento, agresividad en campo, lo que se traduce en pérdidas económicas, afectando la producción.

El añublo bacterial de la panícula del arroz es una enfermedad que causa pudrición de granos y plántulas de arroz, causada por la *Burkholderia glumae* que habita en el suelo y que puede vivir en cultivos de tomate, ají, berenjena y ajonjolí y en varias malezas asociadas al cultivo de arroz. Las lesiones causadas por diferentes insectos y condiciones de estrés facilitan la penetración de esta bacteria, también puede hacerlo por los hidátodos, que son estomas localizados en el envés y los bordes de sus hojas (Correa, 2007). Esta enfermedad se manifiesta en la etapa de floración y provoca infertilidad con decoloración y manchado de la gluma en desarrollo, debido a la producción de la toxoflavina (Valdez-Núñez et al., 2020).

Este patógeno se transmite por la semilla, flores, hojas y residuos de cosecha. Puede vivir en las raíces del arroz sin mostrar síntomas y durante el hinchamiento de la panícula crece en los tallos y hojas. El período crítico de la infección es durante la emergencia de la panícula y la floración. Se multiplica rápido en las panículas e infecta las espiguillas una vez que estas emergen. El daño lo causa el taponamiento de los haces vasculares de la planta causado por la producción de la toxoflavina, una toxina que es sintetizada por la bacteria a temperaturas de 30° a 37° C (Degrassi et al., 2008).

El hongo *P. oryzae* tiene un ciclo de vida corto en la planta y, por tanto, múltiples infecciones se pueden llevar a cabo en un campo infectado por este patógeno. El hongo penetra por la hoja gracias a una estructura de forma semiesférica denominada apresorio. Debido a una gran presión (aproximadamente 8 MPa) ejercida sobre la superficie de la hoja, el hongo es capaz de penetrar en la planta. Una vez dentro crece de una manera biotrófica, es decir, sin afectar demasiado al crecimiento de la planta y sin matar a las células vegetales. Al cabo de unos tres días, los efectos del hongo sobre la hoja comienzan a ser visibles y a generar lesiones debido a la necrosis o muerte de las células de la hoja. En ese punto, el hongo empieza a matar a la planta (Rodríguez, 2016).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En las últimas décadas, el control biológico de plagas y enfermedades en la agricultura ha adquirido gran importancia frente a los problemas fitosanitarios ocurridos por el uso indiscriminado de plaguicidas químicos, lo cual ha traído como consecuencia severos problemas de contaminación al medio ambiente y ha aumentado la resistencia de fitopatógenos, incrementando su virulencia (Quesada y García, 2014).

La rizósfera, gracias a su ambiente rico en energía y nutrientes, alberga grandes poblaciones de la mayor parte de los grupos de microorganismos del suelo. Estudios demuestran que la flora microbiana encontrada en esta puede desempeñar una acción antagónica contra fitopatógenos (Jaramillo, 2002).

La filósfera es considerada como adversa para la colonización de organismos, pues no existe allí una fuente rica en nutrientes (Leveau y Lindow, 2001). Las comunidades microbianas de este espacio son diversas e incluyen microorganismos que pueden encontrarse como epífitos en la superficie de la planta o endófitos dentro de los tejidos de ésta (Lindow y Brandl, 2003).

La espermósfera es una zona de influencia de la semilla en germinación que produce exudados estimulantes o inhibidores de la actividad y/o crecimiento (Chanway et al., 1991) de las poblaciones autóctonas del suelo (García et al., 1995). Luego, cuando la planta desarrolla el sistema radical (rizósfera), continúa con la producción de sustancias para mantener las interacciones con la población microbiana que originalmente colonizó la semilla al germinar (Heijnen y Van Veen, 1991) como en la simbiosis *Rhizobium-leguminosas* (Newman, 1985).

MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de las muestras se realizó en la provincia de Coclé, República de Panamá, próximo a las coordenadas UTM (Datum WGS84) 591361,06 m E; 943492,23 m N. En campo se tomaron muestras de suelo para el análisis fisicoquímico (Villarreal y Name, 1996). El muestreo se efectuó en una parcela de 10 m² con arroz la variedad Gab-8 durante tres estados fenológicos (vegetativa, floración y fructificación). El sitio



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

fue seleccionado para la bioprospección de microorganismos debido a que no estaba sometido a los efectos de los agroquímicos.

Rizósfera

Aislamiento de bacterias rizosféricas

De cada una de las plantas colectadas se separó la zona rizosférica, dividiendo en tres secciones, la exorizosfera o suelo rizosférico (S), la raíz que involucra tanto la endorizosfera y rizoplano (R) y una mezcla de suelo rizosférico con raíces (S+R). De cada sección se pesaron 30 g de la muestra, para luego homogenizar en 100 ml de agua peptonada. Las suspensiones fueron colocadas en un homogenizador Seward® a 200 RPM por 1 min. Para las bacterias se realizaron diluciones seriadas de 10^{-1} hasta 10^{-7} para cada una de las secciones de la rizósfera (homogenizadas en agua peptonada). Se agregaron 0,7 ml de cada dilución en agar tripticasa soya (TSA) (Alpha Biosciences®) y se incubaron a 28° C durante 24 h. Luego de la incubación se realizó el aislamiento de las colonias bacterianas en cada dilución (Benítez et al., 2007).

Hongos rizosféricos

De manera similar que en las bacterias rizosféricas, se realizaron diluciones seriadas y agregándose 0,7 ml a partir de la muestra de 30 g tomados de cada una de las secciones de la rizosfera de cada dilución en agar papa dextrosa (PDA) (Alpha Biosciences®) (Benítez et al., 2007). La siembra se realizó por triplicado, incubando a temperatura ambiente y alternando 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad.

Filósfera

Aislamiento de bacterias epifíticas

La metodología desarrollada para el aislamiento de las bacterias epifíticas (Lindow y Brandl, 2003), se realizó en las secciones del ápice, zona media y basal de las hojas colectadas. Se efectuó la desinfección superficial con agua por 5 min. para eliminar todos los residuos de suelo. Seguido, a cada sección se le agregó 10 ml de agua peptonada y se homogenizó durante 1 min a 200 rpm (Stomacher Seward®). A partir de la solución en agua peptonada, se prepararon diluciones seriadas (10^{-1} a 10^{-7}) de cada sección foliar (apical, media y basal) (Ávila et al., 2014), de las cuales se tomaron alícuotas y se



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

inocularon en agar tripticasa soya (TSA) para el aislamiento de bacterias totales, y se incubaron a 28° C por 72 horas.

Aislamiento de hongos endófitos

Para el aislamiento de hongos endofíticos, se seleccionó hojas sanas y cada sección de la hoja fue cortada en cuadrados de 2x2 mm, las secciones de tejido vegetal se colocaron en agar papa dextrosa (PDA), se incubaron a 28° C (Schulz et al., 2002), expuestos a 16 horas luz y 8 horas de oscuridad. A medida que se iba observando crecimiento fúngico, se tomaron puntos de hifas para realizar microcultivos, para luego su identificación taxonómica.

Espermósfera

Aislamiento de bacterias y hongos

Para el aislamiento de bacterias y hongos en la semilla, se pesaron 100 g de semillas de arroz a los que se les agregó 200 ml de agua destilada estéril. Luego, se colocaron en un Stomacher (400 circulator) y se agitaron por 10 minutos. Con el agua decantada se procedió a realizar diluciones seriadas de 1×10^{-1} a 1×10^{-7} , se hicieron esparcidos en agar tripticasa soya y agar papa dextrosa, y se incubaron a 30° C por 24 horas.

Pruebas de antagonismo

Las pruebas de antagonismo consistieron en enfrentamientos duales entre los microorganismos autóctonos aislados de la rizósfera, filósfera y espermósfera contra los fitopatógenos *B. glumae* y *P. oryzae*, con la finalidad de cuantificar la posible inhibición del crecimiento de los microorganismos patógenos. La prueba de antagonismo *in vitro* se basó en la metodología de Alviz et al. (2017) con modificaciones menores y consistió en enfrentamientos duales entre la cepa de *B. glumae* y los microorganismos aislados.

Se realizaron observaciones del crecimiento y formación de halos de inhibición sobre el medio inoculado con *B. glumae* el segundo, quinto y octavo día, midiendo el diámetro (mm) de las zonas de inhibición de crecimiento alrededor de la gota de las cepas bacterianas. La presencia de halos de inhibición en dos de las tres réplicas fue considerada como una respuesta cualitativa antagónica entre cepas (Mora-Cristancho et al., 2009). Se



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

calculó el potencial antagonista, sustrayendo el diámetro del halo de inhibición del diámetro de la colonia del posible antagonista (Astorga-Quirós et al., 2014). La presencia de halos de inhibición \geq a 4 mm de diámetro, fueron considerados como antagonistas significativos para los patógenos evaluados.

Las mediciones para considerar se tomaron en cuenta a partir del tercer, quinto y octavo día posterior a la siembra, calculando el índice de inhibición:

$$\text{PICR} = \frac{R1 - R2}{R1} \cdot 100$$

Donde R1 es el radio mayor equivale al radio patógeno-testigo y R2 es el radio menor equivale al radio del patógeno en cultivo dual (Astorga-Quirós et al., 2014). El criterio seleccionado para determinar el potencial antagónico según el porcentaje de inhibición fue tomado de Benitez et al. (2007).

Identificación de microorganismos

Para la identificación de las bacterias con capacidad antagónica frente a *B. glumae*, se utilizó el sistema de identificación bioquímica API (API 20 E y uno de API 50 CH) Biomereux®. Se consideró como antagonista significativo, aquellas cepas con halo de inhibición \geq a 4 mm de diámetro. Los cultivos monospóricos fueron identificados con ayuda de las claves taxonómicas (Watanabe, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de suelo tomadas para el análisis fisicoquímico revelaron un porcentaje de materia orgánica 1,04, un pH 5,80 y una composición de arena-limo-arcilla de 70-8-12%, respectivamente (Cuadro 1). El contenido de materia orgánica es considerado bajo de acuerdo con los parámetros de Villarreal y Name (1996) para este tipo de suelo. A pesar de un pH ácido, el contenido de aluminio reportado de 0,40 Cmol/kg y la saturación 4,35 (valores considerados bajos, Villarreal y Name, 1996) genera una baja toxicidad y contribuye a que la acidez favorezca la prevalencia de bacterias del género *Bacillus* (Calvo y Zúñiga, 2010) y de los hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Kavanagh, 2005).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En las tres secciones (rizósfera, filósfera y espermósfera) se aislaron un total de 400 bacterias y 180 hongos. De estos aislados se recuperaron 25 bacterias que presentaron actividad antagonista contra *B. glumae* y 11 hongos contra *P. oryzae*. La presencia de halos de inhibición \geq a 4 mm de diámetro, fueron considerados como antagonistas significativos para los patógenos evaluados. En la rizosfera se obtuvieron 317 aislamientos de bacterias y 10 antagonistas, para la filósfera 18 aislamientos y 10 antagonistas y en la espermósfera se obtuvo 65 aislamientos y 5 antagonistas (Figura 1).

Cuadro 1. Análisis fisicoquímico del suelo.

| ELEMENTOS | | | | | | |
|----------------|---------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------|----------------------|
| parámetro | <i>P</i> (mg/l) | <i>K</i> (mg/l) | <i>Ca</i> (Cmol/kg) | <i>Mg</i> (Cmol/kg) | | |
| Resultado | 17,00 | 79,00 | 6,80 | 1,80 | | |
| Interpretación | Bajo | medio | alto | alto | | |
| Parámetro | <i>Al</i> (Cmol/kg) | <i>Mn</i> (mg/l) | <i>Fe</i> (mg/l) | <i>Zn</i> (mg/l) | <i>Cu</i> (mg/l) | |
| Resultado | 0,40 | 105,30 | 128,00 | 2,00 | 5,00 | |
| Interpretación | bajo | alto | alto | bajo | medio | |
| RELACIONES | | | | | | |
| Parámetro | <i>Ca/Mg</i> | <i>(Ca+Mg)/K</i> | <i>K/Mg</i> | <i>Mg/K</i> | <i>Ca/K</i> | |
| Resultado | 3,78 | 42,57 | 0,11 | 8,91 | 33,66 | |
| Interpretación | normal | Fuera de rango | fuera de rango | Normal | fuera de rango | |
| Parámetro | <i>CICE</i> | <i>Saturación Al</i> | <i>K/CICE</i> | <i>Ca/CICE</i> | <i>Mg/CICE</i> | <i>Sat. De bases</i> |
| Resultado | 9,20 | 4,35 | 2,20 | 73,90 | 19,56 | 95,65 |
| Interpretación | bajo | bajo | medio | alto | | |

En relación con los hongos, en la rizosfera se aislaron 112 y 6 presentaron actividad antagonista, en la filósfera se obtuvieron 68 aislamientos y 5 antagonistas; a partir de la espermósfera no se obtuvo aislamientos fúngicos (Figura 2).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

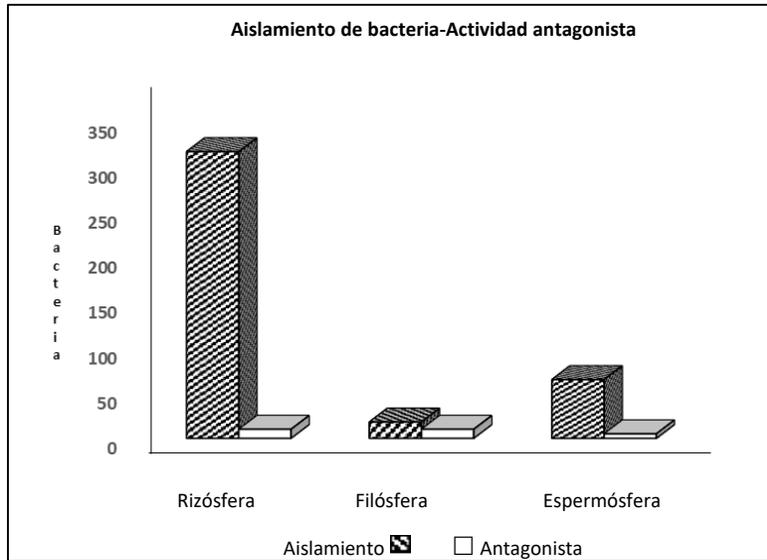


Figura 1. Aislamiento de bacterias con actividad antagónica en rizósfera, filósfera y espermósfera.

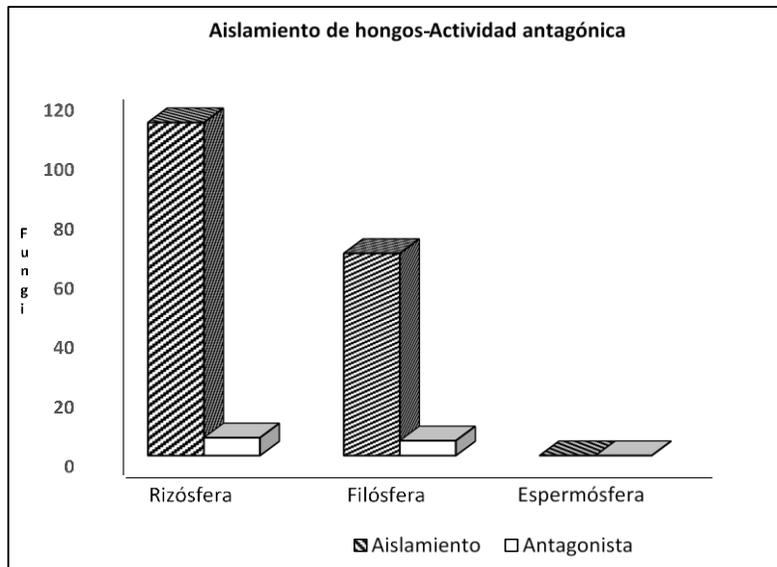


Figura 2. Aislamiento de hongos con actividad antagónica en rizósfera, filósfera y espermósfera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En un análisis de conglomerado se observó que existe una correlación más cercana entre las bacterias de la espermosfera, los hongos de la filósfera y los hongos de la rizósfera. Sin embargo, parece no existir una correlación de estos tres antes mencionados con las bacterias de la rizósfera y muy débil correlación con las bacterias de la filósfera. (Figura 3).

En concordancia con lo expuesto por Jaramillo (2002), se aislaron mayor cantidad de bacterias en la rizósfera, debido a que esta área es rica en nutrientes y que en el suelo analizado no se aplican agroquímicos, lo cual incrementa su número, pues los suelos agrícolas que están sometidos a la mecanización continua, al monocultivo, al riego, a la aplicación de agroquímicos y fertilizantes de síntesis, a la compactación y a las quemadas, tienen una flora microbiana muy baja que afecta su fertilidad, lo que tiene un impacto en la obtención de posibles microorganismos antagonistas contra patógenos.

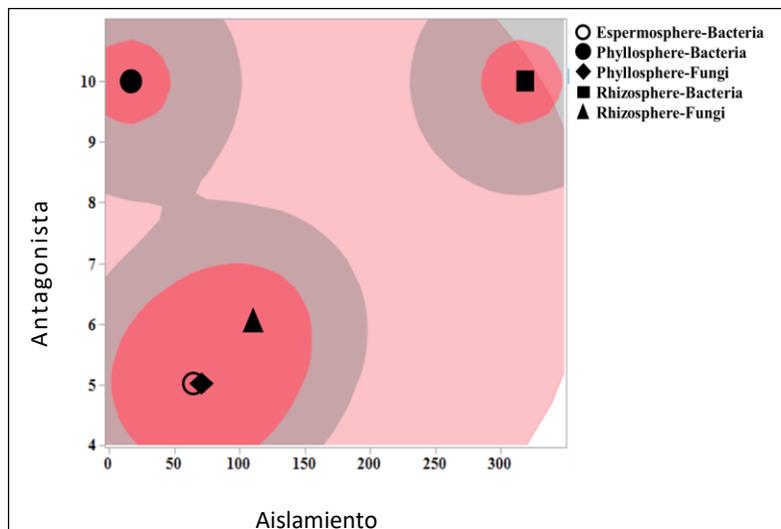


Figura 3. Análisis de conglomerado del número de aislamientos y actividad antagonista de la rizósfera, filósfera y espermosfera.

Mientras tanto en el área de la espermosfera y filósfera se obtuvieron menos bacterias; lo que se sustenta en que la espermosfera es una zona de influencia de la semilla que produce exudados que pueden inhibir la actividad y crecimiento de las poblaciones autóctonas del suelo (Newman, 1985; García et al., 1995). Luego cuando la planta



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

desarrolla el sistema radical (rizosfera) se producen sustancias que permiten mantener las interacciones con la población microbiana que originalmente colonizó la semilla al germinar (Hiejnen y van Veen, 1991). En la filósfera, las bacterias epífitas se desarrollan en un ambiente muy hostil, básicamente a expensas de los pocos nutrientes que exuda la planta (Hajek, 2007).

En la rizósfera se aislaron en total 317 bacterias a partir de las tres secciones de esta (Exorrizosfera 106, raíz 105 y suelo rizosférico 106) de las cuales 110 corresponden a la fase vegetativa, 122 a la floración y 85 a la fructificación. Entre las tres secciones de la rizósfera en cuanto al aislamiento de bacterias, no se observaron diferencias, lo que está en concordancia con el concepto de rizocenosis, es decir la asociación de las raíces con los microorganismos del suelo (Jaramillo, 2002), estableciendo que la zona de la rizósfera brinda las condiciones adecuada para el crecimiento de los microorganismos, pudiendo establecer una bioprospección efectiva en cualquiera de las tres partes de la rizósfera. Los principales grupos de microorganismos son 10 a 100 veces más abundantes en la rizósfera que en el suelo adyacente, debido a que las sustancias que se producen en ella estimulan su crecimiento, además la microflora de la rizósfera protege la raíz contra patógenos del suelo y produce cantidades considerables de sustancias estimulantes del crecimiento vegetal como ácido indolacético, giberelinas y citocininas (Jaramillo, 2002).

En cuanto a los estados fenológicos evaluados no se observaron diferencias significativas entre los mismos en relación con el número de aislamientos totales, lo que sugiere que las poblaciones de bacterias del suelo dependen fundamentalmente de la composición de los mismos, la materia orgánica, el pH, el agua y la disponibilidad de oxígeno y no parecen guardar relación con la fenología de la planta, lo que sugiere que, a lo largo del crecimiento de la misma, es posible aislar bacterias benéficas.

Podemos señalar, que la presencia de bacterias autóctonas aisladas de la rizósfera del arroz está influenciada, por los parámetros fisicoquímicos del suelo muestreado. La parcela evaluada en este trabajo presentó un pH de 5,8 considerado como moderadamente ácido, sin embargo, permite el desarrollo de bacterias en la rizósfera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Estudios indican que en suelos con pH de 5,6 la mayoría de los microorganismos beneficiosos para los cultivos existen y sus enzimas son activas (Calvo et al., 2008). Los aislamientos bacterianos derivados de esta investigación, se ajustan a los resultados obtenidos por Calvo y Zuñiga (2010), quienes observaron que el 100% de las cepas aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*), a pH 4 y 5,5 crecieron bien, lo que muestra una buena adaptación de las bacterias rizosféricas a suelos de pH ligera a moderadamente ácidos.

Las diez cepas identificadas reunían las características de antagonistas al presentar un diámetro de halo de inhibición mayor o igual a 4 mm (Cuadro 2), las cuales fueron identificadas taxonómicamente dentro del género *Bacillus*, de alta presencia en la rizósfera de diversos cultivos debido a su capacidad de formación de esporas que le confiere ventajas de supervivencia en la rizósfera (Calvo y Zúñiga 2010). Se puede deducir, que suelos con un pH ligera o moderadamente ácido, no limitan la presencia y crecimiento de este género. Como indican estudios previos en suelos ácidos, se ha demostrado la presencia activa de especies de *Bacillus* (Nishijima et al., 2005).

Cuadro 2. Bacterias antagonistas aisladas de la rizosfera con actividad antagonista contra *B. glumae*.

| Fase | Sección | Dilución | Microorganismo | Cepa |
|------------|------------|------------------|--------------------------------|---------------------------|
| vegetativa | Suelo | 10 ⁻⁴ | <i>Bacillus</i> sp. | BS10 ⁻⁴ 1,1 |
| floración | suelo+raíz | 10 ⁻³ | <i>Bacillus</i> sp. | 1.BSR10 ⁻³ 2,1 |
| floración | suelo+raíz | 10 ⁻³ | <i>Bacillus subtilis</i> | BSR10 ⁻³ 2,1 |
| maduración | suelo+raíz | 10 ⁻⁴ | <i>Bacillus</i> sp. | BSR10 ⁻⁴ 1,1 |
| maduración | suelo+raíz | 10 ⁻³ | <i>Bacillus cereus</i> | BSR10 ⁻³ 1,1 |
| vegetativa | Raíz | 10 ⁻⁷ | <i>Bacillus</i> sp. | BR10 ⁻⁷ 1,1 |
| floración | suelo+raíz | 10 ⁻³ | <i>Bacillus</i> sp. | RS+R10 ⁻³ 2,1 |
| maduración | Raíz | 10 ⁻⁴ | <i>Bacillus cereus</i> | BR10 ⁻⁴ 1,2 |
| vegetativa | Raíz | 10 ⁻⁴ | <i>Bacillus</i> sp. | BR10 ⁻⁴ 2,1 |
| floración | Raíz | 10 ⁻⁶ | <i>Lactobacillus plantarum</i> | RR10 ⁻⁶ 1,1 |

Se puede observar que el predominio y la distribución del género *Bacillus* en los estados fenológicos y las partes de la rizósfera, sugieren la ubicuidad de esta bacteria para



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

cualquiera de estos sitios (Figura 4 y 5), coincidiendo con lo descrito para este género en relación con la característica de poseer mecanismos para asegurar su sobrevivencia ante condiciones físicas desfavorables. Bajo estas condiciones *Bacillus* sp. inicia una serie de respuestas; si estas respuestas fallan para poder mantenerse en estado vegetativo se induce la esporulación (Petersohn et al., 2001). La habilidad de las especies de *Bacillus* de formar endosporas altamente resistentes les da una ventaja competitiva muy importante en un ambiente como el suelo (Stephens, 1998), lo que fundamenta su amplia distribución y garantiza la permanencia en el suelo rizosférico, lo que se sustenta en su amplia capacidad metabólica.

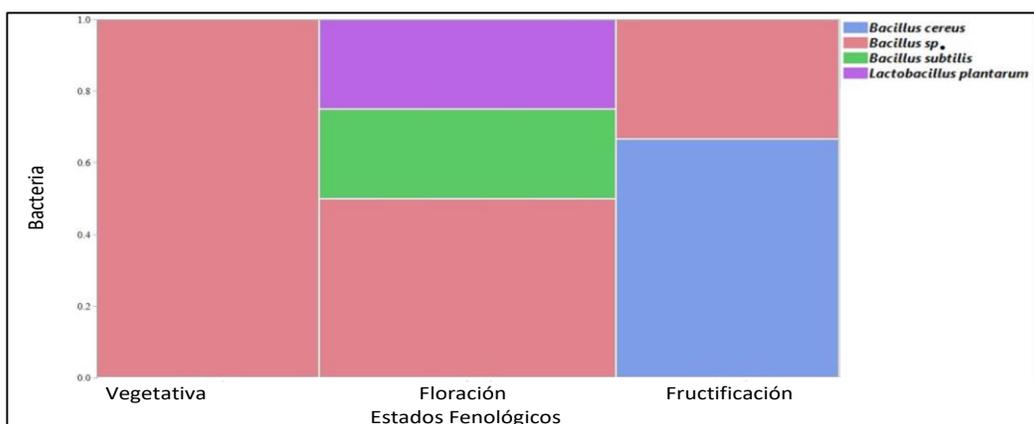


Figura 4. Distribución del género *Bacillus* en los estados fenológicos de la planta de arroz. También se señala la distribución de *B. cereus*, *B. subtilis* y *L. plantarum*.

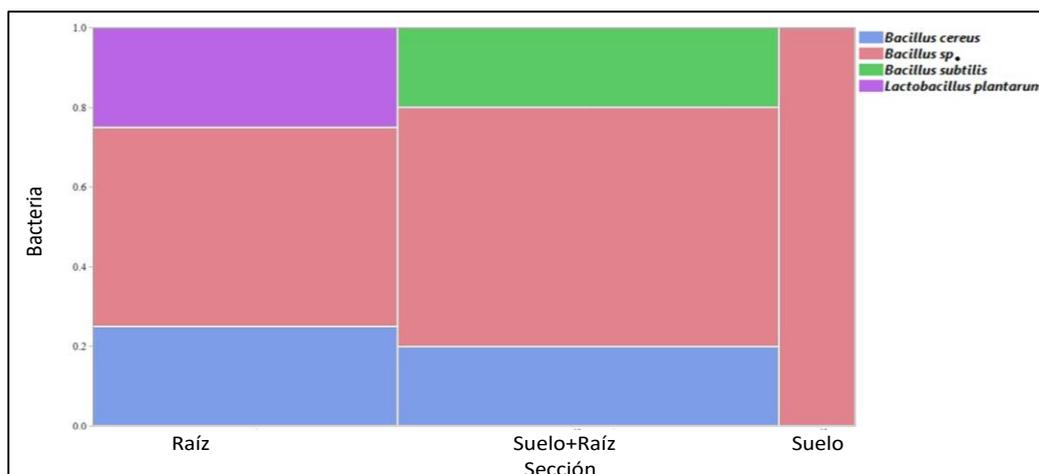


Figura 5. Distribución del género *Bacillus* en las tres secciones de la rizósfera de la planta de arroz. También se incluye *B. cereus*, *B. subtilis* y *L. plantarum*.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las bacterias del género *Bacillus* son consideradas las más eficaces para controlar enfermedades foliares y de las raíces, según Badía et al. (2011). Dada la diversidad genética en el género *Bacillus*, tanto en el suelo como en la rizósfera, se considera a estos microorganismos como colonizadores eficaces. Los miembros de este género tienen un gran potencial para su uso en la agricultura. Muchas cepas tienen la capacidad de producir metabolitos antimicrobianos para el control de patógenos.

El empleo de la rotación de cultivos con alta producción de residuos posibilita el aumento de la biomasa y una mayor actividad microbiana. Además, la calidad de los residuos influye sobre su velocidad de descomposición y sobre la composición de la comunidad microbiana que actúa en este proceso. De esta forma, sistemas de manejo del suelo con diferentes métodos de preparación y diferentes cultivos, resultan en ambientes totalmente distintos. Por esta razón, conociendo que la microbiota afecta directa e indirectamente la producción agrícola, la evaluación de este componente del suelo resulta importante para darle al mismo, un manejo adecuado buscando su conservación y productividad (Villarreal y Name, 2003).

Se realizó un enfrentamiento dual entre el patógeno *B. glumae* y los antagonistas del género *Bacillus* sp. y se observó la presencia de un halo de inhibición superior a 4 mm. Lo que demostró una gran diversidad de especies del género *Bacillus* con actividad antagónica contra diversos microorganismos fitopatógenos de cultivos agrícolas, tales como maíz, arroz, frutales, entre otros (Villarreal-Delgado et al., 2018). El estudio de esta capacidad de *Bacillus* se inició por el descubrimiento de la actividad insecticida de las proteínas Cry producidas por *B. thuringiensis*; en la actualidad diversas especies del género *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. amyloliquefaciens* y *B. licheniformis*) son ampliamente investigadas para mitigar la incidencia de enfermedades de importancia agrícola.

En relación con los hongos de la rizósfera, se determinó que no existieron diferencias significativas entre los estados fenológicos y las secciones de la rizósfera, en cuanto al número de aislamientos totales de hongos, lo cual coincidió con lo observado en bacterias, sugiriendo que las condiciones del suelo son el factor para tomar en cuenta en



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

relación con los aislamientos. Se obtuvieron cinco hongos antagonistas contra *P. oryzae*: *Aspergillus* sp., *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Penicillium* y *Trichoderma* sp. (este cultivo monospórico presentó el mayor porcentaje de inhibición de crecimiento radial, 56,87%). En promedio las cepas del género *Trichoderma* inhibieron el crecimiento de *P. oryzae* (Figura 6) en un 60% a los 8 días de observación. Según Pérez et al. (2018) el antagonismo de *Trichoderma harzianum* sobre *Pyricularia grisea*, a las 96 h la cepa alcanzó un PICR del hongo fitopatógeno de 93,1 % y a partir de las 120 h se alcanzó un 100% de capacidad antagonista.

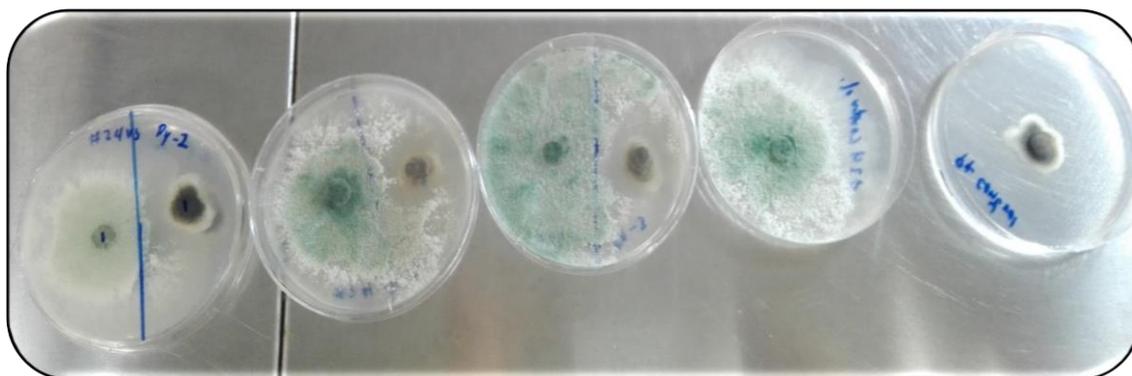


Figura 6. Prueba de antagonismo *in vitro* *Trichoderma* spp. vs *P. oryzae*. Observación a los 5 días. De izquierda a derecha: Réplica 1, Réplica 2, Réplica 3; Control 1; Control 2. *Trichoderma* sp. a la derecha y *P. oryzae* a la izquierda.

Se puede inferir que los mecanismos de acción de las cepas de *Trichoderma* spp., aisladas de la rizósfera del arroz son por competencia y micoparasitismo, posiblemente al aprovechar los nutrientes del medio de cultivo más eficientemente por contar con una velocidad de crecimiento mayor. De acuerdo con Infante et al. (2009), señalan que *Trichoderma* está biológicamente adaptado para una colonización agresiva de los sustratos y en condiciones adversas para sobrevivir, fundamentalmente, en forma de clamidosporas.

La alta velocidad de crecimiento, abundante esporulación y la amplia gama de sustratos sobre los que puede crecer, debido a la riqueza de enzimas que posee, hacen que sea muy eficiente como saprófito y aún más como agente de control biológico. Este hongo prevaleció en fase fenológica de maduración, sobre los otros hongos antagonistas



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

aislados (fase de floración) no hubo aislamientos de hongos antagonistas contra *P. oryzae* en la fase fenológica vegetativa (Figura 7). Lo cual pudiera explicarse tomando en cuenta que en la etapa de vegetativa predomina la presencia de follaje, lo cual no es ambiente propicio para la presencia de hongos, esto explica el ataque de *P. oryzae* después de los 40 días (inicio del primordio floral para variedades de ciclo corto) lo cual implica que los antagonistas al igual que el patógeno incrementan su presencia después de estos 40 días (fase de floración y fructificación), aquí también juegan un papel importante las condiciones ambientales (Cruz et al., 2016).

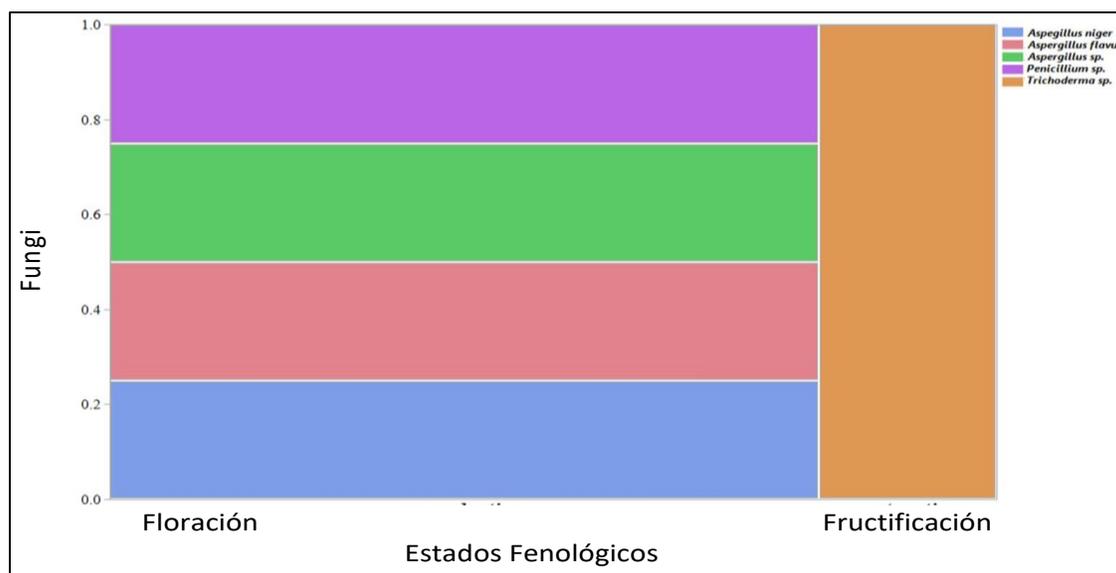


Figura 7. Distribución de hongos antagonistas contra *P. oryzae* en los estados fenológicos de arroz. Puede observarse el predominio de *Trichoderma* sp. en la fase de maduración.

En cuanto a la distribución de los antagonistas en las diferentes secciones de la rizósfera, se presentó una prevalencia de *A. niger*, *A. flavus* y *Penicillium* sp. en la parte de suelo+raíz, mientras que en el suelo rizósferico predominó *Trichoderma* sp. y *Aspergillus* sp. Las especies de *Trichoderma* tienen la particularidad de que crecen cerca de las raíces de las plantas y las protegen contra el ataque de otros hongos, siendo sus hifas una barrera física e incluso son micoparásitos importantes. En el caso de *Penicillium* produce antibióticos que protegen la naranja (Helyer et al., 2014) y brindan protección contra el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

patógeno foliar *Botrytis cinerea* (Hajek, 2007). En cuanto al género *Aspergillus* se ha reportado su actividad antagonista contra *Moniliophthora roreri* (Suarez y Rangel, 2013).

Es interesante destacar que el género *Bacillus* sp. es clave en la protección contra *B. glumae* en los tres estados fenológicos de la planta de arroz (predominante en la fase vegetativa), mientras que en la fase de floración y fructificación brindan protección tanto hongos como bacterias antagonistas contra *B. glumae* y *P. oryzae*, respectivamente (Figura 8). El género *Bacillus*, es muy útil como control biológico aplicado al suelo o añadido durante el trasplante y es capaz de suprimir tanto en la raíz como en el suelo a patógenos tales como: *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia* y *Sclerotinia* sp. e incluso se puede aplicar directamente a la semilla para protegerla de patógenos del suelo como *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Helyer et al., 2014).

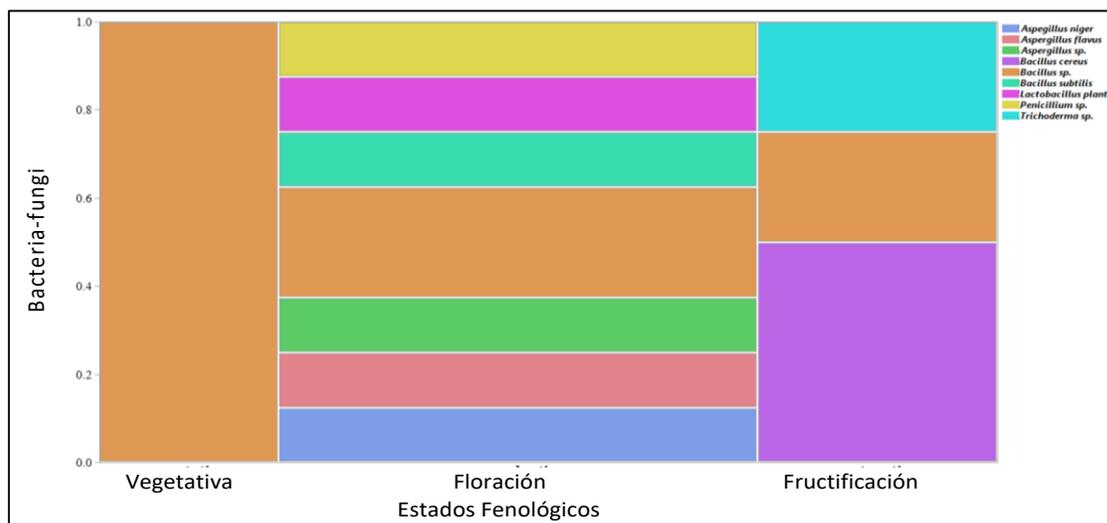


Figura 8. Distribución por estados fenológicos de bacterias y hongos antagonistas aislados en el cultivo de arroz.

En la filósfera, se lograron aislar 10 bacterias antagonistas contra *B. glumae*, todas del género *Bacillus* sp. (ver tabla 3), el cual ha sido reportado como controlador biológico y como supresor de varios fitopatógenos foliares entre ellos *Botrytis* sp., así como de otros hongos (Helyer et al., 2014).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cabe destacar la ubicuidad del género *Bacillus* sp. en todas las partes de la hoja de arroz, lo que sugiere su presencia a lo largo del ciclo biológico y su capacidad de brindar protección en todo momento contra patógenos foliares, lo cual plantea una alternativa a los agroquímicos (Figura 9). La presencia de las endosporas refuerza su papel dormante a través de largos períodos de tiempo (Islam et al., 2016), lo que influye notablemente en su capacidad bioprotectora, en este sentido, es interesante su presencia tanto en la fase vegetativa, así como de floración lo que contribuiría a la defensa de la planta en esta etapa de crecimiento (Figura 10).

Cuadro 3. Bacterias aisladas de la filósfera con actividad antagonista contra *B. glumae*. Los aislamientos corresponden a tres estados fenológicos y tres partes de la hoja.

| <i>Microorganismo</i> | <i>Etap</i> | <i>Sección</i> | <i>Dilución</i> | <i>Cepa</i> |
|--------------------------|-------------|----------------|------------------|-------------|
| <i>Bacillus subtilis</i> | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻³ | Cepa-3 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻³ | Cepa-10 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Floración | Ápice | 10 ⁻² | Cepa-6 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻¹ | Cepa-8 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Base | 10 ⁻¹ | Cepa-2 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻³ | Cepa-4 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Floración | Base | 10 ⁻¹ | Cepa-9 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Media | 10 ⁻³ | Cepa-7 |
| <i>Bacillus cereus</i> | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻¹ | Cepa-1 |
| <i>Bacillus</i> sp. | Vegetativa | Ápice | 10 ⁻³ | Cepa-5 |

En cuanto a los hongos antagonistas contra *P. oryzae*, aislados de la filósfera, se lograron obtener cinco aislamientos (Cuadro 4). La distribución de los hongos antagonistas ha comprendido los tres estados fenológicos de la planta, de igual se presentaron antagonistas fúngicos en todas las partes de la hoja de arroz. Sin embargo, hay que señalar que la temperatura de la hoja puede alterar tanto incidencia como la abundancia de hongos, incluyendo a los potenciales patógenos (Cordier et al., 2012), lo cual es un factor clave para la distribución de los posibles antagonistas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

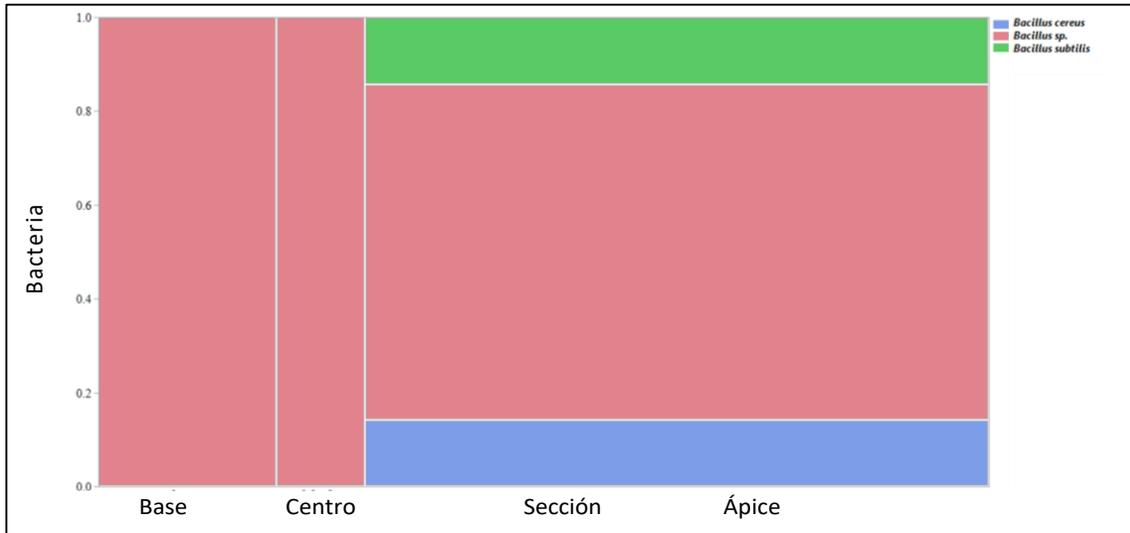


Figura 9. Distribución de antagonistas del género *Bacillus* en las secciones de la hoja de arroz contra *B. glumae*.

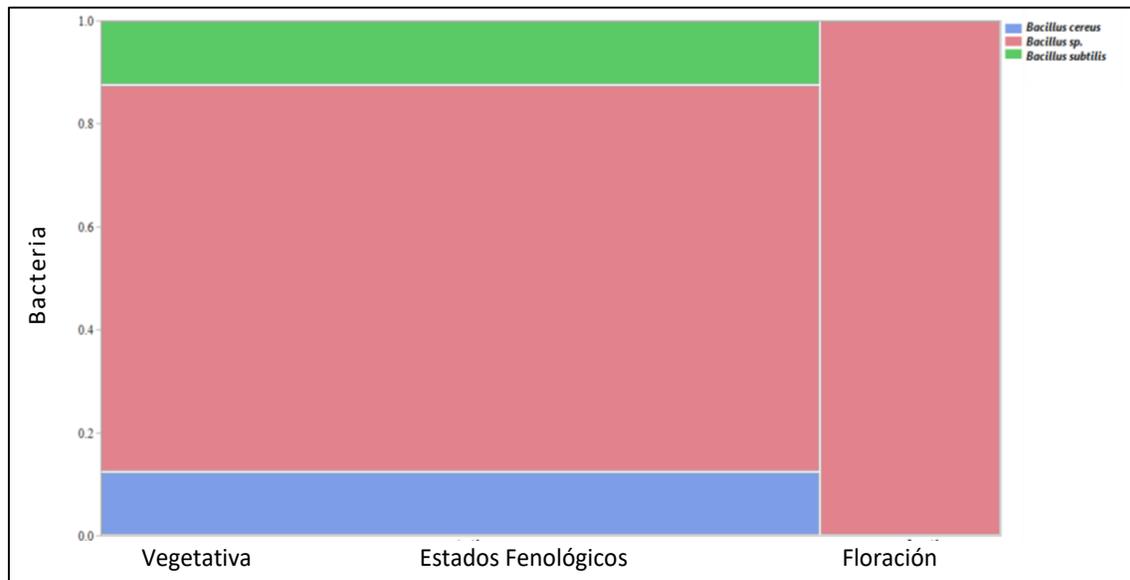


Figura 10. Distribución fenológica de antagonistas del género *Bacillus* en la filósfera del arroz contra *B. glumae*.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 4. Hongos aislados de la filósfera con actividad antagonista contra *P. oryzae*.

| Estado Fenológico | Sección | Fungi |
|-------------------|---------|---------------------------|
| Floración | base | <i>Aspergillus flavus</i> |
| Vegetativa | centro | <i>Aspergillus niger</i> |
| Fructificación | base | <i>Fusarium</i> sp. |
| Vegetativa | ápice | <i>Penicillium</i> sp. |
| Fructificación | base | <i>Trichoderma</i> sp. |

En relación, a la espermósfera se aislaron cinco bacterias con actividad antagonista contra *B. glumae*: *Bacillus pumillus*, *Bacillus licheniformis*, *Brevibacillus bortelensis*, *Bacillus subtilis* y *Aeromonas hidrofila*. Interesantemente se presentó un predominio del género *Bacillus* sp. Una vez más el género *Bacillus*, domina el microambiente de la espermósfera, lo que concuerda con lo señalado por Berg et al., 2014 en relación con su predominancia en climas secos, como es el caso de la costa pacífica de Panamá.

Se sugiere una amplia diversidad de bacterias y hongos como posibles antagonistas contra patógenos como *B. glumae* y *P. oryzae* (Figura 12), los cuales están presentes en los distintos estados fenológicos de la planta, así como es sus distintas zonas. Es notable la omnipresencia del género *Bacillus* en toda la planta de arroz, lo que refuerza su papel como antagonista fundamental para este cultivo. Aunque no se puede desconocer la importancia de los géneros *Penicillium*, *Aspergillus* y *Trichoderma*, lo que dependiendo de las condiciones ambientales y del manejo agronómico pueden representar una alternativa frente al uso de agroquímicos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

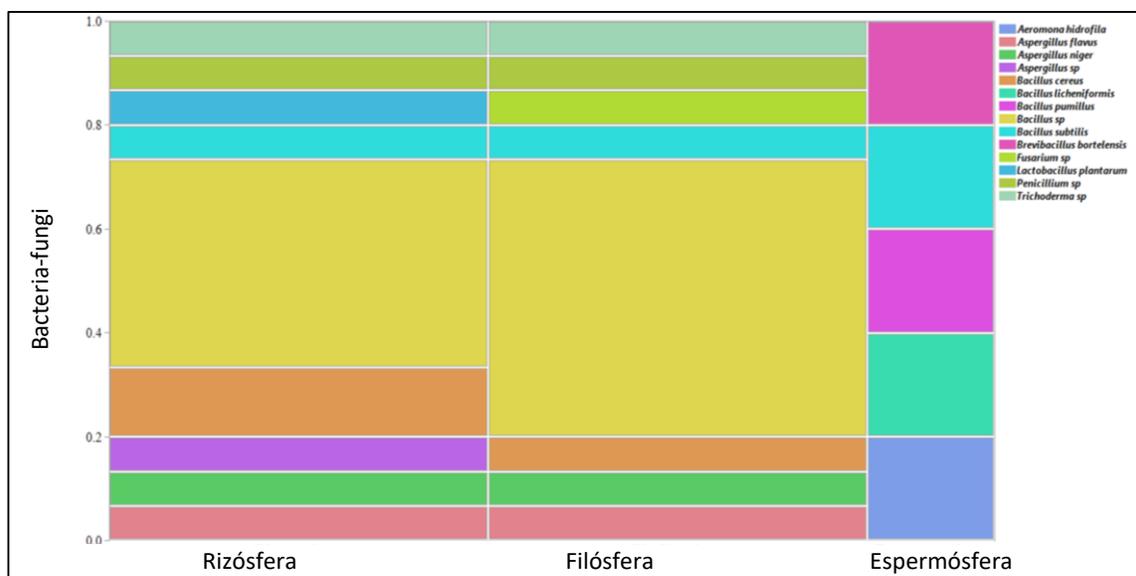


Figura 12. Distribución de antagonistas contra *B. glumae* y *P.oryzae* en el cultivo de arroz. La descripción incluye presencia de hongos y bacterias en la rizósfera, filósfera y espermósfera.

CONCLUSIONES

- Se aislaron hongos y bacterias determinando diferencias en el total de aislamientos para las variables fases fenológicas (vegetativa, floración, maduración), secciones de la rizósfera (sección suelo, sección raíz, interfase suelo+raíz), secciones de la filósfera (base, centro, ápice) y semillas (espermósfera).
- La mayor capacidad inhibitoria frente a *B. glumae* la presentaron las cepas del género *Bacillus*, así como *Lactobacillus plantarum*, *Brevibacillus borelensis*, *Aeromonas sp.*
- Las cepas fúngicas que mostraron actividad antagónica contra *P. oryzae*, corresponden a *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Trichoderma sp.* y *Fusarium sp.*



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REFERENCIAS

- Acebo, Y., Hernández, A., Rives, N., Velásquez, M., y Hernández-Lauzardo, A. (2011). Perspectivas Del Uso De Bacterias Rizosféricas en el control de *Pyricularia grisea* (Cooke Sacc.) En el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(1), 16-22. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-34752011000100003
- Alviz M, L., Pérez G, A., y Pérez-Cordero, A. (2017). Efecto inhibitorio de compuestos tipo metabolitos de bacterias endófitas contra *Colletotrichum gloeosporioides* y *Burkholderia glumae*. *Revista Colombiana De Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 18-25. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.nS.2017.516>
- Astorga-Quirós, K., Meneses-Montero, K., Zúñiga-Vega, C., Brenes-Madriz, J. A., y Rivera-Méndez, W. (2014). Evaluación del antagonismo de *Trichoderma* sp. y *Bacillus subtilis* contra tres patógenos del ajo. *Revista Tecnología En Marcha*, 27(2), 82-91. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i2.1929>
- Ávila, C., Goretti, R., y Lizcano, T. (2014). Aislamiento de *Trichoderma* sp., en las unidades productivas agrícolas del Centro de Formación Agroindustrial La Angostura de Campoalegre (Huila). *Revista Agropecuaria Y Agroindustrial La Angostura*, 1(1), 15-20. <https://revistas.sena.edu.co/index.php/raaa/article/view/145>
- Badía, M., Hernández, B., Murrel, J., Mahillon, J., y Pérez., M. (2011). Aislamiento y Caracterización de Cepas de *Bacillus* asociadas al cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.). *Revista Brasileira de Agroecología*, 6(1), 90-99. https://orprints.org/id/eprint/23097/1/Bad%C3%ADa_Aislamiento.pdf
- Benitez, S., Bentley, J., Bustamante, P., Sánchez, L., y Corrales, L. (2007). Aislamiento de los microorganismos cultivables de la rizósfera De *Ornithogalum umbellatum* y evaluación del posible efecto biocontrolador en dos patógenos del suelo. *NOVA*, 5(8), 147-153. <https://doi.org/10.22490/24629448.383>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Berg G., Grube, M., Schloter, M., y Smalla, K. (2014). Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives. *Front Microbiol.* 5,148. doi: 10.3389/fmicb.2014.00148 PMID: [24926286](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24926286/); PMCID: [PMC4045152](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/PMC4045152/); [Unraveling the plant microbiome: looking back and future perspectives - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24926286/)
- Calvo, P., Meneses, L., y Zúñiga, D. (2008). A study of potato (*Solanum tuberosum*) crop rhizosphere microbial population in highland zones. *Ecología Aplicada*, 7(1,2), 141-148.
- Calvo, P., y Zúñiga D. (2010). Caracterización fisiológica de cepas de *Bacillus* spp. aisladas de la rizósfera de papa (*Solanum tuberosum*). *Ecología aplicada*, 9,(1), 31-39. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162010000100004&script=sci_arttext&tlng=en
- Chanway, C., y Nelson, L. (1991). Tissue culture bioassay for plant growth promoting rhizobacteria. *Soil Biology and Biochemistry*, 23,(4), 331-333. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(91\)90187-O](https://doi.org/10.1016/0038-0717(91)90187-O)
- Cordier, T., Robin, C., Capdevielle, X., Fabreguettes, O., Desprez, M., y Vacher, C. (2012). The composition of phyllosphere fungal assemblages of European beech (*Fagus sylvatica*) varies significantly along an elevation gradient. *New Phytologist.*, 196(2), 510–519. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2012.04284.x>
- Correa, F., Pérez, C., y Saavedra, E. (2007). Añublo bacterial de la panícula del arroz. *Revista Arroz*, 57(468), 26-32.
- Mora-Cristancho, J., Zea, S., y Gil-Agudelo, D. (2009). Actividad Antagónica entre Bacterias Epibióticas Aisladas de Esponjas Marinas del Caribe Colombiano y su Relación con la Macroepibiosis. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, 38(1), 25-38. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-97612009000100002



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Cruz, M. F. A., Ríos, J. A., Araujo, L., y Rodríguez, F. Á. (2016). Infection process of *Pyricularia oryzae* on the leaves of wheat seedlings. *Tropical plant pathology*, 41(2), 123-127. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20163167418>
- Degrassi, G., Devescovi, G., Kim, J., Hwang, I., y Venturi V. (2008). Identification, characterization and regulation of two secreted polygalacturonases of the emerging rice pathogen *Burkholderia glumae*. *FEMS Microbiology Ecology*, 65(2), 251-262. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00516.x>
- García G., M. L., Sánchez-Yáñez, J. M., Peña-Cabriales, P., y Moreno, Z. (1995). Respuesta del maíz (*Zea mays L.*) a la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno. *Terra*, 17, 71-80.
- Heijnen, C. E., y Van Veen, J. A. (1991). A determination of protective microhabitats for bacteria introduced in soil. *FEMS. Microbiol. Eco.* 85(1), 73-80. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.1991.tb04699.x>
- Hajek, A. (2007). *Natural enemies*. Cambridge press.
- Helyer, N., Cattlin, N., y Brown, K. (2014). *Biological Control in plant protection*. Second edition. CRC press.
- Infante, D., Martínez, B., González, N., y Reyes, Y. (2009). Mecanismos de Acción de *Trichoderma* sp., Frente a Hongos Fitopatógenos. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 14-21. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522009000100002
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2009). Plan de Acción para la Competitividad de la Cadena de Arroz de Panamá: Hacia un Mecanismo de Reconocimiento de la Calidad. Plan de Acción para la Competitividad de la Cadena de Arroz de Panamá. San José, Costa Rica. <https://repositorio.iica.int/handle/11324/18962>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Islam, M., Rahman, M., Pandey, P., Jha, C., y Aeron, A. (2016). *Bacilli and Agrobiotechnology*. Springer.

Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Kavanagh, K. (2005). *Fungi Biology and applications* John Wiley & Sons. UK.

Leveau, J. H., y Lindow. S. E. (2001). "Appetite of an epiphyte: Quantitative monitoring of bacterial sugar consumption in the phyllosphere." *PNAS*, 98, 3446-3453.

<https://doi.org/10.1073/pnas.061629598>

Lindow, S., y Brandl, M. (2003). Microbiology of the phyllosphere. *Applied Environmental Microbiology*, 69(4), 1875-1883. [Lindow SE, Brandl MT.. Microbiology of the phyllosphere. Appl Environ Microb 69: 1875-1883 \(researchgate.net\)](#)

[Lindow SE, Brandl MT.. Microbiology of the phyllosphere. Appl Environ Microb 69: 1875-1883 \(researchgate.net\)](#)

Newman, E. (1985). The rhizosphere: carbon sources and microbial populations. En H. Fitter (Ed.). *Ecological interactions in soil plants, microbes and animals* (pp. 107-122). Blackwell Scientific Publ., Oxford, UK.

Nishijima, T., Toyota, K., y Mochizuki, M. (2005). Predominant culturable *Bacillus* species in Japanese Arable soils and their potencial as biocontrol agents. *Microbes and Environment*, 20, 61-68. <https://doi.org/10.1264/jsme2.20.61>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2018). *Portal del Suelos de La FAO*. <http://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Pérez, E., Bernal, A., Milanés, P., Sierra, Y., Leiva, M., Marín, S., y Monteagudo, O. (2018). Eficiencia de *Trichoderma harzianum* (cepa A-34) y sus filtrados en el control de tres enfermedades fúngicas foliares en arroz. *Bioagro*, 30(1), 17-26.

https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612018000100002



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Petersohn, A., Brigulla, M., Haas, S., Hoheisel, J., Lker, U., y Hecker, M. (2001). Global Analysis of the General Stress Response of *Bacillus subtilis*. *Journal of Bacteriology*, 183, 5617-5631. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11544224/>
- Quesada, A., y García., F. (2014). *Burkholderia glumae* in The Rice Crop in Costa Rica. *Agronomía mesoamericana*, 25(2), 371-381. <a15v25n2.pdf> (scielo.sa.cr)
- Rodríguez, J. (2016). *Magnaporthe oryzae*, Un Hongo de Difícil Control y de Efectos Devastadores en Nuestros Cultivos de Arroz. Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas UPM-INIA. Parque Científico y Tecnológico de la UPM. <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/158284-Magnaporthe-oryzae-hongo-dificil-control-efectos-devastadores-nuestros-cultivos-arroz.html>
- Schulz, B., Boyle, C., Draeger, S., Rommert, A., y Krohn, K. (2002). Endophytic fungi: a source of novel biologically active secondary metabolites. *Mycological research*, 106(9), 996-1004. <https://doi.org/10.1017/S0953756202006342>
- Suarez, L., y Rangel A. (2013). Isolation of microorganisms for biological control the *Moniliophthora roreri*. *Acta Agron*, 62(4), 370 – 378. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-28122013000400011&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Stephens, C. (1998). Bacterial sporulation: A question of commitment? *Current Biology*, 8, 45-48. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(98\)70031-4](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(98)70031-4)
- Valdez-Núñez, R., Ríos-Ruíz, W., Ormeño-Orillo, E., Torres-Chávez, E., y Torres-Delgado, J. (2020). Caracterización genética de bacterias endofíticas de arroz (*Oryza sativa* L). *Revista Argentina de Microbiología*, 52, 315-332. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.12.002>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Villarreal-Delgado, M. F., Villa-Rodríguez, E. D., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Parra-Cota, F. I., y de los Santos-Villalobos, S. (2018). El género *Bacillus* como agente de control biológico y sus implicaciones en la bioseguridad agrícola. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 36(1), 95-130. <https://www.rmfm.smf.org.mx/ojs/index.php/RMF/article/view/100>

Villarreal, J., y Name, B. (1996). *Técnicas analíticas del laboratorio de suelos*. IDIAP. Divisa, Herrera. Panamá. 126 pp.

Villarreal, J., y Name, B. (2003). Dinámica biológica y de nutrientes en un ultisol con diferente cobertura vegetal, Calabacito Panamá, 1990-1996. *Ciencia Agropecuaria*, 13, 59-80. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/333/271>

Watanabe, M. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi*. third edition.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

EROSIÓN HÍDRICA Y USO DE BARRERAS VIVAS EN EL CULTIVO DE PIÑA¹

José Isaac Mejía G.²; Edwin Valdés³; Germán De La Cruz⁴

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las pérdidas de suelo por erosión hídrica en el cultivo de piña, usando barreras vivas como prácticas de conservación de suelo, se realizó un experimento entre julio de 2016 y diciembre de 2017, en la comunidad de Las Yayas, distrito de la Chorrera; provincia de Panamá Oeste. El ensayo incluyó cuatro tratamientos con cuatro repeticiones: piña con hierba limón, piña con vetiver, piña en siembra convencional y suelo desnudo. Se instalaron parcelas experimentales bajo un diseño completo al azar, con pendiente de 10%; 11 m de largo y 1,8 m de ancho. Cada colector de escorrentía y sedimento se instaló en la parte inferior de la parcela para estimar la pérdida de suelo. El análisis de varianza mostró diferencias significativas ($P < 0,01$) en los tratamientos evaluados. La mayor tasa de erosión fluctuó entre $420 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en suelo desnudo y $75,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ bajo siembra convencional, superando el umbral de tolerancia de $11 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. En las parcelas donde se implementó el uso de las barreras vivas de hierba limón y vetiver, el impacto de la erosión hídrica fue menor con $6,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $8,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente. Los valores de erosión hídrica generados por las prácticas de preparación del terreno y manejo del cultivo de piña demuestran la necesidad de implementar el uso de barreras vivas, como una alternativa efectiva de conservación de suelos y aguas.

Palabras claves: Conservación de suelos, hierba limón, pérdida de suelo, umbral de tolerancia, vetiver.

¹Recepción: 12 de mayo de 2022. Aceptación: 11 de febrero de 2023. Investigación realizada con fondos del Proyecto de Investigación e Innovación en el cultivo de piña con prácticas ecológicas. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIARG). M.Sc. Manejo de Suelos y Aguas. e-mail: isaacmejia28@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-2554-435X>

³Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA). Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente. e-mail: edwin_valdez-9@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2754-3075>

⁴Universidad de Panamá. FCA. Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente.

e-mail: german080410@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9052-2176>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

WATER EROSION AND USE OF LIVING BARRIERS IN PINEAPPLE FIELDS

ABSTRACT

In order to evaluate the soil loss by water erosion in a pineapple crop, using live barriers as soil conservation practices, an experiment was conducted between July 2016 and December of 2017 in the community of Las Yayas, district of La Chorrera; province of Panama Oeste. The study included four treatments with four repetitions: pineapple with lemon grass, pineapple with vetiver, pineapple with conventional sowing and a bare soil. Experimental plots were installed under a complete random design, with average slope of 10%; 11 m long and 1,8 m wide. Runoff and sediment collectors were installed in the lower part of the plot to estimate soil loss. In relation to soil loss, the analysis of variance showed differences ($P < 0,01$) among treatments. The highest erosion rate fluctuated between $420 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ in bare soil and $75,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ under conventional sowing, exceeding the tolerance threshold for soil loss established in $11 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$. In plots with live barriers of lemon grass and vetiver, the impact of water erosion was lowest with $6,2 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ and $8,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively. The values of water erosion generated by land preparation practices and pineapple crop management demonstrate the need to implement the use of living barriers, as an effective alternative for soil and water conservation.

Key words: Soil conservation practices, lemon grass, soil loss, tolerance threshold, vetiver.

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es la causa más seria y frecuente en la degradación de los suelos, que puede ser acentuada por el cambio climático en las regiones tropicales. Esta situación se magnifica como resultado de la gran presión demográfica y la escasez de tierras agrícolas de primera calidad (Lal, 1993).

En la temporada lluviosa, el desprendimiento de sedimentos de la superficie del suelo es causado por el impacto de la gota de lluvia, la fuerza de arrastre del agua y la disolución de agentes cementantes del suelo a través de reacciones químicas (Foster et al., 1985; Lal, 2001). Estos sedimentos generados contribuyen a la colmatación de embalses, contaminación de las aguas superficiales y perjuicios en obras hidráulicas agua abajo (Carvalho, 2008).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

A nivel mundial, la tasa de erosión en los sistemas de producción convencional de piña se encuentran entre 348 y 16 Mg·ha⁻¹, la mayoría de los valores se presentan por encima de la erosión natural del suelo y del umbral de tolerancia de la pérdida de suelos (Abbasi y Jamal, 1999; Sakuma et al., 2002; Álvarez y Peña, 2013). En Tailandia, estudios por Putthacharoen et al. (1998) sobre la pérdida de suelo por erosión hídrica en cultivos como la yuca, la caña de azúcar y el frijol obtuvieron valores de 77, 47 y 31 Mg·ha⁻¹, respectivamente, durante 50 meses de evaluación bajo una pendiente de 7%.

Panamá no escapa a la realidad que conllevan los procesos de erosión hídrica y el impacto que tenemos es el acumulativo y creciente proceso de degradación en una superficie de 20787,57 km² que corresponden a un 27% del territorio nacional (Autoridad Nacional del Ambiente [ANAM], 2009). Por un lado, el estudio de evaluación mundial de la degradación de las tierras para América Latina y el Caribe (GLADA) estimó para Panamá una pérdida de suelos de 14 millones de toneladas por año, con un costo de 140 millones de dólares (10 dólares/ha/año), lo que representa el 0,9% del PIB (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2008; Morales, 2012).

La producción de piña en Panamá Oeste ha pasado de 74 toneladas en el 2002, a 47 toneladas en el 2017, debido al aumento en la densidad de siembra (60 mil plantas/ha), ubicando al distrito de La Chorrera entre los principales productores y exportadores de fruta fresca (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2017). Para el 2017, el rubro de piña fresca obtuvo un Valor FOB de 3,120 (por USD 1000) que corresponde al 2% de las exportaciones (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2018). Las expectativas son positivas y esperan que el incremento en los negocios de exportación hacia China, Estados Unidos, Europa y a otros mercados emergentes se mantengan y superen los pronósticos.

Trabajos realizados para determinar la pérdida de suelo indican que los métodos directos son importantes para el diseño y establecimiento de prácticas de control de la erosión, manejo de la sedimentación y contaminación del agua (Blanco y Lal, 2008). Por otra parte, estudios sobre la degradación del suelo (Mutchler et al., 1994; Lal, 2001), señalan que las parcelas experimentales de escorrentía son un método de evaluación



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

directa de la erosión hídrica, para obtener datos de pérdida de suelo y validar el modelo de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) en condiciones locales y en cultivos bajo pendientes.

En La Chorrera en el cultivo de piña, las hileras de siembra las realizan a favor de la pendiente, lo que favorece la erosión hídrica. En épocas de fuertes lluvias los impactos derivados de la erosión pueden ser críticos, ya que el sistema radicular de la piña (0,15 m a 0,30 m de profundidad), otorga al suelo una limitada cobertura vegetal (Gratacós, 1991). En este sentido, el implementar el uso de barreras vivas como el vetiver y hierba limón en el cultivo tradicional de piña, es una alternativa económica para disminuir los impactos de erosión hídrica y mejorar el rendimiento del cultivo. Por todo lo expuesto, la investigación planteó como objetivo: evaluar la pérdida de suelos por erosión hídrica en un sistema de producción comercial de piña MD-2.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre julio del 2016 y diciembre del 2017, en un sistema de producción de piña comercial con pendiente promedio de 10%, en la comunidad de Las Yayas Afuera, distrito de La Chorrera provincia de Panamá Oeste, entre las coordenadas UTM 17 P, 626357 m Este y 986795 m Norte, a una altura de 131 msnm.

Según el sistema de clasificación de Holdridge (2000), el sitio experimental se encuentra dentro de la zona de vida correspondiente al Bosque Húmedo Tropical (Tosi, 1971) con temperatura media anual entre 24° y 26° C, y una precipitación promedio anual entre 1850 mm y 3400 mm, distribuidos en siete meses, de mayo a noviembre (ANAM, 2009). Este clima presenta típicamente dos estaciones distintas, la temporada seca de enero a abril y la lluviosa, a partir de mayo a diciembre. La selección del área obedeció, primero, a la uniformidad del grado y longitud de la pendiente y, en segundo lugar, por el alto riesgo de erosión dentro del predio.

Para la caracterización morfológica del sitio donde se instaló el ensayo, se utilizó la metodología propuesta en el manual para la caracterización del suelo, según el Soil Survey Staff (2014) y para la clasificación del suelo en orden, suborden, grande grupo, subgrupo



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

y familia se realizó con la clave taxonómica del Soil Survey Staff (2010). Para ello se excavó una calicata a una profundidad de 1,60 m en condiciones naturales, se identificaron los horizontes genéticos y de diagnóstico, se tomaron cinco muestras para la clasificación taxonómica y se determinaron los parámetros físicos y químicos.

Velocidad de infiltración

Para la caracterización de la infiltración, se utilizó el método del doble anillo concéntrico (Musgrave, 1935) el cual es una técnica estándar para la medida directa de las tasas de infiltración del suelo (Johnson, 1991; Reynolds et al., 2002). Se realizaron tres lecturas para el horizonte superficial y tres para el horizonte subsuperficial, previamente identificados y bajo condiciones de capacidad de campo.

Las lecturas del nivel del agua, se efectuaron con tiempo, de cero minutos al inicio de la prueba y a los 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 120, 180 y 240 minutos (una vez por tiempo), de forma homogénea en todos los ensayos, para evitar valores erróneos que pudieran causar confusión al momento de realizar el trabajo de gabinete. Luego, se calculó la infiltración acumulada, instantánea, básica y promedio mediante la ecuación planteada por Kostiaikov (1932) que expresa la infiltración en un punto.

Estabilidad de los agregados

Es un indicativo de la erodabilidad del suelo, cumpliendo su función de estabilizar el horizonte superficial. Para determinar la estabilidad de los agregados del suelo, se utilizó el Método de Kemper y Rosenau (1986), que cuantificó el porcentaje de agregados estables en el agua de tamaño menor a 0,25 mm, después de ser sometidos a un proceso de humectación y desagregación en agua. Los valores obtenidos se compararon para conocer la resistencia de los agregados del suelo del sitio experimental a desintegrarse por el impacto de las gotas de lluvias con muestras pertenecientes a tres órdenes de suelo Vertisol (Tonosí), Alfisol (Pedasí) y Molisol (Chiriquí).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Caracterización de la lluvia

El experimento se ubicó regionalmente en la vertiente del Pacífico y la precipitación se registró con un pluviómetro estándar de lectura directa con capacidad de 136 mm y un pluviógrafo operado por la Autoridad del Canal de Panamá (ACP) ubicado a 3830 m del sitio experimental, para determinar la erosividad de las lluvias.

Preparación del terreno y manejo agronómico de los materiales vegetativos

El laboreo excesivo del suelo para el cultivo de piña en laderas (Academy for Educational Development [AED], 2004), es uno de los principales factores que, contribuyen a la pérdida de suelo por erosión hídrica en zonas de Panamá Oeste con lluvias de alta intensidad. El orden de las labores de preparación del terreno fue el siguiente: limpieza del predio con un pase de arado de disco, dos pases con el subsolador a favor de la pendiente y el siguiente perpendicular al primero, dos pases con la rastra dejando el suelo suelto y finalmente, el encamado.

La variedad de piña utilizada fue (*Ananas comosus* (L.) Merr.) híbrido MD-2 o piña dorada, preferida por su dulzura, aroma y color en los mercados internos y de exportación. Se eligieron los hijos basales, como semilla, con un peso promedio de 500 g para la siembra. Con un mes de antelación a la realización del ensayo, las semillas fueron tratadas con Diazinon y Fosetil-Al, y sembradas manualmente, depositando el material en los hoyos, previamente dispuestos dentro de las camas, a una distancia de siembra de 0,30 m entre plantas, en doble hileras de 0,40 m y 1,10 m de distancia entre centro y centro de la cama, para obtener una densidad de 60,000 plantas:ha⁻¹.

Los materiales vegetativos que se utilizaron como barreras vivas fueron vetiver (*Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty) y hierba limón (*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf). En las parcelas experimentales, el largo de las camas de piña y surcos fue de 11,00 m, de modo que los plantones de vetiver y hierba limón fueron establecidos con una distancia de 1,80 m (ancho de la parcela), en el extremo inferior de las parcelas experimentales, paralelamente al colector metálico de escorrentía, sembradas en hilera sencilla con una distancia de separación de 0,15 m entre plantas y perpendicular a la pendiente.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Pérdida de suelos y lámina de escorrentía por erosión hídrica

Para cuantificar la pérdida de suelo y lámina de escorrentía por erosión hídrica en el cultivo de piña, bajo condiciones de lluvia natural se instalaron 16 parcelas experimentales de escorrentía con cuatro tratamientos, siguiendo el procedimiento establecido por Da Veiga y Do Prado (1993), ubicadas a favor de la pendiente y con una sola rasante.

Luego de cada evento erosivo, se colectaron escorrentía y sedimentos en botellas de un litro plásticas transparentes y en duplicado. Luego se procedió a decantar las muestras y a sifonear el agua del recipiente de un litro, una vez eliminada la parte líquida, el residuo sólido se traspasó a un vaso químico de 100 ml o 250 ml, según el volumen de residuo recolectado y fueron secadas al horno a 100° C; por dos días hasta que el agua se evaporó en su totalidad.

La masa de suelo seco fue pesada con una balanza digital para obtener los valores de pérdida de suelo para cada tratamiento. Finalmente, la información obtenida se extrapoló a una superficie de una hectárea para determinar la pérdida total acumulada en megagramos por hectárea ($Mg \cdot ha^{-1}$) y lámina total acumulada de escorrentía en milímetros (mm). En total se realizaron 51 lecturas de escorrentía y pérdida de suelo. Los valores totales acumulados de pérdida de suelo y lámina de escorrentía por erosión hídrica corresponden a las etapas vegetativa, reproductiva y de vivero; es decir a los 5, 12 y 17 meses después de la siembra, respectivamente.

El experimento se inició con la etapa vegetativa, la cual duró cinco meses después de la siembra y comprendió la acumulación de la masa foliar que equivalió al 90% aproximadamente del peso fresco de la parte aérea de una planta de piña. En segundo lugar, estuvo la etapa reproductiva que comprendió desde la inducción floral, pasando por la floración hasta la cosecha con una duración de siete meses. Finalmente, se cosechó la fruta y se inició la etapa de vivero con una duración de cinco meses. En esa etapa, se realizó una poda a la planta madre para estimular la producción de semillas vegetativas (hijos medios, hijos basales, chupones y retoños) necesarias para el establecimiento de las siguientes plantaciones.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Diseño experimental

Para evaluar las diferentes variables de los tratamientos en un sistema de producción comercial de piña MD-2, se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, según el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + R_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde;

Y_{ijk} = es la observación del tratamiento

μ = media general

T_i = efecto del i-ésimo tratamiento (i=4)

R_j = efecto del j-ésima repeticiones (j=4)

ε_{ijk} = error experimental

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA), prueba de hipótesis y comparación entre medias, usando la prueba de la Diferencia Mínima Significativa de Fisher (DMS) con un nivel de significancia del 95% (Steel et al., 1997).

Tratamientos

El experimento constó de cuatro tratamientos que se describen a continuación:

1. Parcelas de piña sembradas a favor de la pendiente con barreras vivas de hierba limón (*C. citratus*) sembradas al final de la parcela y perpendiculares a la pendiente,
2. Parcelas de piña sembradas a favor de la pendiente con barreras vivas de vetiver (*C. zizanioides*) sembradas al final de la parcela y perpendiculares a la pendiente,
3. Parcelas de piña sembradas a favor de la pendiente sin barreras vivas a modo de siembra convencional,
4. Parcelas con suelo desnudo libres de cobertura vegetal a modo de testigo o control (Figura 1).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 1. Tratamientos evaluados en el sitio del experimento. Cultivo de piña con barreras vivas de hierba limón (A), cultivo de piña con barreras vivas de vetiver (B), cultivo de piña con siembra convencional (C) y suelo desnudo (D).

Unidad experimental

La unidad experimental fue la parcela de escorrentía, de 11 m de largo por 1,80 m de ancho (19,80 m²), con una pendiente uniforme de 10% y dejando un espacio de 1 m a 2 m entre parcelas; según las recomendaciones para los diseños de experimentos de escorrentía (Lal, 1994). Se instalaron chapas de plástico, sobrepuestas a unos 0,30 m desde el nivel del suelo y con 0,15 m de profundidad para delimitar el área de la parcela.

En la parte inferior de la parcela, se instaló un colector metálico de sedimentos unido a dos tanques colectores de escorrentía de 1,00 m de altura por 0,58 m de diámetro, a través de una tubería de policloruro de vinilo (PVC) SDR 41 de 50 mm de diámetro nominal. A una altura de 0,80 m de la profundidad del primer tanque se instalaron tres conectores de salida de 50 mm de PVC, de los cuales solo uno entró al segundo tanque de manera que en episodios extremos lo que se recogió en el segundo tanque representó un tercio del total generado de la escorrentía.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Efectividad de control de suelo y escorrentía frente al testigo

Para evaluar la efectividad de control de suelo y escorrentía de los resultados encontrados, se calculó la efectividad de control relativa entre el valor del tratamiento con barreras vivas y el valor del testigo, y se expresó como porcentaje con la siguiente ecuación:

$$EC = \frac{PT - PB}{PT} \cdot 100$$

Donde;

EC, efectividad de control relativa (%),

PT, pérdida de suelo o escorrentía en el tratamiento testigo ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), (mm)

PB, pérdida de suelo o escorrentía en el tratamiento con barreras vivas ($\text{Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$), (mm)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción del perfil de suelo

La complejidad de la geología y el régimen de precipitación en la zona de estudio han definido los niveles de meteorización y lixiviación, produciendo suelos ácidos, lavados, con enriquecimiento de óxidos de hierro. Las características más importantes encontradas en el perfil de suelo, fueron la presencia de los horizontes genéticos Ap (laboreo), Bt (acumulación de arcilla) y C (material no consolidado). Además, un epipedón ócrico más oscuro por la presencia de materia orgánica, seguido por un endopedón argílico de acumulación de arcilla, evidenciando el proceso de iluviación (Figura 2).



Figura 2. Perfil de suelo con horizontes morfogénéticos y de diagnóstico en el sitio del experimento.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el perfil de suelo estudiado, características como la presencia de un horizonte argílico, procesos de iluviación y saturación de bases menor del 35% a una profundidad de 1,60 m lo categorizaron en el Orden Ultisol. Luego, se agrupó en el suborden Humults, ya que presentó valores de Carbono orgánico entre 28,1 g·dm⁻³ y 11,8 g·dm⁻³ en los Horizontes Ap y Bt₁, respectivamente. A nivel de gran grupo, se clasificó en Haplohumult sin características diferenciadas dentro del grupo y Typic porque cumplió todos los requisitos que definen el concepto central del gran grupo (Soil Survey Staff, 2010). Finalmente, el perfil de suelo estudiado es un Ultisol Haplohumult Típico Serie Las Yayas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Descripción del perfil del suelo en Las Yayas afuera.

| Clasificación del suelo | Soil Taxonomy: Serie Las Yayas (<i>Typic Haplohumult</i>) FAO: Haplic, Acrisols (humic, Eutric/Dystric) | |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material Parental | Rocas ígneas extrusivas basálticas, andesíticas de la formación Tucué | |
| Régimen de Humedad | Údico | |
| Régimen de temperatura | Isohipertérmico 27° C | |
| Horizontes de Diagnóstico | Epipedón Ócrico y Endopedón Argílico | |
| Descripción de los horizontes | | |
| Horizonte | Profundidad (m) | Descripción |
| Ap | 0,0 – 0,30 | Color pardo oscuro (7,5YR3/4) en húmedo; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares finos; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico, ligeramente adherente, no coherente en seco; poros abundantes y finos; raíces muy abundantes muy finas, finas, medias y gruesas; límite claro y plano. |
| B ₁₁ | 0,30 – 0,60 | Color rojo amarillento (5YR4/6) en húmedo; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares fina; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, poco compacto en seco; pocos poros medios; raíces frecuentes, muy finas, finas y medias; límite claro y ondulado. |
| B ₁₂ | 0,60 – 1,10 | Color rojo amarillento (5YR4/6) en húmedo; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares fina; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico y ligeramente adherente en mojado, poco compacto en seco; muy pocos poros finos; pocas raíces finas y medias; límite claro y ondulado. |
| B ₁₃ | 1,10 – 1,40 | Color rojo (2,5YR4/6) en húmedo; textura arcillosa; estructura de bloques subangulares fina; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico y moderadamente adherente en mojado, compacto en seco; muy pocos poros finos; muy pocas raíces, finas y medias; límite claro y lobulado. |
| C | 1,40 – 1,60 | Color pardo oscuro (7,5YR5/6) en húmedo; textura franco arcillosa; estructura masiva; consistencia friable en húmedo, ligeramente plástico y moderadamente adherente en mojado, muy compacto en seco; muy pocos poros finos; límite claro y discontinuo. |

Fuente: United States Department of Agriculture [USDA], 2017.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Propiedades físicas y químicas del perfil del suelo

Las propiedades físicas y químicas del perfil de suelo se resumieron para cada horizonte evaluado y de acuerdo a su profundidad (Cuadro 2). En los datos de pH en agua, no se observó diferencias importantes en los horizontes estudiados. Estos registraron una reacción muy ácida y están dentro del rango óptimo para el cultivo de piña.

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas del perfil de suelo en el sitio del experimento.

| Parámetro | Unidades | Horizontes | | | | |
|---------------------------|---------------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | Ap | Bt ₁ | Bt ₂ | Bt ₃ | C |
| Profundidad | m | 0,0-0,30 | 0,30-0,60 | 0,60-1,10 | 1,10-1,60 | 1,40-1,60 |
| pH H ₂ O 1:2.5 | - | 5,32 | 5,45 | 5,44 | 5,32 | 5,1 |
| Materia Orgánica | g·dm ⁻³ | 48,5 | 20,4 | 8,9 | 5,1 | 3,8 |
| Arena | g·kg ⁻¹ | 320 | 30 | 50 | 50 | 250 |
| Limo | g·kg ⁻¹ | 260 | 240 | 400 | 310 | 420 |
| Arcilla | g·kg ⁻¹ | 420 | 730 | 550 | 640 | 330 |
| Textura | Clase | Arcillosa | Arcillosa | Arcillosa | Arcillosa | Franco Arcillosa |
| Densidad aparente (Da) | kg·dm ⁻³ | 1,03 | 1,22 | 1,33 | 1,31 | 1,45 |
| Densidad real (Dp) | kg·dm ⁻³ | 2,44 | 2,42 | 2,41 | 2,38 | 2,23 |
| Porosidad (E) | % | 57,79 | 49,75 | 44,85 | 45,10 | 35,09 |

Laboratorio de suelos y nutrición FCA-UP, 2018.

Los horizontes estudiados presentaron una granulometría arcillosa, con 420 g·kg⁻¹ en el horizonte A. Luego, el contenido de arcilla se incrementó desde el horizonte Bt₁ con un valor de 730 g·kg⁻¹, para luego disminuir con la profundidad hasta el horizonte C con 330 g·kg⁻¹. Relacionando estos valores y la baja saturación de bases encontradas, pueden estar dominados por arcillas caolinitas, óxidos de hierro y aluminio.

Los valores de la densidad aparente variaron entre 1,03 y 1,45 kg·dm⁻³, en el horizonte Ap la densidad aparente tendió a ser menor con un valor de 1,03 kg·dm⁻³, debido al mayor contenido de materia orgánica. Luego, los valores fueron incrementando al profundizar en el perfil, indicando una mayor compactación en los horizontes Bt con respecto al Ap.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El comportamiento de la porosidad a través del perfil de suelo, presentó un decrecimiento en los valores de esta propiedad a medida que se profundizó en el suelo, siendo mayor en el horizonte Ap con 57,79% debido al mayor contenido de materia orgánica y variando de 49,75% a 35,09% en los siguientes horizontes texturales. Estos resultados ponen en evidencia una mayor concentración de poros a nivel del horizonte superficial.

Velocidad de infiltración

Según las ecuaciones de Kostiakov (1932), las velocidades de infiltración instantánea y básica en la comunidad de Las Yayas Afuera (Figura 3). El mayor valor de infiltración básica se presentó en horizonte Ap con $84,35 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$ se considera alta, en consecuencia, su baja densidad aparente, mayor contenido de arena, presencia de macroporos y alto contenido de materia orgánica, permite inferir que es un horizonte no compactado.

El horizonte Bt presentó la menor infiltración básica con un valor de $9,17 \text{ mm}\cdot\text{h}^{-1}$, debido principalmente a su alta densidad aparente, su alto contenido de arcilla, bajo contenido de arena, reducción de los macroporos y baja cantidad de materia orgánica en el perfil de suelo; lo que permite inferir que es un horizonte compactado. Indica que, al rebasar estos valores de infiltración básica por efecto de las lluvias intensas, propias de la temporada, se provocará escorrentía superficial y lavado de nutrientes.

La infiltración acumulada para los horizontes Ap y Bt₁ en el sitio de las Yayas Afuera, se especifican siguiendo los parámetros del modelo Kostiakov (1932) y el método de regresión lineal (Figura 4). Para el coeficiente de regresión (R^2) fueron altos entre 0,96 y 0,98, esto indicó que el modelo lineal utilizado fue el adecuado para describir la relación que existe entre la infiltración acumulada y el tiempo acumulado.

La tendencia de las curvas sugiere la existencia de variabilidad entre el horizonte Ap y el Bt₁ provocadas por las propiedades hidrofísicas del suelo como el contenido de humedad, la textura, la densidad aparente y nivel de compactación, los cuales están influyendo en la capacidad de los horizontes del suelo para retener e infiltrar el agua. Por lo que podemos inferir que el horizonte Bt₁ presenta un nivel de compactación más alto que el horizonte Ap.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

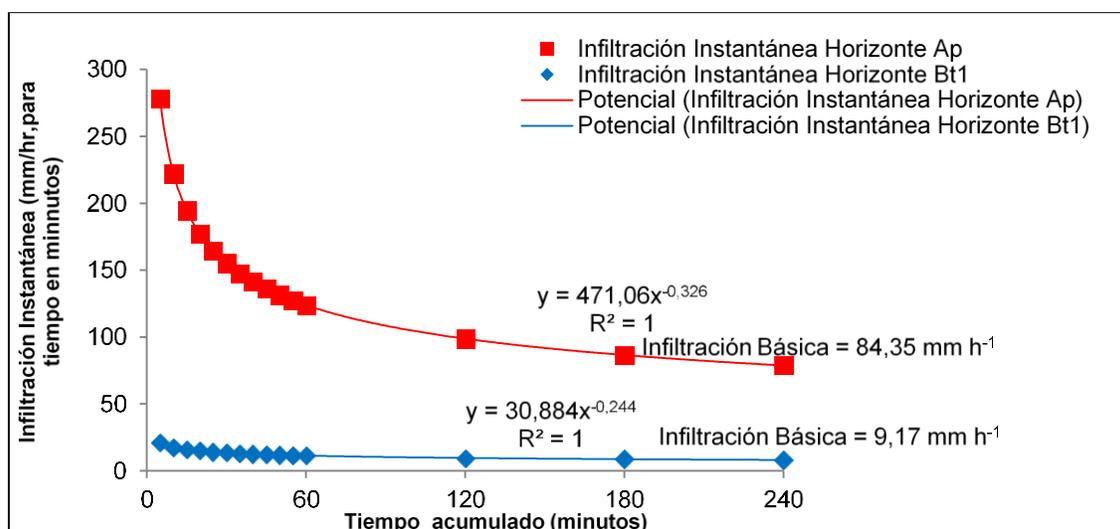


Figura 3. Infiltración instantánea e infiltración básica para los horizontes Ap y Bt₁ en Las Yayas afuera.

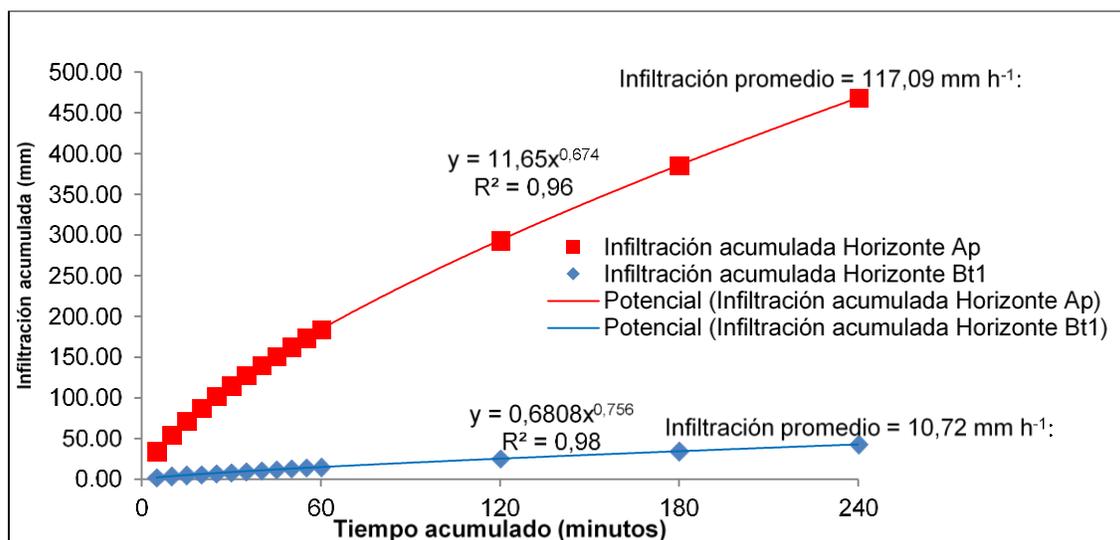


Figura 4. Infiltración acumuladas e infiltración promedio para los horizontes Ap y Bt₁ en Las Yayas afuera.

Para intervalos de tiempo entre cero y 240 minutos, la infiltración promedio total para todo el experimento en el horizonte Ap fue de 117,09 mm·h⁻¹, mientras que en el horizonte Bt₁ el valor encontrado fue de 10,72 mm·h⁻¹. Estos valores indican el efecto de la compactación del suelo en el horizonte evaluado y que los suelos con alto contenido de materia orgánica tienen altas tasas de infiltración. Cuando se aplicó el método del Número



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de Curva (United States Department of Agriculture National Resources Conservation Service [USDA-NRCS], 2004) en los horizontes estudiados, se clasificaron en el grupo hidrológico C, correspondientes a suelos con escasa capacidad de infiltración una vez saturados.

Estabilidad de los agregados

El estudio revela que los suelos Ultisoles del área presentaron valores moderados de estabilidad. Asimismo, el horizonte Ap presentó mayor porcentaje de estabilidad de agregados del suelo con un valor de 63,83%, debido al alto contenido de materia orgánica, altos contenidos de hierro y aluminio como es de esperarse; en comparación con muestras de un Vertisol con alta estabilidad de 79,10%, un Alfisol con 33,50% y un Molisol con 25,60%, siendo ambos de baja estabilidad (Mejía, 2018).

En contraste, el horizonte Bt₁ presentó una baja estabilidad con un valor de 56,25% en consecuencia del mayor contenido de arcilla y poca materia orgánica. Estos suelos, tienen una estructura que los hace muy susceptibles a los procesos de erosión hídrica, ya que la erodabilidad del suelo aumenta a medida que la estabilidad de los agregados disminuye (Kemper y Rossenau, 1986).

Descripción de la lluvia acumulada

Se presentaron 147 eventos de precipitación, dando un total de 3382 mm (Figura 5). Los meses de octubre a noviembre fueron los más lluviosos, típico de la estación lluviosa. También, el 22 de noviembre de 2016 ocurrió la tormenta tropical Otto, que luego pasó a huracán de Categoría uno, se mantuvo por dos días y se registró una lluvia acumulada de 126 mm en la zona de estudio, lo que provocó un alto riesgo de erosión. Con respecto a la variabilidad climática, para el año 2016 las condiciones del fenómeno de El Niño persistieron hasta finales de julio. En los meses de agosto a noviembre de 2016 se registró una precipitación acumulada de 1098 mm.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

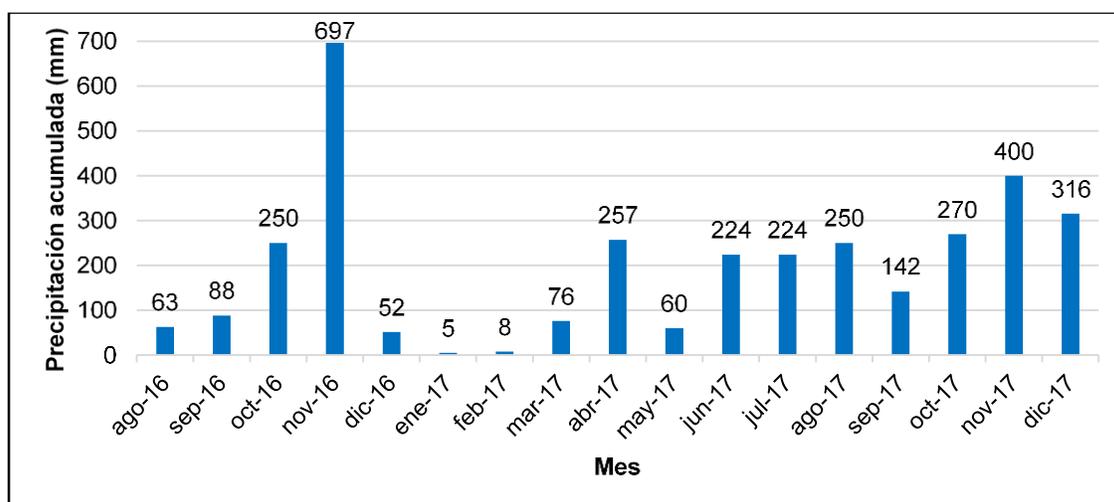


Figura 5. Registro de la lluvia acumulada en el sitio del experimento para los años 2016 y 2017.

Desde diciembre del 2016 hasta febrero del 2017 se verificaron menores incidencias de precipitaciones, con 65 mm acumulados, característico de la temporada seca en la vertiente del Pacífico. Luego, en marzo se inició la temporada lluviosa hasta diciembre con 2219 mm acumulados. Aunque el sistema oceánico y atmosférico continuó siendo consistente con ENSO-Neutral (El Niño-Southern Oscillation), se acercó a las condiciones de La Niña.

Erosividad de las Lluvias

Para dos años de registros (2016 y 2017) de información pluviográfica de la estación La Zanguenga, se obtuvieron los promedios de Intensidad de las Lluvias en 30 minutos, Energía Cinética y Erosividad de las Lluvias (Cuadro 3). La precipitación promedio osciló entre un valor mínimo de 6,50 mm para los meses de enero y febrero hasta un máximo de 446 mm para el mes de noviembre. Con respecto a la erosividad promedio anual de la lluvia o factor R, se presentó un valor de 14757,96 MJ·mm·h⁻¹·ha⁻¹ y se considera muy alto.

Por un lado, el valor más alto del índice de erosividad total de la lluvia ocurrió en el mes de noviembre con un valor de 2907,59 MJ·mm·h⁻¹·ha⁻¹ y la erosividad más baja se presentó en el mes de febrero con 7,35 MJ·mm·h⁻¹·ha⁻¹. Por otra parte, en la distribución



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

mensual de la erosividad de las lluvias los valores más altos se presentaron en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

Cuadro 3. Valores medios mensuales e intervalos de confianza para precipitación, intensidad, energía cinética, erosividad mensual y anual para los años 2016 y 2017 en La Zanguenga.

| Mes | \bar{X} ppt acum (mm) | I.C. ppt acum (mm) | \bar{X} I30 (MJ·mm·ha ⁻¹ ·h ⁻¹) | I.C. I30 (MJ·mm·ha ⁻¹ ·h ⁻¹) | \bar{X} EC (MJ·ha ⁻¹ ·mm) | I.C. EC (MJ·ha ⁻¹ ·mm) | \bar{X} R mensual (MJ·mm·h ⁻¹ ·ha ⁻¹) | I.C. R mensual (MJ·mm·h ⁻¹ ·ha ⁻¹) | R anual (MJ·mm·h ⁻¹ ·ha ⁻¹) |
|------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Enero | 6,50 | ±3,00 | 14,00 | ±4,00 | 0,54 | ±0,10 | 9,22 | ±8,00 | |
| Febrero | 6,50 | ±5,00 | 13,00 | ±10,00 | 0,51 | ±1,00 | 7,35 | ±3,00 | |
| Marzo | 14,50 | ±21,00 | 28,00 | ±43,00 | 0,88 | ±1,00 | 18,96 | ±33,00 | |
| Abril | 101,00 | ±122,00 | 176,00 | ±294,00 | 1,03 | ±1,00 | 2044,62 | ±3793,00 | |
| Mayo | 221,00 | ±4,00 | 293,00 | ±284,00 | 3,45 | ±0,20 | 1705,92 | ±1618,00 | |
| Junio | 112,50 | ±220,00 | 114,00 | ±223,00 | 2,19 | ±4,00 | 472,88 | ±927,00 | 14757,96 |
| Julio | 92,00 | ±180,00 | 100,00 | ±196,00 | 1,83 | ±4,00 | 338,63 | ±664,00 | |
| Agosto | 77,50 | ±152,00 | 77,00 | ±151,00 | 1,96 | ±4,00 | 259,27 | ±508,00 | |
| Septiembre | 225,50 | ±126,00 | 296,00 | ±51,00 | 3,18 | ±2,00 | 1643,41 | ±608,00 | |
| Octubre | 236,00 | ±35,00 | 330,00 | ±208,00 | 4,10 | ±1,00 | 2786,44 | ±3521,00 | |
| Noviembre | 446,00 | ±353,00 | 389,60 | ±233,00 | 5,06 | ±3,00 | 2907,59 | ±1788,00 | |
| Diciembre | 127,00 | ±245,00 | 254,00 | ±490,00 | 0,93 | ±2,00 | 2563,65 | ±5022,00 | |

\bar{X} : promedio, I.C: intervalo de confianza $\alpha=5\%$, ppt: precipitación acumulada, I30: Intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos, EC: energía cinética de la lluvia, R: erosividad de la lluvia,

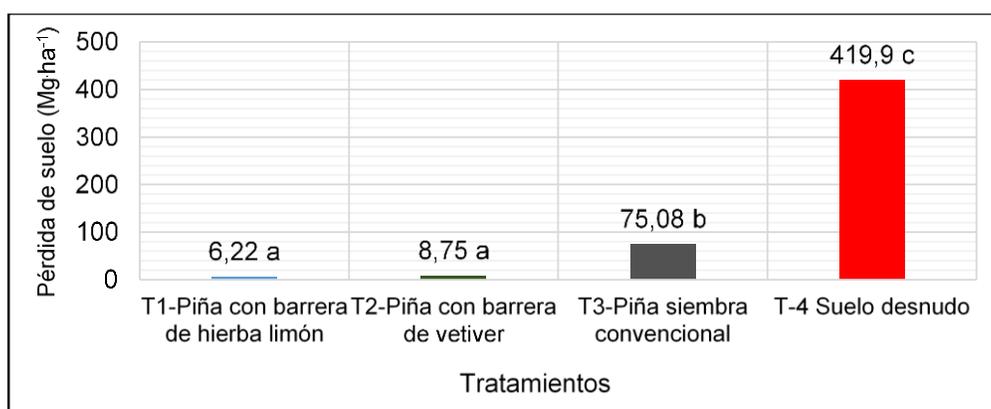
Pérdida de suelo y lámina de escorrentía por erosión hídrica

El análisis de varianza para las variables pérdida total acumulada de suelo y lámina total acumulada de escorrentía por erosión hídrica mostró diferencias altamente significativas ($P<0,0001$) entre los tratamientos, por efecto del uso de barreras vivas en el cultivo de piña con una pendiente del 10%, lo que hizo necesario efectuar una comparación de medias, utilizando para ello la prueba de DMS. Los valores de pérdidas total acumulada de suelo (Figura 6) y lámina total acumulada de escorrentía (Figura 7) por erosión hídrica mostraron diferencias ($P<0,05$) de las medias entre tratamientos, cuando se aplicó la prueba de DMS.



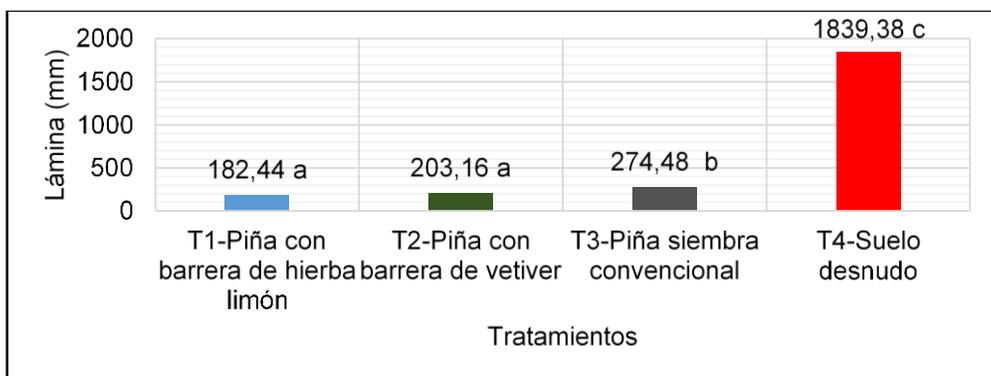
Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Por un lado, los valores de pérdida de suelo y lámina de escorrentía por erosión hídrica en el cultivo de piña donde se establecieron las barreras vivas de hierba limón y vetiver pueden considerarse bajos y; en la siembra convencional donde no se implementó ninguna estrategia de conservación de suelos y aguas fueron altos. En términos de pérdida de suelo por erosión hídrica, para el período de 17 meses que abarcó el experimento, en los tratamientos donde se estableció el cultivo de piña MD-2 en asociación con barreras vivas de hierba limón y piña con barreras vivas de vetiver, se obtuvieron valores bajos de pérdida de suelo con $6,20 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $8,80 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de acuerdo al nivel de tolerancia "T", internacionalmente permitido (Figura 6).



Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de DMS ($P < 0,05$).

Figura 6. Pérdida total acumulada de suelo para cada tratamiento evaluado en el cultivo de piña MD-2.



Medias con letras distintas difieren entre sí, según prueba de DMS ($P < 0,05$).

Figura 7. Lámina total acumulada de escorrentía para cada tratamiento evaluado en el cultivo de piña MD-2.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En el tratamiento de piña con barreras de hierba limón se presentó la mayor cantidad de suelo conservado, esto se debe a la acumulación de materiales detrás de la barrera viva debido a que el hábito de crecimiento de los macollos es ramificado y decumbente.

En el caso de las parcelas de piña con barreras de vetiver, se observó una tendencia a perder mayor cantidad de suelo, debido a la formación de pequeñas fisuras entre los macollos, las cuales permitieron que el agua se filtrara y formara pequeños surcos dentro de las parcelas cuando se presentaron lluvias de alta intensidad.

La mayor tasa de suelo erosionado fluctuó entre $420,00 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en suelo desnudo y $75,10 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ bajo siembra convencional, considerado valores muy altos y superando el umbral de tolerancia de la pérdida de suelos establecido en $11 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Morgan, 2005; Brady y Weil, 2013).

Con respecto a la lámina de escorrentía, en el tratamiento de suelo desnudo la escorrentía fue significativamente mayor con un valor de $1839,38 \text{ mm}$ y se relacionan con la pérdida del horizonte superficial Ap, un horizonte con mayor acumulación de arcilla iluvial (Bt), mayor compactación y baja capacidad de infiltración. Luego, en la siembra convencional de piña se encontró un valor de $274,49 \text{ mm}$. Sin embargo, en los tratamientos donde se implementó el uso de barreras vivas de vetiver y hierba limón presentaron valores menores de $203,17$ y $182,45 \text{ mm}$, respectivamente, mostrando una clara diferencia entre los tratamientos y la importancia de la cobertura proporcionada por el cultivo de piña y el uso de barreras vivas (Figura 7).

Pérdida de suelo y lámina de escorrentía acumulada para cada etapa del cultivo

Después de 17 meses de evaluación, que incluyó la etapa vegetativa, reproductiva y de vivero en el cultivo de piña, las pérdidas de suelo acumuladas debido a la erosión hídrica fueron diferentes en comparación con el suelo desnudo, mientras que en cultivo de piña con barreras vivas de hierba limón y vetiver la pérdida de suelo fue similar.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En la etapa vegetativa, que duro cinco meses después de la siembra a partir del mes de agosto hasta diciembre de 2016, las pérdidas de suelo y escorrentía se incrementaron principalmente en el suelo desnudo, seguido por el cultivo de piña convencional, debido principalmente a la máxima intensidad de las lluvias y precipitación acumulada registrada en ese periodo. Luego, en la etapa reproductiva, que coincidió con el inicio de una corta temporada seca, a partir de enero hasta marzo de 2017, la cobertura foliar cerró y protegió el suelo hasta la cosecha disminuyendo así la pérdida de suelo y escorrentía en los tratamientos del cultivo de piña con siembra convencional y con barreras vivas.

En el 2017, la temporada lluviosa inició en abril hasta diciembre, lo que causo un aumento de la pérdida de suelo y escorrentía en la etapa de vivero. Esto debido a la intensidad y cantidad de las lluvias, y por la poda realizada a la plantación, que redujo en un 50% la cobertura vegetal. Al finalizar el experimento, el grado de erosión hídrica en las parcelas de piña con hierba limón y vetiver se clasificaron de ligeras a moderadas (Morgan, 2005). Por otra parte, en las parcelas de piña con siembra convencional y suelo desnudo los niveles de pérdida de suelo por erosión hídrica se clasificaron en severas a muy severas respectivamente (Morgan, 2005).

En el caso de la parcela de suelo desnudo, la pérdida total de suelo acumulada fue seis veces mayor que en la de piña con siembra convencional y de 68 a 48 veces más que en las de piña con hierba limón y vetiver, respectivamente. Este comportamiento está asociado al método de preparación del terreno y a la dinámica de las gotas de lluvia que impactan directamente el horizonte argílico, con poca materia orgánica y baja estabilidad, seguido por una rápida disgregación y fragmentación de las partículas del suelo, que ayudados por la fuerza gravitacional, logran desplazar y acumular un gran volumen de suelo.

Se observó en las parcelas con tratamiento de suelo desnudo y de piña con siembra convencional los procesos descritos por Sugahara et al. (2001), referentes al sellamiento superficial y encostramiento, que provocaron la obstrucción de los poros del suelo por el depósito y acumulación de partículas finas de suelo después de la disgregación inducida



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

por el impacto de la gota de lluvia. Esta situación contribuyó a disminuir la infiltración del agua y aumentar la escorrentía superficial en ambas parcelas.

En contraste, la presencia de cobertura vegetal de piña y el uso de barreras vivas aumentó la resistencia hidráulica (Kervroëdan et al., 2018) y así disminuyó la velocidad de escorrentía y pérdida de suelo por erosión hídrica. Además, impidieron la formación de costras, el taponamiento de los poros y aumentaron la cantidad de sedimento retenido y la infiltración en el sitio del experimento.

Efectividad en el control de la pérdida de suelo y escorrentía por erosión hídrica

La efectividad en controlar la erosión hídrica en las parcelas de piña con el uso de las barreras vivas produjo una acumulación de suelo detrás de la barrera, cumpliendo la función esperada de retener el suelo transportado por la escorrentía. El cultivo de piña con el uso de barreras vivas presentó una efectividad promedio del 98% en el control de la pérdida de suelo y un 89% en el control de la escorrentía. Mientras que el cultivo de piña convencional produjo una efectividad de 82% en el control de la pérdida de suelo y un 85% en el control de la escorrentía (Cuadro 4).

Estos valores de efectividad de control de la erosión hídrica con el uso de barreras vivas en el cultivo de piña, son aproximados a los reportados por Broz et al. (2003) en función de la inclinación y longitud de la pendiente.

Cuadro 4. Porcentaje de efectividad del uso de barreras vivas para el control de pérdida de suelo y escorrentía por erosión hídrica en el cultivo de piña.

| Tratamiento | Control de pérdida de suelo (%) | Control de escorrentía (%) |
|-----------------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| T-1 Piña con hierba limón | 98,52 | 90,08 |
| T-2 Piña con vetiver | 97,91 | 88,95 |
| T-3 Piña con siembra convencional | 82,12 | 85,08 |
| T-4 Suelo desnudo | 0,00 | 0,00 |



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- Los valores encontrados ponen de manifiesto la magnitud del avance de los procesos de erosión hídrica generados por las prácticas de preparación de terreno, manejo del suelo y erosividad de las lluvias. Por lo tanto, combinar el cultivo de piña con el uso de barreras vivas, ya sea vetiver o hierba limón, son de alta efectividad en la reducción de la pérdida de suelos y escorrentía por erosión hídrica.
- Los índices de erosividad de las lluvias encontrados en La Zanguenga deben servir como elementos de juicio sobre el alto riesgo de erosión que ocurre en la zona.

REFERENCIAS

- Abbasi, M. A., y Jamal, T. (1999). Soil Loss and Runoff Measurement from Banana-Pineapple Intercropping System. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2(3), 689-692. <https://scialert.net/fulltext/?doi=pjbs.1999.689.692>
- Academy for Educational Development. (2004). *Caracterización de la actividad Piñera en las subcuencas de Los Hules Tinajones y Caño Quebrado*. Autoridad del Canal de Panamá. <http://www.cich.org/publicaciones/06/caracterizacion-actividad-pinera.pdf>
- Alfaro, O. (2009). *Plantas medicinales colectadas en Panamá*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Ciudad de Panamá. <http://www.cich.org/publicaciones/01/IDIAP-2009-Plantas-medicinales-colectadas-en-Panama.pdf>
- Álvarez Rojas, M. y Peña, W. (2013). Estimación de niveles erosivos en suelos con cultivo de piña en Sarapiquí. *Repertorio Científico*, 16(1), 3-11. <https://doi.org/10.22458/rc.v16i1.594>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Autoridad Nacional del Medio Ambiente. (2009). *Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Unidad de Cambio Climático y desertificación*. Comité Nacional de Lucha contra la sequía y la Desertificación. https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf

Blanco, H., y Lal, R. (2008). *Principles of Soil Conservation and Management*. Springer. http://water.lecture.ub.ac.id/files/2018/08/1.-Book_Principles-of-Soil-Conservation-and-Management.pdf

Brady, C. N. y Weil, R. R. (2013). *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. Trad. IF Lepsch. 3 ed. Bookman Editora, São Paulo, BRA. p. 551- 590.

Broz, B., Pfof, D. y Thompson, A. (2003). Controlling Runoff and Erosion at Urban Construction Sites. Mu Guide Soil and Water G 1509. University of Missouri-Columbia. <https://mospace.umsystem.edu/xmlui/bitstream/handle/10355/9480/ControllingRunoffErosion.pdf?sequence=3>

Carvalho, N. O. (2008). *Hidrossedimentologia Prática*. 2ª Edição. Interciência, Rio de Janeiro, BRA. p. 4-13.

Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2008). *Agricultura, desarrollo rural, tierra, sequía y desertificación: resultados, tendencias y desafíos para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas, Santiago, Chile. p. 45- 49. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/3611/1/S2008295_es.pdf

Da Veiga, M., y Do Prado, W. (1993). *Manual para la instalación y conducción de experimentos de pérdida de suelos*. Documento de campo 1. Trad. Jeldre, D. I. FAO, Santiago, Chile https://www.researchgate.net/publication/260991331_Manual_para_la_instalacion_y_conduccion_de_experimentos_de_perdida_de_suelo



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Foster, G. R., Young, R. A., y Neibling, W. H. (1985). Sediment composition for nonpoint source pollution analyses. *Transactions of the ASAE*, 28(1),133-0139.
- Gratacós, N. (1991). *Cultivo de Piña*. Manual de Técnico No. 8. Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Ciudad de Panamá, PAN. 21 p.
- Grimshaw, G. R. y Helfer, L. (1995). *Vetiver grass for soil and water conservation, land rehabilitation, and embankment stabilization: a collection of papers and newsletters compiled by Vetiver Network (English)*. World Bank technical paper; no. WTP 273 Washington, D.C.: World Bank Group. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/378301468739764572/pdf/multi-page.pdf>
- Holdridge, L. (1978). *Ecología basada en zonas de vida*. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), San José, Costa Rica. <http://repositorio.iica.int/handle/11324/7936>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2018). Exportación de mercaderías importantes de la República, por cantidad y valor: años 2014 -17. Contraloría General de la República, Ciudad de Panamá, PAN. https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/Publicaciones.aspx?ID_SUBCATEGORIA=45&ID_PUBLICACION=699&ID_IDIOMA=1&ID_CATEGORIA=17.
- Johnson, A. I. (1991). *A Field Method for Measurement of Infiltration*. U.S. Department of Interior. Geological Survey Water-Supply 1544-F. <https://pubs.usgs.gov/wsp/1544f/report.pdf>
- Kemper, W., y Rosenau, R. (1986). *Aggregate stability and size distribution*. In A. Klute, G.S. Campbell, R.D. Jacson, M.M. Mortland, and D.R. Nielsen. *Methods of Soil Analysis. Part I: Physical and Mineralogical Methods-Agronomy Monograph. No. 9 (2nd Edition)*. American Society of Agronomy-Soil Science Society of America. <https://eprints.nwisrl.ars.usda.gov/id/eprint/732/3/585.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Kervroëdan, L., Armand, R., Saunier, M., Ouvry, J. F. y Faucon, M. P. (2018). Plant functional trait effects on runoff to design herbaceous hedges for soil erosion control. *Ecological Engineering*, 118, 143–151. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.04.024>
- Kostiakov, A. N. (1932). The Dynamics of the Coefficient of Water Percolation in Soils and the Necessity for Studying It from a Dynamic Point of View for Purpose of Amelioration. *Society of Soil Science*, 14,17-21.
- Lal, R. (1994). Soil erosion research methods. 2nd ed. International Society of Soil Science Subcommission of Soil Conservation and Environment. Soil and Water Conservation Society, St. Lucie Press, p. 352. <https://doi.org/10.1201/9780203739358>
- Lal, R. (1993). Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil and Tillage Research*, 27,1-8. [https://doi.org/10.1016/0167-1987\(93\)90059-X](https://doi.org/10.1016/0167-1987(93)90059-X)
- Lal, R. (2001). Soil Degradation by erosion. *Land Degradation and Development*, 12,519-539. <https://doi.org/10.1002/ldr.472>
- Mejía, G., J. I. (2018). Evaluación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica en el cultivo de piña en La Chorrera, Panamá Oeste. [Tesis de maestría, Universidad de Panamá]. Repositorio institucional digital de la Universidad de Panamá. http://up-rid.up.ac.pa/1419/1/jose_mejia.pdf
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2017). Serie histórica de producción y exportación de Piña MD-2 (20016-2017). Dirección Nacional de Agricultura. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/08/2016-2017-CIERRE.pdf>
- Morales, C. (2012). *Los costos de la inacción ante la desertificación y degradación de las tierras en escenarios alternativos de cambio climático*. Naciones Unidas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/4009/1/S2012077_es.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Morgan, R. P. C. (2005). *Soil erosion and conservation*. 3rd ed. Blackwell Science, Bodmin Cornwall. https://svgaos.nl/wp-content/uploads/2017/02/Morgan_2005_Soil_Erosion_and_Conservation.pdf
- Musgrave, G. W. (1935). The Infiltration capacity of soils in relation to the control of surface runoff and erosion. *Jour. Amer. Soc. Agron.*, 27(5), 336-345. <https://doi.org/10.2134/agronj1935.00021962002700050003x>
- Mutchler, C. K., Murphree, C. E., y McGregor, K. C. (1994). *Chapter 2: Laboratory and field plots for erosion research*. In R. Lal, editor, *Soil Erosion Research Methods*. Soil and Water Conservation Society. <https://doi.org/10.1201/9780203739358>
- Putthacharoen, S., Howeler, R. H., Jantawat, S. y Vichukit, V. (1998). Nutrient uptake and soil erosion losses in cassava and six other crops in a Psamment in eastern Thailand. *Field Crops Research*, 57(1), 113-126. [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(97\)00119-6](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(97)00119-6)
- Reynolds, W. D., Elrick, D. E. y Youngs, E. G. (2002). Single-ring and double- or concentric-ring infiltrometers. In: Dane, J., Topp, G.C. (Eds.), *Methods of Soil Analysis. Part 4: Physical Methods*. *Soil Science Society of America Book Series*, 5, 821-826.
- Sakuma, T., Toyomitsu, Y., Ogawa, S., Satoh, M., Maita, H., Kimura, M., Vudhivanich, V., Kwanyuen, B., Usaborisut, P. y Kumlungkheng, S. (2002). Soil Erosion in the pineapple fields in Ban Kha-Subdistrict. In *Workshop on Watershed Degradation and Restoration of Lam Phachi River Basin, Bangkok, Thailand*. https://tsukuba.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=144&file_id=17&file_no=1
- Soil Survey Staff. (2010). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Trad. C.A. Ortiz-Solorio, M.C. Gutiérrez-Castorena, E.V. Gutiérrez-Castorena. 11 ed. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, Montecillo, Mexico. https://www.researchgate.net/publication/302946477_Claves_para_la_Taxonomia_de_Suelos_Undecima_edicion_Traduccion



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Soil Survey Staff. (2014). Kellogg Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 5.0. R. Burt and Soil Survey Staff (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service (NRCS). <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/SSIR42-v6-pt1.pdf>

Steel, R., Torrie, J. y Dickey, D. (1997). Principles and Procedures of Statistics: A Biometrical Approach. 3rd Edition. McGraw Hill, New York, USA.

Sugahara, K., Ohwaki, Y. y Banzai, K. (2001). Erosion Control in Pineapple Fields on the Island of Ishigaki. *Japan Agricultural Research Quarterly*, 35(2),91-96. <https://doi.org/10.6090/jarq.35.91>

Tosi, J. (1971). Zonas de vida: Una base ecológica para las investigaciones silvícolas e inventariación forestal en la República de Panamá. Informe técnico 2. PNUD-FAO, Roma, ITA. 89 p.

United States Department of Agriculture. (2017). *Soil Survey Manual*. Agriculture Handbook No.18. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>

United States Department of Agriculture National Resources Conservation Service. (2004). Chapter 10: Estimation of direct runoff from storm rainfall. In Part 630: Hydrology: NRCS National Engineering Handbook. <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17752.wba>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

DESEMPEÑO DE LOS MICROORGANISMOS EFICIENTES EN EL CULTIVO DE TILAPIAS¹

**Alexis Fernando Gómez-Canto²; Dianeth Silgado-Torres³;
América García-Becerra⁴; Johana Gutiérrez⁵**

RESUMEN

La actividad acuícola requiere agua constante y buena alimentación; debe tener condiciones físicas y químicas, que permitan el desarrollo integral de las especies cultivadas. El objetivo de esta investigación fue evidenciar en nuestro medio acuático si, mediante el sistema Biofloc en tinas, se pueden obtener crecimientos, ganancias de peso adecuados y baja mortalidad. Para ello, se realizó seguimiento del control en campo y aplicación de pruebas sobre las variables dependientes como pH, temperatura, cantidad de oxígeno disuelto, nitrito, nitrógeno amoniacal, nitrato, alcalinidad, dureza, fósforo total y turbiedad. De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso, crecimiento y bajo niveles de mortalidad, en las tinas evaluadas, sin recambio de agua con microorganismos eficientes y la tina testigo con recambio de agua. En conclusión, el sistema Biofloc es capaz de mantener parámetros físicos y químicos del agua sin recambio y solamente adicionando oxígeno artificial; por lo que se puede considerar una alternativa Ecoacuícola limpia para los productores.

Palabras claves: Biofloc, descomponedores, microorganismos eficientes, parámetros físico-químicos.

¹Recepción: 29 de septiembre de 2022. Aceptación: 14 de noviembre de 2022. Aporte de la Universidad Metropolitana de Ciencias Y Tecnologías (UMECIT) Santiago; Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP) Estación Dulce Acuícola INA-Santiago, Centro y Agrobiológicos de Panamá ABP de Nata.

²Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología (UMECIT). ARAP Fomento de la Acuicultura. M.Sc. en Ciencias Ambientales. e-mail: alfgoc071@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8515-2964>

³Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP). Estación Dulce Acuícola INA. Ing. Agr. Zoot. e-mail: dsilgado@arap.gob.pa, <https://orcid.org/0000-0003-0312-1521>

⁴ARAP. Estación Dulce Acuícola INA. Ing. Agr. Zoot. e-mail: americabecerra21@outlook.com, <https://orcid.org/0000-0002-5260-9462>

⁵Agro biológicos de Panamá (ABP). Bióloga. e-mail: johannagls@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6657-1752>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

PERFORMANCE OF EFFICIENT MICROORGANISMS IN THE CULTURE OF TILAPIAS

ABSTRACT

The aquaculture activity requires constant water and good feeding; it must have physical and chemical conditions that allow the integral development of the cultivated species. The aim of this research was to demonstrate in the aquatic environment if the Biofloc system in vats can obtain growth, adequate weight gains and low mortality. To do this, monitoring of field control and tests on dependent variables such as pH, temperature, amount of dissolved oxygen, nitrite, ammoniacal nitrogen, nitrate, alkalinity, hardness, total phosphorus and turbidity were applied. According to the results, there were no significant differences in weight gain, growth and low mortality levels in the evaluated tanks, without water replacement with efficient microorganisms and the control tank with water replacement. In conclusion, the Biofloc system is capable of maintaining water physical and chemical parameters without replacement and only artificial oxygen is added; being considered as a clean Eco-aquaculture alternative for the producers.

Key words: Biofloc, decomposers, efficient microorganisms, physical-chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

Para conceptualizar la acuicultura, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) la define como “El cultivo de organismos acuáticos tanto en zonas costeras como continentales como del interior que implica intervenciones en el proceso de cría para aumentar la producción, por lo tanto, podemos considerar que esta actividad la cual no está promovida como comercial, ni de grandes aportes económicos al país, se convertirá en un movimiento de gran proyección al futuro como lo es en la actualidad para otros países centroamericanos”.

Otra definición de acuicultura por Aguirre (2005), quien señala: “La acuicultura es el cultivo de plantas y animales útiles en ambientes acuáticos confinados, hechos por el hombre, donde estos organismos no pueden escapar y se realizan la alimentación, reproducción, el crecimiento y cosecha de manera controlada. Es una actividad interdisciplinaria como quiera que en ella confluyen de manera integrada: biología, química, física, estadística, ingeniería,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

economía y otras. Ejemplo: peces, camarones, caracoles, ranas, algas, arroz bajo inundación, entre otros.”

Tradicionalmente, en Panamá para que se desarrolle la acuicultura es necesario tener en la finca un suministro de agua permanente, para recambio y oxigenación del estanque, pileta o tina donde se practica la actividad acuícola y mantener saludable el ecosistema, evitando posibles elementos de contaminación o afectación del medio, así como, una suplementación adecuada que garantice la nutrición de los organismos cultivados, lo cual se reflejan en el crecimiento y ganancia de peso proporcional al tiempo de cultivo.

El utilizar sustratos naturales y probióticos en el cultivo de *Oreochromis* sp. en un sistema de cero recambios de agua realizado por Palma Ponce et al. (2018), llegaron a la conclusión que “Los mejores resultados en un sistema Biofloc, dependerán del mantenimiento adecuado de la calidad del agua dentro del cultivo, oxigenación continua para mantener sólidos en suspensión distribuidos en toda la columna de agua y poder ser consumidos por los peces”.

El informe de la FAO (2020) señala que el estado mundial de la pesca y la acuicultura expresa: “En 2018, la acuicultura continental produjo 51,3 millones de toneladas de animales acuáticos, lo que equivale al 62,5% de la producción mundial de pescado comestible cultivado, en comparación con el 57,9% en 2000”.

Esta situación es una oportunidad de impulsar la actividad acuícola a niveles comerciales como una alternativa de producción de las áreas rurales.

Esta investigación pretende proporcionar datos técnicos, sobre el uso y comportamientos del sistema Biofloc, en la ceba de tilapias rojas, como descomponedor mejora las condiciones del agua en cuanto al contenido de materia orgánica y sus estándar físico y químico, condiciones similares a las de un estanque normal, a la vez contribuye con darle un mejor uso de las fuentes de agua y evitar el uso inadecuado de los afluentes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Bioflocs Technology, señala que Biofloc “son acumulaciones masivas de bacterias y otros microorganismos que conforman unas estructuras amorfas de varios micrómetros hasta varios milímetros llamados flóculos” (Avnimelech, 2015).

En el estudio se utilizó un producto denominado descomponedores de material orgánico (DMO), cuyos microorganismos eficientes permiten al cultivo de tilapias tener ganancia de peso, crecimiento, y mortalidad sin diferencias apreciables en comparación con el control con recambio de agua, además se demuestra que el costo de producción es acorde a la producción de tilapias a un nivel comercial.

Los Microorganismos Eficientes (ME o EM), son considerados un grupo de especies microbianas cuya presencia o inoculación en el suelo es capaz de mejorar fertilidad física, química, biológica y resistencia a patógenos entre otras (Ibáñez, 2011).

Esta tecnología nace en Ryukyu Daigaku en Okinawa, Japón creada por Higa Teruo, profesor de Horticultura en la década de los ochenta, relacionada con el uso de los microorganismos eficientes (Ibáñez, 2011).

Cuando nos referimos a calidad del agua, según Aguirre (2005), es “Cualquier característica del agua que afecta la supervivencia, reproducción, crecimiento, producción o manejo de peces en cualquier forma, los cuales se presentan diversos parámetros permisibles en el cultivo de tilapias”.

Es importante recordar que el biofloc se basa en el uso de inóculos, sustancia adicionada en el agua para acelerar la descomposición de los nitritos, nitratos y amonio que son los residuos orgánicos generados por los peces, se recomienda añadir melaza pues, funciona como carbohidrato soluble para alimentación del biofloc y ayuda a controlar la toxicidad del amonio; como señala Luis A. Jaimes, (comunicación personal, 2018), productor de tilapias de Caldas Colombia.

Un aspecto clave del estudio en la implementación del Biofloc, son los sistemas de aireadores que ayudarán a una circulación constante del oxígeno, el tiempo establecido



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

para que los aireadores permanezcan encendidos es de 24/7, de lo contrario la materia orgánica va al fondo y se descompone afectando su cultivo y la producción.

Para una mejor funcionalidad de los ME, en un cultivo acuícola, debemos tener presente la relación C: N, como lo señala Kubitzka (2011). “La relación C: N de los residuos dependerá mucho de los niveles de proteína de la ración que sea utilizada. Cuanto mayor sea el porcentaje de proteína, mayor será el tenor de nitrógeno en la ración, resultando residuos con baja relación C: N.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó esta investigación con una duración de 150 días (octubre 2019– marzo 2020), se evaluaron de tres tinas, dentro de las instalaciones de Estación Dulce Acuícola de la Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá (ARAP, ubicada en el Instituto Nacional de Agricultura, Corita, corregimiento de Santiago Este, distrito de Santiago, provincia de Veraguas, con las coordenadas UTM (E 532166,31 – N 900173,87).

Las tinas circulares de concreto con superficie de 4,1 m³, dos de ellas denominadas PC 1 y PC 2 con Biofloc la PC 3 (Tina Control) sin Biofloc, pero con entrada de agua de recambio, cada una con una población inicial de 190 alevines, a razón de una densidad de 47 alevines de tilapias rojas por m³; con un peso promedio por alevín de 1,72 g y una talla de 4,25 cm en promedio, sembrados el día 14 de octubre de 2019 y culminando el 13 de marzo de 2020. A todas las tinas se les suministraba aireación mediante un blower de ½ Hp, para la oxigenación artificial. La especie utilizada en el estudio fue la Tilapia Nilótica (*Oreochromis* sp.) producidas en la estación ARAP INA – Corita.

Sistema y dosis de Biofloc

En el desarrollo de esta investigación, se utilizaron los ME de la empresa Agro Biológicos de Panamá (ABP) denominado Descomponedor de Materia Orgánica (DMO), citando el catálogo Ficha Técnica Bacter DMO para uso acuícola (2018), cuyos componentes son de los flóculos bacterianos manipulados en laboratorio: *Bacillus subtilis*, *Bacillus* spp, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Lactobacillus* y *levaduras* a una concentración mínima de 1x10⁹ (UFC/ml).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El DMO se caracteriza por estar formulada con diversas cepas de microorganismos de los géneros *Bacillus*, *Lactobacillus* y *Saccharomyces*, seleccionados como biocontroladores, biorremediadores y probióticos, comunidades microbianas que reducen o eliminan especies patógenas, mejorando el crecimiento y supervivencia de las especies acuáticas, consideradas métodos de control biológicos.

La aplicación del Biofloc como medio de floculación inicial de cada tina, se evaluó el desempeño de los microorganismos eficientes (ME), en las piletas PC 1 y PC 2, antes de la siembra, además de la utilización de un blower eléctrico (Figura 1).



Figura 1. A. Estructuras Utilizadas, B. Aplicación de Biofloc y Aireación, C. Siembra de tilapias.

El proceso de floculación, se mantuvo dando un seguimiento diario y adecuación de las dosis de ME, según los resultados preliminares de la evaluación de los parámetros físicos – químicos del agua, recolectando datos detallados de los cambios correspondientes y la fijación de dosis final del sistema en cada tina estudiada (Cuadro 1).

Esto significa que la dosis establecida en el estudio donde se obtuvo mejores estándares en cuanto a nitrógeno amoniacal, nitrito y nitrato, fue de 12 cc/m³ de agua, diluidos con 30 g de melaza y 1,0 L de agua por tina.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Dosificación del Biofloc (ME) por etapas del cultivo.

| Días/cultivo | Dosis (cc/Tina) | Dosis (cc Total) | Observación |
|--------------|-----------------|------------------|------------------------------|
| 0 | 1,000 | 2,000 | Floculación pre siembra |
| 1 – 50 | 41 | 82 | Dosis inicial |
| 51-70 | 82 | 164 | Dosis por elevación nitritos |
| 71 | 1,000 | 2,000 | Bajar el exceso de solidos |
| 72-73-75 | 100 | 200 | Estabilizar el medio |
| 77 – 152 | 49 | 98 | Dosis final establecida |

Suplementación y tabla de alimentación

Desde el día uno hasta finalizar el estudio, se estableció según tabla de alimentación el suministro de alimento, tomando en cuenta los resultados de los controles biométricos de peso y tallas, se asignó el porcentaje de la tasa de alimentación considerando el peso aproximado de las tilapias. Estos suplementos suministrados contienen 45, 40 y 29% de proteína por etapa del cultivo y en presentación de pellets flotantes.

Control biométrico pesaje de las tilapias

Esta actividad permitió coleccionar, verificar y determinar los datos de evaluación del peso mediante el muestreo biométrico que consiste en el pesaje de las tilapias con el uso de balanza portátil o electrónica digital en gramos, sumatoria y división del resultado entre la cantidad de peces muestreados.

Para el cálculo de la ganancia de peso: $Px = \sum \text{pesaje} / n$

Se procedió a verificar si los peces mantuvieron su peso promedio, al final del tiempo en que se realizó la investigación (Figura 2).

La comprobación se realizó a través de una prueba de medias referente a los pesos promedios al final del período.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los datos:

$$n_1 = 8 \quad n_2 = 8$$

$$\bar{X}_1 = 62.36, \quad \bar{X}_2 = 61.83$$

$$S_1^2 = 4487.23, \quad S_2^2 = 5227.84$$

Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{62.36 - 61.83 - 0}{\sqrt{\frac{4487.23}{8} + \frac{5227.84}{8}}}$$

$$Z = \frac{0.53}{\sqrt{\frac{9715.07}{8}}} = \frac{0.53}{\sqrt{1214.38}} = \frac{0.53}{34.847} = 0.015209, \text{ para } t_{0.025,14} = 2.145$$

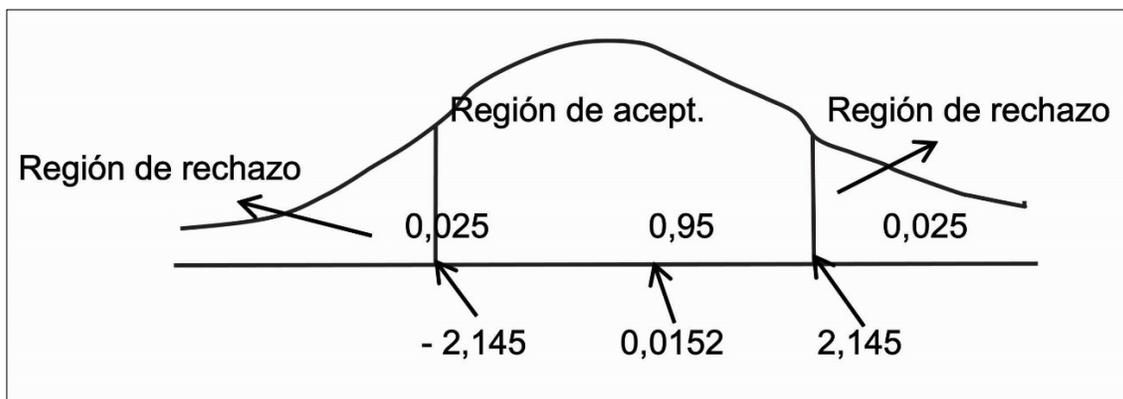


Figura 2. Región crítica del muestreo de peso promedio de las tilapias.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Medición del crecimiento de las tilapias

Muestreo de las tilapias para medición del tamaño (talla), con una regla en centímetros y cálculo de la sumatoria de las tallas muestreadas y se divide entre el No. total, de la muestra.

Para el cálculo de la talla se determina mediante: $T_x = \sum \text{tallas} / n$

Verificamos si existe diferencia significativa entre las tallas promedios de los peces al final de la investigación.

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} = \frac{62.36 - 61.83 - 0}{\sqrt{\frac{4487.23}{8} + \frac{5227.84}{8}}}$$

$$Z = \frac{0.53}{\sqrt{\frac{9715.07}{8}}} = \frac{0.53}{\sqrt{1214.38}} = \frac{0.53}{34.847} = 0.015209, \text{ para } t_{0.025,14} = 2.145$$

Entre las tallas promedio de peces en las tinas en las que se aplicaba la tecnología Biofloc y la tina que se le permanecía suministrando agua, al nivel de significancia del 5% no mostraron diferencia significativa (Figura 3).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

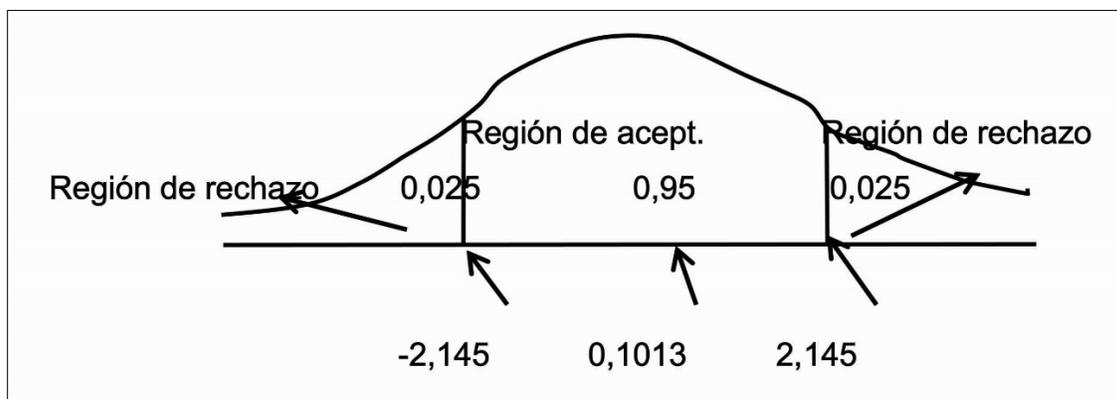


Figura 3. Región crítica de muestreo para la talla promedio de la tilapia.

Cálculo de la mortalidad

Se realizó mediante la observación diaria del proyecto, en donde se anotaban la cantidad de tilapias muertas durante el día o la noche, se recolectaron los datos y se restaba del lote original, calculando el porcentaje de mortalidad respectivo.

Estimación matemática del porcentaje de mortalidad y sobrevivencia existente:

$$\% \text{ mortalidad} = \frac{\text{No. Peces muertos}}{\text{Total de peces existentes}} \times 100$$

Para este control, tenemos una muestra de $n = 30$, revisiones realizadas durante el período de estudio.

La comprobación se realizará a través de una prueba de medias de la cantidad de peces fallecidos.

Los datos:

$$n_1 = 30 \quad n_2 = 30$$

$$\bar{X}_1 = 1,033 \quad \bar{X}_2 = 0,9333$$

$$S_1^2 = 2,4236 \quad S_2^2 = 3,0344$$

Las muestras son aleatorias e independientes y fueron extraídas de una población aproximadamente normal con varianza poblacional desconocida y diferentes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nivel de significancia $\alpha = 0,05$

El estadígrafo
$$Z = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta_0}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Cálculo del estadígrafo de prueba.

$$Z = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 - \Delta = 1,033 - 0,933 - 0$$

$$\frac{0,100}{\sqrt{\frac{5,7676}{30}}} = \frac{0,100}{\sqrt{0,1923}}$$

Z=0,2281, para t_{0,025, 58} = 2,000

Entre el número de peces muertos en las tinas en las que se aplicaba la tecnología Biofloc no mostró diferencias significativas con respecto a la tina con permanentemente suministro de agua, al nivel de significancia del 5% (Figura 4).

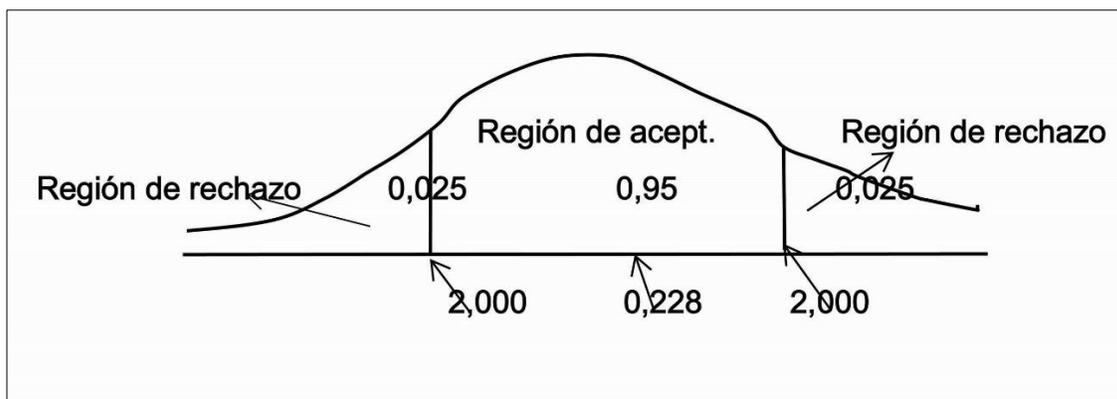


Figura 4. Región crítica de mortalidad.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de los parámetros físicos y químicos del agua

Temperatura: Mediante el uso de una sonda multiparámetro, introduciendo el sensor al agua por unos 45 segundos, se determina diariamente la temperatura del agua, lecturas digitales.

pH: Este parámetro se calculó mediante el uso de la sonda multiparámetro, introduciendo por 45 segundos el sensor al agua y se lee el resultado digitalmente.

Cantidad de oxígeno disponible (COD): Se analizaron los niveles de COD, mediante el uso del reactivo TNT825, con el procedimiento que se detalla a continuación:

- a. Se puso a funcionar el reactor, precalentando a 150° C, se cerró la campana o escudo de seguridad frente al reactor.
- b. Se canalizó cuidadosamente 2,0 ml de la muestra en cada vial por piletta.
- c. Cerrando cada vial y se invirtió para mezclar.
- d. Se colocó y calentó la muestra vial en el reactor durante dos horas.
- e. Se esperó 20 minutos y se retiró los viales, invirtiendo o mezclando dos veces.
- f. Dejar enfriar a temperatura ambiente en porta tubos.
- g. Limpiando a fondo el exterior del vial e insertando la muestra en el soporte de la celda del espectrofotómetro DR 1900, se presionó leer 2 y se anotó los resultados.

Nitrito: se determinó el nitrito de bajo rango por el método de diazotización NitriVer 3. Con los siguientes pasos:

- a. Se utilizó la prueba 371 N, llenando una celda con 10 ml de la muestra.
- b. Se agregó el contenido de una almohadilla de polvo de reactivo NitriVer 3 Nitrito.
- c. Si el nitrito está presente, se formará un color rosado, con el remolino al disolver la mezcla.
- d. Se inició el temporizador del instrumento, comenzando un periodo de reacción de 20 minutos.
- e. Se colocó el instrumento DR 1900 en cero, y la pantalla mostró 0,00 mg/L NO₂-N.
- f. Se limpió la muestra preparada y se insertó en el soporte de la celda y se leyeron los resultados en mg/L NO₂-N.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Nitrato: se determinó el nitrato $\text{NO}_3\text{-N}$ de rango alto y medio mediante el método de reducción con cadmio.

- a. Se inició el programa 355 N, Nitrato, HR PP, se llenó una celda con 10 ml, de la muestra.
- b. Se adicionó el contenido de una almohada del reactivo en polvo NitraVer 5, se colocó el tapón en la celda de la muestra.
- c. Inició el temporizador del instrumento, midiendo el tiempo de reacción de 1 minuto.
- d. Se colocó el tapón de la celda de la muestra, se agitó la celda vigorosamente hasta que expire minuto del temporizador, algo de polvo puede no disolverse, pero no afectar los resultados.
- e. El temporizador del instrumento lleva el tiempo de 5 minutos de reacción, un color ámbar se muestra si hay nitrato presente.
- f. Se colocó el instrumento 0,0 mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$. Se limpió la celda de la muestra preparada.
- g. Dentro de un minuto después que expire el temporizador, se inserta la muestra preparada en el soporte de la celda.
- h. Los resultados se muestran en mg/L.

Nitrógeno amoniacal: se determinó del Nitrógeno Amoniacal, Cianuro de Amonio y Silicato de Amonio.

- a. Se llenó una celda con 10 ml de la muestra y se agregó el contenido de la almohadilla de silicato de amonio en polvo a cada celda de muestra.
- b. Se colocó el tapón en la celda de la muestra y se agitó para disolver el reactivo.
- c. El temporizador del instrumento lleva el tiempo de reacción de 3 minutos.
- d. Después de expirar el tiempo, se agregó el contenido de una almohada de polvo de cianurato de amoniacal en cada celda de muestra.
- e. Se colocó el tapón de la celda de la muestra y se agitó para disolver el reactivo.
- f. El temporizador del instrumento llevó el tiempo de reacción de 15 minutos, para observar si se presenta un color verde que indique si hay nitrógeno amoniacal.
- g. Se limpió el preparado de la muestra y se insertó en el soporte de la celda y presentó el resultado en mg/L de $\text{NH}_3\text{-N}$.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Alcalinidad: kit de la alcalinidad mediante la valoración por recuento de gotas.

- a. El tubo de medición se llenó con la muestra y se vertió en la botella de mezcla.
- b. Se agregó una almohada de Fenolftaleína en polvo y se mezcló el indicador. Si la solución es incolora, la alcalinidad de la Fenolftaleína es cero. Pasar al paso (d).
- c. Si la solución no es incolora, agregue una solución estándar de ácido sulfúrico 0,035 N por gotas, mezcle después de cada gota; cuente las gotas hasta que el color cambie de rosa a incoloro. Multiplique el número de gotas por 20 para obtener el resultado de alcalinidad de Fenolftaleína como CaCO_3 .
- d. Se agregó una almohada de polvo Bromocresol Green-Methyl Red, para mezclar.
- e. Se agregó la solución estándar de ácido sulfúrico 0,035 N en gotas. Se mezcló después de cada gota, cuente las gotas hasta que el color cambie de verde a rosado.
- f. Se calculó el número de gotas del paso 4 (si fue necesario) y el paso 7. Multipliqué el número total de gotas por 20 para obtener el resultado de alcalinidad Total (naranja de metilo) como CaCO_3 .

Dureza: método de conteo de gotas.

- a. Se agregó un tubo de medición lleno de muestra a la botella mezcladora.
- b. También una almohadilla de reactivo en polvo de dureza única a la botella para mezclar.
- c. Se añadió reactivo de titulación de dureza 3 por gotas, cuente las gotas hasta que el color cambie de rosa a azul, sostenga el gotero verticalmente, mezclas después de cada gota.
- d. Se calculó los resultados, cada gota de reactivo dureza 3 equivale a 1 g por galón de dureza como carbonato de calcio (CaCO_3). El resultado puede expresarse en mg/L, multiplicando el número de gramos por galón por 17,1.

Cloruro: método de titulación de conteo de gotas con titulador de nitrato de plata.

- a. Se llenó el tubo de medición con la muestra y se vertió en la botella de mezcla.
- b. Se agregó una almohadilla del indicador Cloruro 2.
- c. Gire la botella hacia la izquierda y hacia la derecha para mezclar.
- d. Se agregó la solución de titulación de nitrato de plata por gotas mezclando en cada gota, se contaron las gotas hasta que cambió a color rojo ladrillo.
- e. Se multiplicó el número de gotas por 20 para obtener el resultado en mg/L.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Fósforo total: Se determinó el fósforo total, rango alto mediante el método de ácido ascórbico. Donde se siguieron los siguientes pasos: Configure el reactor DRB 200 a encendido, ajuste la temperatura a 100° C.

- a. Se retiró con cuidado la tapa del Dosicap Zip y la tapa del vial de prueba.
- b. Se usó una pipeta para agregar 0,5 ml, de muestra al vial de prueba.
- c. Se giró la cremallera del Dosicap para que el lado del reactivo quede en el vial de prueba, apriete la tapa del vial.
- d. Se agitó el vial de 2 a 3 veces para disolver el reactivo en la tapa, se miró a través del extremo abierto del Dosicap para asegurarse de que el reactivo se allá disuelto.
- e. Se insertó el vial en el reactor DRB 200 precalentado, se cerró la tapa y se mantuvo el vial en el reactor durante 1,0 hora.
- f. Cuando el temporizador terminó, se retiró el vial del reactor, se colocó en una gradilla de tubos de ensayo, se dejó que disminuyera el calor a temperatura ambiente.
- g. Se utilizó una pipeta para agregar 0,2 ml de solución B al vial de prueba, se ajustó inmediatamente la tapa del recipiente de la solución B.
- h. Se colocó el Dosicap C en el vial, se apretó la tapa del vial se invirtió el vial de 2 – 3 veces e inició el tiempo de reacción por 10 minutos.
- i. Pasado los 10 minutos, se realizó la inversión del vial de 2 a 3 veces.
- j. Se limpió el vial, se seleccionó en el reactor DR 1900 el programa 844, se insertó el vial en el soporte de la celda y se realizó la lectura del resultado en mg/L de PO_4^{3-} .

Costo de producción

El costo de producción para el cultivo de 500 tilapias en sistema Biofloc se estimó para un cultivo normal de 5 meses de producción, tomando en cuenta la semilla de tilapia, biofloc, alimento, blower, energía eléctrica y mano de obra.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ganancia de peso y talla

Estos resultados enfatizan citando a Rodríguez Gómez y Anzola Escobar (2009). Señalan: “Las diferentes variables que intervienen en un estanque como son las relaciones tróficas. biocenosis establecidas, capacidad de reciclaje de los nutrientes, autoproducción y autodepuración de los mismos y los parámetros fisicoquímicos del agua determinan la



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

variación, cantidad y calidad de los organismos que viven en él. Toda especie tiene un rango óptimo para desarrollarse normalmente, el cual está básicamente dado por la temperatura, oxígeno, tipo y cantidad de nutrientes sólidos disueltos, salinidad. pH, dureza, alcalinidad, etc.” Por estas razones entendemos que el ecosistema de producción acuícola, permite la interrelación de los diversos componentes para el desarrollo de las especies que habitan en él, sin embargo, podemos considerar el Biofloc como un plus adicional natural que facilita el descomponer los desechos del entorno y facilitar una mejor calidad del agua y de sus parámetros fisicoquímicos, sin alterar significativamente el ecosistema, permitiendo sus funcionalidad y la adaptación de la tilapia a un sistema de producción sostenible (Cuadro 2).

Cuadro 2. Ganancia de peso y talla en piletas con Biofloc.

| | Tina C 1 | | Tina PC 2 | | Tina PC 3 | |
|--------------------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | Peso PC 1 | Talla PC 1 | Peso PC 2 | Talla PC 2 | Peso PC 3 | Talla PC 3 |
| Media | 64,89375 | 12,76375 | 62,355 | 12,68625 | 61,8325 | 12,37 |
| Error típico | 25,313267 | 2,2611809 | 23,683398 | 2,1581912 | 25,563259 | 2,1744975 |
| Mediana | 42,475 | 12,59 | 41,405 | 12,18 | 36,24 | 11,735 |
| Moda | #N/D | #N/D | #N/D | #N/D | #N/D | #N/D |
| Desviación estándar | 71,596731 | 6,3955854 | 66,986766 | 6,1042864 | 72,303815 | 6,1504077 |
| Varianza de la muestra | 5126,0919 | 40,903513 | 4487,2268 | 37,262312 | 5227,8417 | 37,827514 |
| Curtosis | 0,5074005 | -1,263028 | 0,8048068 | -1,116564 | 1,8535164 | -0,777917 |
| Coeficiente de asimetría | 1,1690756 | 0,1898858 | 1,1957 | 0,1407998 | 1,5035498 | 0,3178187 |
| Rango | 199,88 | 17,86 | 191,28 | 17,4 | 209,19 | 17,93 |
| Mínimo | 1,72 | 4,25 | 1,72 | 4,25 | 1,72 | 4,25 |
| Máximo | 201,6 | 22,11 | 193 | 21,65 | 210,91 | 22,18 |
| Suma | 519,15 | 102,11 | 498,84 | 101,49 | 494,66 | 98,96 |
| Cuenta | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| Mayor (1) | 201,6 | 22,11 | 193 | 21,65 | 210,91 | 22,18 |
| Menor (1) | 1,72 | 4,25 | 1,72 | 4,25 | 1,72 | 4,25 |
| Nivel de confianza 95,0% | 59,856365 | 5,3468432 | 56,002338 | 5,1033111 | 60,447502 | 5,1418695 |



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Análisis de la mortalidad

La mortalidad indica que la diferencia entre cultivar tilapias añadiendo microorganismos eficientes (Biofloc), mantienen baja la mortalidad en comparación con el manejo del cultivo tradicional que conlleva el recambio de agua constante del estanque o en una tina (Cuadro 3).

Cuadro 3. Mortalidad de tilapias con sistema Biofloc.

| | <i>Mortalidad PC 1</i> | <i>Mortalidad PC 2</i> | <i>Mortalidad PC 3</i> |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Media | 1,06896552 | 1,03448276 | 0,96551724 |
| Error típico | 0,28909164 | 0,32347695 | 0,41665676 |
| Mediana | 1 | 0 | 0 |
| Moda | 1 | 0 | 0 |
| Desviación estándar | 1,55680613 | 1,74197668 | 2,24376531 |
| Varianza de la muestra | 2,42364532 | 3,03448276 | 5,03448276 |
| Curtosis | 7,9916944 | 3,32977534 | 5,58729529 |
| Coefficiente de asimetría | 2,68345532 | 2,03344157 | 2,61336367 |
| Rango | 7 | 6 | 8 |
| Mínimo | 0 | 0 | 0 |
| Máximo | 7 | 6 | 8 |
| Suma | 31 | 30 | 28 |
| Cuenta | 29 | 29 | 29 |
| Mayor (1) | 7 | 6 | 8 |
| Menor (1) | 0 | 0 | 0 |
| Nivel de confianza (95%) | 0,59217738 | 0,66261249 | 0,85348268 |

Podemos reafirmar lo que indicamos al principio y que señala Kubitzka, 2016 en *Panorama de Acuicultura*, 26 (154), (Adaptado por Dirección de Acuicultura, 2017), "El nitrito es un compuesto nitrogenado mucho más tóxico para los peces que el propio amoníaco. Dicho compuesto se combina en la sangre de los animales a su hemoglobina e impide que transporte el oxígeno hacia los demás tejidos del cuerpo. Cuando el gas



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

carbónico está en exceso en el agua, dificulta la respiración de los animales (difusión de oxígeno a través de las branquias) en los peces. Por lo tanto, la combinación de oxígeno en bajo nivel, alto gas carbónico y elevados niveles de nitritos se convierte en un cóctel mortal para los peces”. Resaltamos los resultados de muestreo y análisis de los niveles de nitrito durante toda la fase de la investigación se lograron mantener en promedio de 0,00 mg/L, esto nos indica que la dosis de 12 cc/M³ del Biofloc, mantuvo la calidad óptima del agua para el cultivo de tilapias, evitando una mortalidad superior al 15%, es decir que los Microorganismos Eficientes tienen la capacidad de limpiar y reducir la contaminación por la descomposición de materiales orgánicos en el ecosistema de la tina.

Otro aspecto relevante del desempeño de los Microorganismos Eficientes del Sistema Biofloc vs. el desarrollo del cultivo de tilapias, es que facilitan un entorno natural y logra mantener niveles aceptables de los parámetros físicos y químicos del agua, situación que la podemos nombrarle como sistema Ecoacuícola.

Evidenciando las medias de la temperatura promedio en las piletas evaluadas, PC 1 (27,11° C); PC 2 (27,3° C) y pileta control PC 3 (27,76° C). Datos colectados durante los cinco meses del estudio en época de invierno y verano, que indica una temperatura estable y sin diferencias en cada pileta.

En los controles se promediaron los resultados del pH en cada una de las piletas, durante los cinco meses de investigación, con los siguientes promedios calculados: PC1 (pH 8,2); PC 2 (pH 8,2) y pileta control (pH 8,3).

Los factores físico – químicos, indicaron que el sistema Biofloc con respecto a un medio natural (recambio de agua), mantiene el pH del agua, no hay significativa diferencia en cada pileta durante el proceso.

En este punto citamos a Landino-Orjuela y Rodríguez-Pulido (2009). Señalan: “La combinación de una bacteria ácido láctica, una bacteria fototrófica y una levadura también conocida como EM (effective microorganisms) se desarrolla en un medio con pH ácido de 4 o menor el cual es producto de la fermentación anaeróbica de los carbohidratos



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

contenidos en la melaza, es promocionada por lo que han denominado su capacidad sinérgica, sintropica y metabiotica para ser empleada en muchos campos, multipropósito; uno de ellos es la disminución de la capacidad contaminante de las aguas servidas dada su capacidad para desdoblar la materia orgánica. Sin embargo, no se conocen reportes en acuicultura que permitan establecer su efectividad en el mejoramiento de la calidad del agua empleada en cultivo”. Podemos señalar que este estudio promueve en primer lugar una nueva condición de desarrollo de lactobacillus en un pH > 4, en segundo lugar, el Biofloc proporciona un mejoramiento en la calidad del agua sustentado en el desarrollo, peso y crecimiento de las tilapias cultivadas.

La disponibilidad de oxígeno es de importancia para el cultivo de tilapias, se obtuvo un promedio de COD en la tina PC 1 (5,92 Mg/L). en la Tina PC 2 (5,54 Mg/L). y en la tina Pileta control (5,07 Mg/L). Lo que nos demuestra que no hay gran diferencia de COD, entre las tres tinas evaluadas, rango aceptable en el cultivo de las tilapias.

En este punto es importante resaltar la influencia del estado del tiempo lluvioso, donde se pudo observar que en días nublados, el comportamiento de las tilapias disminuye en el consumo de alimentos, por lo tanto se puede alcanzar mayor grado de descomposición de este residuo lo cual afecta la calidad del oxígeno disponible y de un posible aumento del amoníaco y de los nitritos, por tal razón se disminuye o se suspende el suministro de alimento hasta que se normalice el estado del tiempo, evitando así la mortalidad de los peces en cultivo.

Se promedió los niveles de nitrito en cada pileta con un rango para cada pileta con los siguientes resultados: PC 1 (0,22 Mg /L); pileta PC 2 (0,00 Mg/L) y Pileta control (0,33 Mg/L), lo cual nos indica que las piletas con Biofloc mantuvo un rango menor que la pileta con recambio de agua.

Los promedios obtenidos en el estudio de Nitrato fueron en las tinas las siguientes: PC 1 (0,00 mg/L); PC 2 (0,00 mg/L) y Pileta control (0,00 mg/L). Este resultado podemos resaltar citando a Mollapaza (2017). “Cuando los niveles de nitratos empiezan a



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

aumentar progresivamente, se deben realizar cambios parciales de 20 a 30% de agua cada 3 a 4 días hasta que la situación se estabilice”; sin embargo, los controles de calidad de agua sin recambio de agua, mantuvieron niveles de 0,0 mg/L en todo el período de evaluación de la investigación.

En cuanto a los promedios obtenidos de los muestreos de Nitrato y Nitrógeno Amoniacal, se obtuvieron los siguientes resultados: Pc 1 (0,00 mg/L; Pc 2 (0,00 mg/L) y Pileta control (0,00 mg/L), esto nos indica que es favorable para el desarrollo de las tilapias y la salud humana.

En el promedio de alcalinidad en las tres tinas fue: PC 1 (137 mg/L); PC 2 (140 mg/L) y Pileta control (160 mg/L). Estos resultados indican que el sistema Biofloc, se mantuvo en el rango permisible y la tina con recambio mostro un mínimo de elevación de la alcalinidad, sin embargo, no es causa de efectos negativos.

Los controles aplicados nos indican que los análisis de dureza promediaron los siguientes datos: PC 1 (71,82 mg/L); PC 2 (75,24 mg/L) y Pileta control (92,34 mg/L), indican un rango de dureza de agua suaves a moderadamente suaves, característico de la mayoría de los recursos hídricos de Panamá, lo cual es una ventaja comparativa en relación a otros países latinos.

Los controles de cloruros en las tres tinas promediaron los siguientes datos: PC 1 (60 mg/L); PC 2 (56 mg/L) y Pileta control (52 mg/L). No hay diferencias la cantidad de cloruro en el agua y resalta bajo contenido de este elemento.

El fosfato total indicó según los siguientes promedios: PC 1 (10,31 mg/L); PC2 (9,28 mg/L) y Pileta control (3,88 mg/L), que son valores aceptables para el cultivo de tilapias. Otro aspecto relevante es que en la época de verano sólo fue necesario el reponer agua en las piletas con biofloc, por efectos de la evaporación por los rayos solares, se realizaba esta acción cada semana, donde se tenía 7,0 cm de evaporación.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Podemos resaltar el consumo de alimentos y las diferencias de peso de la producción, como se refleja en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Población final, consumo total alimento y peso final.

| Población Tilapias | | | Consumo Alimento (kg) | | | Peso Total (kg) | | | Conversión | | |
|--------------------|------|------|-----------------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|------------|------|------|
| PC 1 | PC 2 | PC 3 | PC 1 | PC 2 | PC 3 | PC 1 | PC 2 | PC 3 | PC 1 | PC 2 | PC 3 |
| 159 | 160 | 160 | 14,92 | 13,89 | 14,83 | 32,02 | 30,85 | 34,13 | 0,47 | 0,45 | 0,43 |

Producción en kilogramos que generó las piletas con ME:

Pileta PC 1: una producción de 7,81 kg/m³, con una población de 39 peces/m³. Con un peso promedio 200 g/tilapia.

Pileta PC 2: tenemos una producción de 7,52 kg/m³, una población de 39 tilapias/m³, y un peso promedio de 193 g/tilapia.

Pileta control PC 3: sin Microorganismos Eficientes, se obtuvo una producción de 8,32 kg/m³, una población de 39 tilapias/m³, y un peso promedio de 213,55 g/tilapia.

En cuanto al costo de producción del proyecto, la proyección de la producción y sus beneficios/costo, los datos se tomaron en base a la población de cultivo al momento del estudio, con los insumos utilizados para el mismo, sin embargo, puede ser útil como referencia en contraste con el costo de un proyecto acuícola de tilapias tradicional, donde uno de los elementos a tomar en cuenta es la utilización de menor cantidad de suplemento para los peces, considerando que este es el insumo de mayor exigencia, representando el 60% del costo de producción (Cuadro 5), se totaliza 56,699 kg de suplemento suministrados en toda la fase de investigación de 5 meses, donde se indica que producir 0,45359 kg de carne de tilapias, se debe consumir 0,907 kg de alimento, el estudio arrojó una producción de 97 kg, por lo tanto en un proyecto normal de cultivo de tilapias, se debieron haber consumido un total de 193,99 kg de alimento para tilapias. Este resultado nos indica que se redujo la cantidad de alimento suministrado en un 50% de la inversión total en suplemento alimenticios.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Costo de producción para 500 tilapias en Biofloc.

| Insumo | Cantidad | Costo Unit. | Costo Total |
|----------------------|----------|-------------|---------------|
| Semillas Tilapias | 500 | 0,03 | 15,00 |
| Tina/ mes | 5 | 10,00 | 50,00 |
| Biofloc (cc) | 2160 | 0,013 | 28,08 |
| Alimento 45 % (L) | 20 | 0,94 | 18,80 |
| Alimento 40 % (L) | 25 | 0,80 | 20,00 |
| Alimento 29 % (L) | 30 | 0,65 | 19,50 |
| Alimento 24 % (L) | 50 | 0,50 | 25,00 |
| Blower /Luz Elec. /M | 5 | 3,00 | 15,00 |
| Mano de Obra | 5 | 30 | 150,00 |
| Sub Total | | | 341,38 |

Mortalidad (15%) = 75 tilapias

Producción:

425 tilapias con peso final = 97 kg totales

Precio de Venta: B/. 3,85/kg

Venta Total = 97 (3,85) = 373,45

Ganancia Neta = 373,45 – 341,38 = B/. 32,07

Beneficio/Costo = 373,45 / 341,38 = B/. 1,09

Calidad organoléptica de la carne de tilapias en biofloc

Al finalizar el estudio, para determinar alguna característica en cuanto al sabor o color en la carne de las tilapias, se pudo comprobar con la preparación de una muestra, que las tilapias en sistema Biofloc, que tienden a tener un sabor levemente más marisco sin empalagar, con atractivo al degustarlo en la preparación que se requiera, es la única diferencia con respecto a la tilapias cultivada sin recambio de agua, mantiene el color propio de la especie tilapias al igual que la textura de la carne firme y maciza, perfecta para fileteo u otro valor agregado que se desee aplicar a nivel comercial. Este aspecto posiblemente puede ser atribuido a la aplicación de melaza al Biofloc, como medio de alimentación de los microorganismos eficientes.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- Los valores promedios de los rangos físico químicos registrados en las tinas durante el cultivo de las tilapias, evidenciaron la funcionabilidad del sistema Biofloc, en el espacio, mantenimiento del cultivo, aportes del proceso autótrofo de los ME, traducidos en alimento natural, mantenimiento del recurso hídrico y, finalmente, producción de proteína facilitando un ambiente denominado Ecoacuicultura.
- En las variables de peso, talla y mortalidad, usando sistema Biofloc sin recambio de agua, no se registraron cambios significativos para los peces cultivados en Biofloc y los peces con recambio de agua.
- Se evidenció en el estudio un menor consumo de suplemento de un 50% en toda la fase del estudio, lo que se traduce en un menor gasto en este recurso, considerando que en el costo de producción representa el 60% de la inversión.

REFERENCIAS

- Aguirre, J. I. (2005). Guía Técnica de Acuicultura Rural, Manual para la instalación y manejo de proyectos acuícolas. MIDA, Panamá, 144 p.
- Avnimelech, Y. (2015). Bioflocs Tehcnology: una guía práctica, 3.^a edición. La Sociedad Mundial de Acuicultura, Baton Rouge, Luisiana. Estados Unidos.
- Agro Biológicos de Panamá. (2018). Ficha Técnica Bacter DMO Para Uso Acuícola. <https://agrobiologicospanama.com/1/?product=bio-bactericida-bacter-dmo>
- Mollapaza Pandia, T. (2017). “Evaluación de las vías de transformación de los compuestos nitrogenados en dos sistemas cerrados de cultivo de Paiche *Arapaima gigas*”. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú. pp. 9-10. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3278/mollapaza-pandia-teresa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Palma Ponce, L. M., Ordoñez Guillen, K. A., y Ordoñez Oyuela, A. S. (2018). Aplicación de la técnica de Biofloc, usando sustratos naturales, y Probióticos en el cultivo de *Oreochromis* sp. en sistema de cero recambios de agua. Centro Universitario Regional del Litoral Pacífico, Honduras. p. 26.

<https://www.megasupply.net/wp-content/uploads/2020/11/Aplicacion-de-la-tecnica-de-Biofloc-en-Tilapia-Honduras-2018.pdf>

Rodríguez Gómez, H., y Anzola Escobar, E. (2001). *La calidad del agua y la productividad de un estanque en acuicultura*. Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, Capítulo III 43-71. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34940>

Gómez, A. (2023). Uso de Microorganismos eficientes con tecnología biofloc en la producción de tilapias. <https://revistas.umecit.edu.pa/index.php/index/search/search>

Ibáñez, J. J. (2011). Microorganismos Eficientes o Efectivos y Rehabilitación de suelos. Madri+d Blog. <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2011/03/02/137556>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2019). Papel de la FAO en la acuicultura. <http://www.fao.org/aquaculture/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). Informe Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. <https://www.fao.org/publications/sofia/2020/es/>

Landino-Orjuela, G., y Rodríguez-Pulido, J. A. (2009). Efecto de *Lactobacillus casei*, *Saccharomyces Rhodopseudomona palustris* (microorganismos eficientes em) y melaza en la ganancia de peso de tilapias (*Oreochromis* sp) en condiciones de laboratorio. *Revista ORINOQUIA*, 13(1), 31-36.

https://www.researchgate.net/publication/38105532_Efecto_de_Lactobacillus_casei_Saccharomyces_Rhodopseudomona_palustris_microorganismos_eficientes_em_y_melaza_en_la_ganancia_de_peso_de_tilapias_Oreochromis_sp_en_condiciones_de_laboratorio



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Kubitza, F. (2011). Cultivos de Tilapias en Sistemas de BIOFLOCS, Sin Renovación de Agua. Panorama da Acuicultura. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca. Dirección de Acuicultura. https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/archivos/000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/130808_Cultivo%20de%20tilapias%20en%20sistemas%20con%20bioflocos.pdf

Kubitza, F. (2016). Producción segura en estanques y sus fundamentos I. Panorama da Acuicultura, 26 (154), (Adaptado por Dirección de Acuicultura, 2017). https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/acuicultura/publicaciones/archivos/000000_Desarrollos%20Acu%C3%ADcolas/170607_Producci%C3%B3n%20segura%20en%20estanques%20y%20sus%20fundamentos.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaetothripinae) EN MARAÑÓN EN RÍO HATO, PANAMÁ¹

**Randy Atencio-Valdespino²; Anovel Barba-Alvarado³;
Melvin Jaén⁴; Vidal Aguilera-Cogley⁵**

RESUMEN

El trips de banda roja, *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaetothripinae), es conocido como una especie polífaga dentro de diversas especies frutales, que incluye el marañón (*Anacardium occidentale* L.) (Sapindales: Anacardiaceae). El objetivo del trabajo fue determinar los caracteres taxonómicos, daño y la correlación de la temperatura y precipitación con la fluctuación poblacional *S. rubrocinctus* en una plantación de marañón en Río Hato, Panamá. El estudio se realizó durante 12 meses considerando el período seco y lluvioso de la zona. Se realizaron muestreos mensuales de julio de 2021 a junio de 2022 en hojas de árboles de marañón. Con los trips capturados se realizaron micropreparados para describir las características taxonómicas y se describieron los daños de *S. rubrocinctus*. La fluctuación poblacional de los adultos e inmaduros presentó el mayor pico poblacional en el mes febrero de 2022 correspondiendo al de mayor densidad poblacional registrado en el período seco. Existe una correlación negativa significativa entre las poblaciones del trips y las precipitaciones. En el caso de la temperatura a pesar de mostrar una correlación positiva moderada la misma no fue significativa. Este estudio constituye un aporte al conocimiento del daño y fluctuación poblacional de esta especie fitófaga de marañón en Panamá.

Palabras claves: *Anacardium occidentale* L., trips de banda roja, taxonomía, precipitación, temperatura.

¹Recepción: 1 de agosto de 2022. Aceptación: 25 de noviembre de 2022. Estudio realizado dentro del Proyecto de identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios en el marañón.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIA-Divisa). Entomólogo. e-mail: randy.atencio@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³IDIAP. CIA-Divisa. Entomólogo. e-mail: anovelbarba@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>

⁴IDIAP. Estación Experimental de Río Hato. Gerente de Proyecto de identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios emergentes en el marañón. e-mail: mjaen_31@yahoo.es , <https://orcid.org/0000-0002-6006-3463>

⁵IDIAP. CIA-Divisa. Laboratorio de Protección Vegetal. Micología. e-mail: vidalaguilera@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-7647-3208>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

POPULATION FLUCTUATION OF *Selenothripsrubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaethripinae) IN CASHEW IN RÍO HATO, PANAMA

ABSTRACT

The red-banded thrips, *Selenothripsrubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaethripinae), is known as a polyphagous species among several fruit species, including cashew (*Anacardium occidentale* L.) (Sapindales: Anacardiaceae). The objective of the work was to determine the taxonomic characters, damage, and correlation of temperature and precipitation with the population fluctuation of *S. rubrocinctus* in a cashew plantation in Río Hato, Panama. The study was conducted during 12 months, considering the dry and rainy periods of the area. Monthly samplings were carried out from July 2021 to June 2022 in the leaves of cashew trees. With the captured thrips, microscope slides were made to describe the taxonomic characteristics and the damage of *S. rubrocinctus*. The population fluctuation of adults and immatures presented the highest population peak in the month of February 2022, corresponding to the highest population density recorded in the dry period. There is a significant negative correlation between thrips populations and rainfall. In the case of temperature, despite showing a moderate positive correlation, it was not significant. This study constitutes a contribution to the knowledge of damage and population fluctuation of this phytophagous species in Panama.

Key words: *Anacardium occidentale* L., thrips red-banded, taxonomic, precipitation, temperature.

INTRODUCCIÓN

La especie de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Thysanoptera: Thripidae: Panchaethripinae) conocida como el trips de la banda roja fue reportada inicialmente en Guadalupe (Indias Occidentales Francesas) causando daño en cacao (*Theobroma cacao* L.) (Malvaceae) y se determinó posteriormente su amplia distribución en diversas zonas tropicales y subtropicales que incluyen localidades en los continentes de Asia, África, América (incluido Panamá) e Islas del Pacífico (Brown y Chin, 2013; Denmark y Wolfenbarger, 2019).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El trips de banda roja es una plaga que ataca diversos árboles frutales tropicales y plantas ornamentales que incluye además del cacao, el mango (*Mangifera indica* L.) (Sapindales: Anacardiaceae) y el aguacate (*Persea americana* Mill.) (Laurales: Lauraceae) (Brown y Chin, 2013; Denmark y Wolfenbarger, 2019).

En Panamá la especie ha sido reportada como una especie asociada a hojas de achiote (*Bixa orellana* L.) (Malvales: Bixaceae), cacao, eucalipto (*Eucalyptus* sp.) (Myrtales: Myrtaceae) y el marañón (*Anacardium occidentale* L.) (Sapindales: Anacardiaceae) (Mound y Marullo, 1996; Goldarazena et al. 2012).

Luego de pasar por la etapa de huevo, dos estadios ninfales, pre-pupa, pupa y adulto, el ciclo biológico de *S. rubrocinctus* se completa cerca de los 30 días (Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas, 2022).

La biología de esta especie se obtuvo en laboratorio con la construcción de tablas de vida utilizando hojas de árboles de cas o guayaba de monte (*Psidium friedrichsthalianum* [O. Berg] Nied) (Myrtales: Myrtaceae) donde se obtuvo una alta mortalidad en los estados de huevo (72,5%) y larva II (18,4%) (Soto-Rodríguez y Retana-Salazar, 2005).

La distribución dentro de la hoja se puede clasificar como distal primario (subvascular) para los estadios inmaduros (alimentación a lo largo de la vena central y secundarias) y de submarginal intervenal para la pupa, en la cual los insectos se ubican en pequeños grupos sobre la lámina entre el área distal de la vena principal de la hoja (Lewis, 1973; Soto-Rodríguez y Retana-Salazar, 2005).

En condiciones naturales, la distribución del insecto se ve restringida a patrones definidos, producto del calor y humedad existentes (son muy susceptibles a la exposición directa al sol), puesto que dichos patrones pueden ocurrir en forma independiente o se desarrollan en adición de otros (Lewis, 1973; Soto-Rodríguez y Retana-Salazar, 2005).

El objetivo de este trabajo fue determinar los caracteres taxonómicos, daño y la correlación de la temperatura y precipitación con la fluctuación poblacional *S. rubrocinctus* en una plantación de marañón en Río Hato, Panamá.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el período de julio de 2021 a junio de 2022 en la Finca Experimental Río Hato Sur del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) localizada en el corregimiento de Río Hato, distrito de Antón, provincia de Coclé, con las coordenadas UTM X: 610204.60, Y:884431.71, en el hemisferio norte.

El estudio se realizó dentro de una plantación de marañón de variedad brasileña “enana precoz” de origen brasileño con árboles adultos entre 5 m y 6 m de altura establecidos desde el año 1996 (Figura 1).



Figura 1. Plantación de marañón con la variedad “enana precoz” (a), flores (b) y frutos (c), Río Hato, Coclé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La zona del estudio presenta un clima tropical de sabana (Am) y de acuerdo con la clasificación climática de Köppen y Geiger, con periodos secos cortos (Autoridad Nacional del Ambiente, 2010; Climate Data, 2022).

La época seca se registra usualmente durante el período entre enero y abril, con precipitación total de 94,2 mm con una temperatura promedio de 28,43° C y un período lluvioso que va de mayo a diciembre con una precipitación total de 1225,9 mm con una temperatura promedio de 28,43° C (Empresa de Transmisión Eléctrica S.A. [ETESA], 2022).

Se realizaron muestreos mensuales de julio de 2021 a junio de 2022. A partir de la metodología desarrollada por De la Iglesia y Lambert (2001) y Capetillo-Concepción et al. (2014) en cada muestreo se seleccionaron al azar cinco árboles de marañón. De cada uno se colectó al azar una hoja y una flor que fueron introducidas separadas dentro de bolsas plásticas con cierre mágico (16,5 cm x 8,2 cm).

Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Protección Vegetal (LPV) del Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD) del IDIAP, en la localidad de los Canelos, provincia de Herrera, Panamá.

Los trips se removieron con un pincel humedecido con alcohol, se depositaron en frascos con alcohol al 70% y se contabilizaron con ayuda de un microscopio estereoscópico.

Para determinar las especies de Thysanoptera presentes en las muestras se realizó el montaje en láminas fijas de especímenes donde se utilizó la metodología propuesta por Mound y Kibby (1998) y por Barba y Suris (2015), la cual consistió en colocar inicialmente los especímenes en una solución de NaOH al 10% durante 60 minutos y posteriormente fueron sometidos a una deshidratación progresiva de alcoholes de 70% a 100%.

Para la identificación de *S. rubrocinctus* se utilizaron las claves y caracteres taxonómicos de adultos y ninfas descritos por Mound y Marullo (1996), y Taddei et al. (2021). Los trips identificados se depositaron en la colección de Entomología del LPV del CIAD - IDIAP.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se contabilizó los adultos e inmaduros (considerando los dos estadios ninfales, prepupa y pupa encontrados del trips) de las muestras obtenidas.

La información obtenida fue graficada y se realizó un análisis de correlación de Pearson entre fluctuación poblacional de *S. rubrocinctus* y los factores abióticos temperatura y precipitación pluvial mensual durante el período de estudio, para lo cual se utilizó la función de análisis de datos dentro de Microsoft Excel 2016. Los datos de temperatura y precipitación se tomaron de las estaciones meteorológicas de ETESA (2022) próximas a la localidad de la plantación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación y daños de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard)

Los adultos del trips son de color café oscuro a negro y pueden medir de 1 a 1,3 mm de longitud, con dos pares de alas angostas que descansan a lo largo de la parte posterior del trips en reposo (Figura 2). Las hembras introducen sus huevos sobre la epidermis de la hoja y los cubre con una secreción que se torna oscura hasta secarse (Galdámez, 2004; Brown y Chin, 2013).

Las ninfas son de color amarillo cremoso con dos bandas de color rojo brillante alrededor del abdomen. Entre los pelos terminales del abdomen, acarrean una pequeña bola de excremento líquido (Figura 3) (Galdámez, 2004).

En el marañón los daños observados por las ninfas (inmaduros) y los adultos (Figura 4) destruyen las células de las hojas donde prefieren follaje joven donde se alimentan. Las hojas inicialmente se tornan cloróticas y después plateadas (Figura 5) hasta causar el secamiento de la hoja y la caída, que concuerda con los descrito por otros autores (Galdámez, 2004; Brown y Chin, 2013).

Los trips dejan gotitas de color oscuro antiestético o manchas de excremento en la superficie de las hojas donde se alimentan lo que provoca el plateado, la distorsión y la caída de las hojas, así como daños en la fruta, secamiento de las inflorescencias y desmejora la calidad de la semilla (Galdámez, 2004). Luego de atacar el envés de las



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

hojas, ápices, inflorescencias y frutos, la lesión incluye un aspecto general cenizo oscuro en el follaje con caída de las hojas, que induce una defoliación parcial o total de los árboles, (Galdámez, 2004; Brown y Chin, 2013).

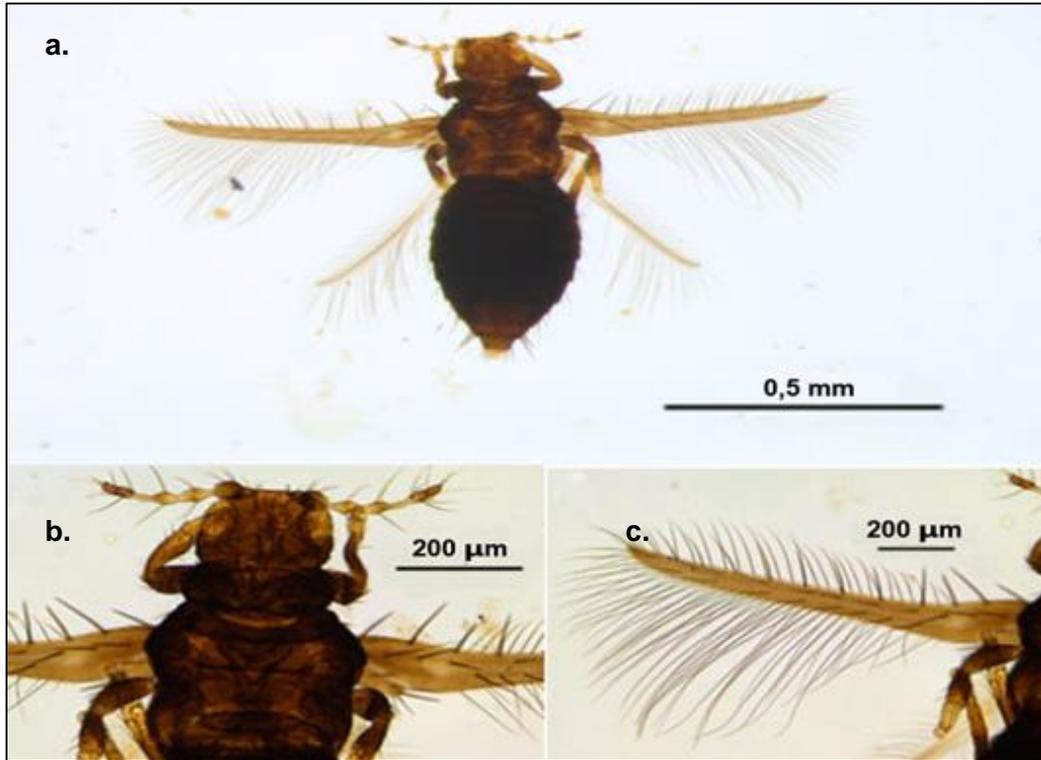


Figura 2. *Selenothrips rubrocinctus*: Adulto (a), cabeza-pronotum-mesonotum-metanotum (b) y alas (c). Capturado en hojas de marañón en Río Hato, Coclé.

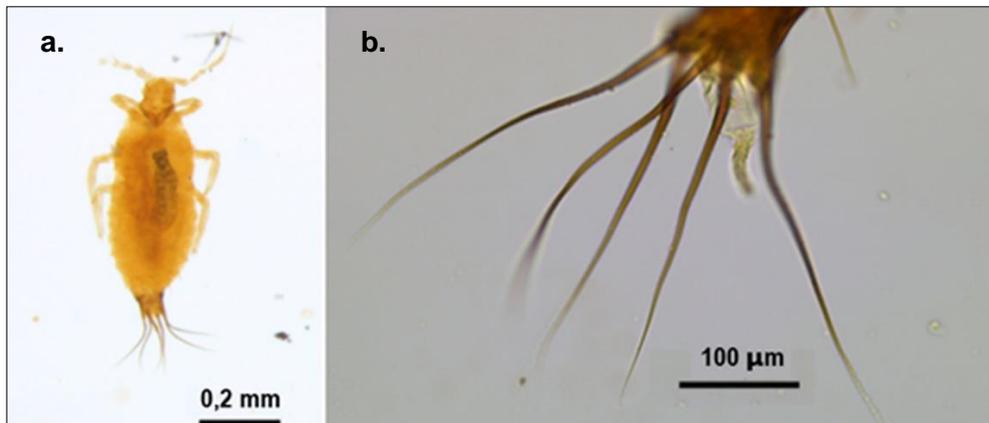


Figura 3. *Selenothrips rubrocinctus*: Ninfa (a) y último segmento del abdomen (b). Capturado en hojas de marañón en Río Hato, Coclé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 4. Apariencia de la ninfa (a) y el adulto (b) de *S. rubrocinctus*.



Figura 5. Daño de apariencia plateada en la hoja de marañón ocasionado por el ataque de *S. rubrocinctus*.

Fluctuación poblacional

El período de 12 meses en el que se desarrolló el estudio, dio como resultado la colecta de 518 especímenes de los cuales 227 fueron adultos (43,82%) y 291 fueron inmaduros (56,18%).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Del total de especímenes capturados (todos los estadios) 492 (94,98%) se capturaron en hojas y 26 especímenes (5,02%) en flores. En las hojas fueron encontrados tanto adultos (38,80% del total de captura) como inmaduros (56,18% del total de captura) y en las flores solo adultos (5,02%) sin presencia de inmaduros. La planta de marañón a partir de estos elementos se puede considerar planta hospedera de la especie.

En el caso de las flores los resultados indican que no hubo la presencia de estadios inmaduros y que la población de adultos de *S. rubrocinctus* capturados es principalmente en el período seco.

La fluctuación poblacional de adultos e inmaduros se manifestó durante el período seco y lluvioso en que se realizó el estudio, con el pico poblacional de adultos e inmaduros más alto en el mes de febrero 2022 que correspondió al de mayor densidad poblacional del período seco (Figura 6).

La menor densidad poblacional de adultos se dio en el mes de agosto (11 especímenes durante el mes) en período lluvioso y la menor densidad poblacional de inmaduros se dio entre los meses de octubre y noviembre en periodo lluvioso (Figura 6). El mes de agosto presentó temperaturas de 27,4° C y precipitaciones de 129,6 mm, en tanto que el mes de octubre presento 27° C de temperatura y 214,9 mm de precipitación, y el mes de noviembre presento 27,1° C de temperatura y 201,7 mm de precipitación.

La fluctuación de la precipitación varió de 7,2 mm en período seco a 214,9 mm en período lluvioso y la temperatura promedio vario de 27° a 29,1° C (Figura 6).

El análisis de correlación de Pearson indicó que existe una correlación negativa con un coeficiente de -0,7176, y una significancia ($P < 0,05$) entre las precipitaciones y el total de especímenes capturados (en hojas y flores). Por otro lado, indicó que existe una correlación positiva moderada con un coeficiente de 0,5582, no significativa ($P > 0,05$) entre la temperatura promedio y el total de especímenes capturados (en hojas y flores).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

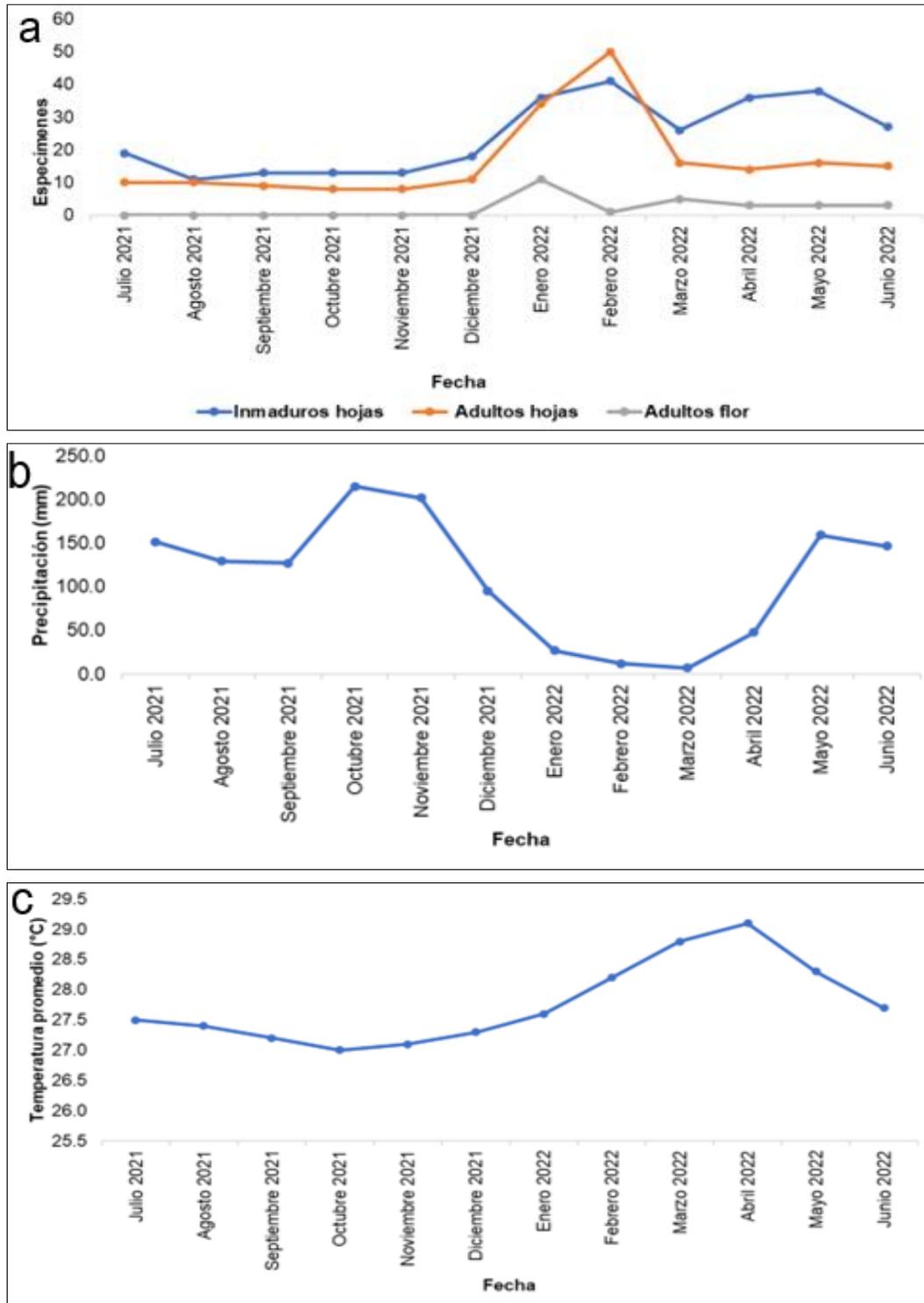


Figura 6. Fluctuación poblacional de *S. rubrocinctus* de marañón (a) considerando la precipitación (b) y temperatura promedio (c) en Río Hato, Coclé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Durante todo el año del estudio se mantuvo en las hojas de marañón una población variable de *S. rubrocinctus*, que fue afectada eventualmente por factores como la precipitación y la temperatura, con un patrón de fluctuación similar entre los adultos y los inmaduros en las hojas principalmente en el período lluvioso, pero que en período seco la suma de estadios inmaduros (139) fue superior a los adultos (114) en hojas.

Los resultados encontrados en este estudio son similares a los de Capetillo-Concepción et al. (2014) en el cultivo de cacao en México donde se demostró una correlación muy alta negativa con respecto a la precipitación y una mayor población de *S. rubrocinctus* en el período seco, además de una correlación moderada asociada a la temperatura y la fluctuación poblacional de trips durante diversas épocas del año.

Estudios de fluctuación de la especie *S. rubrocinctus* realizados también en cacao en México, indicaron que las poblaciones de esta especie no solo dependen de los factores climáticos previamente descritos sino también del alimento disponible en el cultivo durante los meses del estudio (Capetillo-Concepción et al., 2014).

Los estudios realizados sobre *S. rubrocinctus* en México dieron como resultado la mayor densidad poblacional en correspondencia con la época seca, con una correlación negativa muy alta entre la fluctuación poblacional de la especie y la baja precipitación en la época seca (Capetillo-Concepción et al., 2014).

Un comportamiento similar ha sido encontrado en otras especies de trips en árboles de aguacate en México donde las épocas con mayor temperatura y sequía favorecen la abundancia de los trips, que incluyen las especies *Caliothrips fasciatus* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y *S. rubrocinctus* (Asención-Betanzos et al., 1999).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de *S. rubrocinctus*, que incluyo adultos sobre el follaje y flores, así como de inmaduros solo en follaje de marañón.
- Se describió el daño al follaje asociado a la presencia de *S. rubrocinctus* que incluyó el plateado sobre la superficie y caída de las hojas.
- La mayor densidad poblacional de *S. rubrocinctus* se presentó en el periodo seco, pero las poblaciones lograron mantenerse durante el período lluvioso, aunado a los análisis correspondientes que indicaron que existe una correlación entre estas poblaciones de trips y factores abióticos como la temperatura y precipitación.

REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas ambiental de la República de Panamá: Características físicas*. <https://www.sinia.gob.pa/index.php/atlas-ambientales>
- Ascención-Betanzos, G., Bravo-Mojica, H., González-Hernández, H., Johansen-Naime, R. M., y Becerril-Román, A. E. (1999). Fluctuación poblacional y daño de trips en aguacate CV. Hass. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 291-296. https://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p291.pdf
- Barba, A., y Suris, M. (2015). Presencia de *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en arvenses asociadas al cultivo de la sandía para la región de Azuero, Panamá. *Revista de Protección Vegetal*, 30(3), 171-175. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522015000300002
- Brown, H., y Chin, D. (2013). *Red-banded thrips on fruit Trees*. Agnote. No:134. https://industry.nt.gov.au/_data/assets/pdf_file/0019/233614/719.pdf



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Capetillo-Concepción, E., Córdova-Ávalos, V., Sánchez-Soto, S., Romero-Napoles, J., Pérez-De La Cruz, M., y Hipólito Rodolfo, J. (2014). Fluctuación poblacional de *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) en cultivo de cacao en Huimanguillo, Tabasco, México. *Revista Peruana De Entomología*, 49(1 & 2), 137–142.

<https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/244>

Climate Data. (2022). Clima: Río Hato (Panamá). *Datos climáticos mundiales*.

<https://es.climate-data.org/americadelnorte/panama/rio-hato/rio-hato-700679/>

De la Iglesia M., y Lambert, W. (2001). Densidad poblacional de *Selenothrips rubrocinctus* en cacao expuesto a sombra media y ligera. *Fitosanidad*, 5(1), 7-8.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=209118258002>

Denmark, H.A., y Wolfenbarger, D.O. (2019). *Selenothrips rubrocinctus* (Giard) (Insects: Thysanoptera: Thripidae). Featured Creatures. Entomology & Nematology. University of Florida. EENY-99.

https://entnemdept.ufl.edu/creatures/orn/thrips/redbanded_thrips.htm

Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A (ETESA). (2022). *Datos climáticos históricos*. Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. Hidrometeorología.

<https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historicos>

Galdámez, A. (2004). *Guía Técnica del Cultivo del Marañón*. Programa Nacional de Frutas de El Salvador. <http://repiica.iica.int/docs/B0216e/B0216e.pdf>

Goldarazena, A., Gattesco, F., Atencio, R., y Korytowski, C. (2012). An updated checklist of the Thysanoptera of Panama with comments on host associations. *Check List*, 8(6), 1232-1247. <http://dx.doi.org/10.15560/8.6.1232>

Lewis, T. (1973). *Thrips: their biology, ecology and economic importance*. Academic, London & New York. 349 p.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Mound, L. A., y Marullo, R. (1996). *The Thrips of Central and South America: An introduction*. International Memoirs on Entomology (Vol. 6). Gainesville, Florida.

Mound, L. A., y Kibby, G. (1998). *Thysanoptera: An Identification Guide*. 2 ed. CAB International, Wallingford, UK.

Sistema Nacional de Vigilancia y Monitoreo de Plagas. (2022). *Selenothrips rubrocinctus*. Bases de datos y herramientas de gestión de información para el diagnóstico fitosanitario. <https://www.sinavimo.gob.ar/plaga/selenothrips-rubrocinctus>

Soto-Rodríguez, G. A., y Retana-Salazar, A. P. (2005). Tabla de vida y patrón de distribución de *Selenothrips rubrocinctus* (Thripidae:Panchaetothripinae) en condiciones de laboratorio. *Revista de Biología Tropical*, 53(1-2), 187-190. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442005000100018&lng=en&tlng=es

Taddei, A., Vono, G., Vierbergen, G., Wojnar, A., Zugno, M., y Marullo, R. (2021). First Field Record of the Tropical Red-Banded Thrips *Selenothrips rubrocinctus* (Thripidae: Panchaetothripinae) in Europe. *Forests*, 12(11), 1484. <https://doi.org/10.3390/f12111484>

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios emergentes en el marañón (501.F.2.19), a través de la actividad de Entomofauna asociada al cultivo de marañón en Río Hato, Coclé (501.F.2.19.05). La colaboración general dentro de laboratorio de la Asistente Meylis Marciaga. También, se agradecen al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) de Panamá por su apoyo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ATRAYENTES NATURALES PARA LA CAPTURA DEL PICUDO DEL PIFÁ (*Palmelampus heinrichi* O'Brien)¹

Randy Atencio-Valdespino²; Melvin Jaén³; Vidal Aguilera-Cogley⁴

RESUMEN

El picudo del fruto del pifá *Palmelampus heinrichi* O'Brien (Coleoptera: Curculionidae) constituye la principal plaga del fruto del pifá (*Bactris gasipaes* Kunth) en Panamá. Para su manejo se han implementado en Panamá una serie de medidas que incluyen el embolsado, limpieza de residuos vegetales del área basal, entre otras medidas. El objetivo de este estudio fue el de evaluar la eficacia de atrayentes naturales para la captura del picudo del pifá. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en cuatro atrayentes naturales: piña picada, caña picada, guineo picado y agua con jabón como control. Los atrayentes fueron colocados dentro de trampas de envases plásticos reciclados de 1 L. La variable respuesta utilizada fue el número de los especímenes capturados de *P. heinrichi*. Los datos obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza simple y la comparación de las medias se realizó mediante el test de diferencia menos significativa (LSD) de Fisher para comparaciones múltiples. El atrayente de caña picada en trampas resultó significativo ($P < 0,05$) en comparación con los otros tres tratamientos, que no resultaron significativos entre ellos. Los trozos picados de tallos de caña de azúcar dentro de las trampas de botellas plásticas recicladas constituyen una alternativa dentro de programas de manejo integrado para el monitoreo y control oportuno del ataque del picudo del fruto del pifá.

Palabras claves: *Bactris*, curculiónido, control etológico, fruto, pixvae.

¹ Recepción: 18 de agosto del 2022. Aceptación: 22 de noviembre del 2022. Estudio realizado dentro del Proyecto de recursos genéticos de alta calidad sanitaria, como alternativa para el desarrollo sostenible de la fruticultura.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIA-Divisa). Entomólogo. e-mail: randy.atencio@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³ IDIAP, Estación Experimental de Río Hato. Gerente de Proyecto de identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios emergentes en el marañón. e-mail: mjaen_31@yahoo.es , <https://orcid.org/0000-0002-6006-3463>

⁴ IDIAP, CIA-Divisa. Laboratorio de Protección Vegetal. Micología. e-mail: vidalaguilera@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-7647-3208>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

NATURAL ATTRACTANTS FOR THE CAPTURE OF THE PIFÁ WEEVIL (*Palmelampus heinrichi* O'Brien)

ABSTRACT

The pifá fruit weevil *Palmelampus heinrichi* O'Brien (Coleoptera: Curculionidae) is the main pest of the pifá (*Bactris gasipaes* Kunth) in Panama. For its management, a series of measures have been implemented in Panama that include bagging the fruit cluster and cleaning of vegetable residues from the basal area, among other measures. The objective of this study was to evaluate the efficacy of natural attractants for capturing the pifá fruit weevil. The natural attractants evaluated were chopped pineapple, chopped cane, chopped banana, and soapy water as a control treatment. The attractants were placed inside 1-liter recycled plastic traps. The response variable used was the number of specimens captured of *P. heinrichi*. The experimental design used for them was completely randomized with four treatments and four repetitions. The results obtained were subjected to a simple variance analysis and Fisher's multiple range test (LSD). The attractant of chopped cane in traps was significant ($P < 0,05$) in comparison with the other three treatments, which were not significant among them. The chopped pieces of sugar cane stems inside the traps of recycled plastic bottles constitute an alternative within integrated management programs for the timely monitoring and control of the attack of the pifá fruit weevil.

Key words: *Bactris*, ethological control, fruit, pixvae, weevil.

INTRODUCCIÓN

El pifá, pixbae o pibá cuyo nombre científico es *Bactris gasipaes* Kunth es originaria de América del Sur y América Central, siendo una especie de planta que pertenece a la familia Arecaceae que presenta diversas variedades caracterizadas según el color del fruto en amarillo, naranja, rojo y púrpura (Instituto de Mercadeo Agropecuario, 2021).

Es un cultivo que tiene un ciclo de vida útil de 25 años de producción, comenzando las primeras cosechas después de 3 a 6 años de la siembra, floreciendo y fructificando durante el año para el caso de la obtención de frutos; considerando de igual manera que para la producción de palmitos se requiere la extracción del tronco 12 meses después de la siembra (Instituto de Mercadeo Agropecuario, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las provincias con mayor producción de pifí son Bocas del Toro, Chiriquí, Panamá Oeste y las montañas de Coclé (Instituto de Mercadeo Agropecuario, 2021), pero conociendo de antemano la distribución del pifí en diferentes regiones del país.

Este es un rubro característico de las zonas rurales montañosas y asociadas a pequeños agricultores y pueblos originarios, considerando que es una fuente importante de alimento para la familia rural panameña, animales domésticos y además como fuente de ingresos por la comercialización de los frutos que tienen una gran demanda en el mercado nacional (Rodríguez, 2021).

Durante los últimos años en Panamá los problemas fitosanitarios del pifí se han visto incrementados dando como resultado una merma en la producción de pifí, incluyendo el complejo de picudos que atacan diversas zonas de la estructura de la planta, principalmente los frutos de pifí (Atencio et al., 2021; Collantes, 2022).

En Panamá diversas cifras reportaban que el complejo de picudos que ataca los pifís había arrasado hasta con el 75% de la producción nacional principalmente en la provincia de Bocas del Toro, considerando que existía escases de fruto ocasionada principalmente por los picudos que atacaban los racimos durante la época de agosto a octubre que tradicionalmente era la de mayor producción de pifí (Machuca, 2017).

Esto promovió el establecimiento de estudios de las interrelaciones de los insectos-plagas con otras especies vegetales del agroecosistema (cacao, musáceas y maderables) y la conformación del equipo técnico para el planteamiento de estrategias y acciones que conlleven al manejo agroecológico de las plagas del pifí como etapa inicial, incluyendo también la elaboración de trampas para la captura de picudos cuyos resultados no han sido publicados (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, 2019).

El Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) identificó la presencia de los picudos *Parisoschoenus expositus* (Champion) (Coleoptera: Curculionidae) y *Palmelampus heinrichi* O'Brien (Coleoptera: Curculionidae) asociados a los frutos del pifí en sistemas de producción de la agricultura familiar del trópico húmedo, destacando la especie *P. heinrichi* asociada con la caída prematura de las flores, perforaciones múltiples



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

en los frutos y caída de estos en Panamá causando pérdidas importantes en la producción (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, 2019).

La merma por el ataque del picudo del fruto del pifá *P. heinrichi* se observó reflejada en el año agrícola 2018-2019 (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, 2020) cuando se reportaba el pifá dentro de los cultivos permanentes programados con un estimado de 1 300 productores con una superficie de 2 200 ha con un rendimiento por ha estimado en 25 qq/ha con una producción total estimada de 55 000 qq (se estimaba un precio promedio de B/.9,53 por racimo) (Instituto de Mercadeo Agropecuario, 2021) pero cuyo cierre de ciclo agrícola 2018-2019 termino en 1 517 t ó 34 562 qq (Rodríguez, 2021).

El picudo del fruto del pifá *P. heinrichi* ocasiona la caída de flores, galerías en los frutos y pérdida de racimos completos en el cultivo de pifá en Colombia, donde el cultivo es conocido como chontaduro (Ruiz et al., 2013; Lehmann-Danzinger et al., 2016; Pardo-Locarno et al., 2018; Constantino et al., 2021) y Costa Rica donde es conocido como pejibaye (Arroyo et al., 2004).

Esta situación motivo que en el año 2021 instituciones como el IDIAP y la Dirección Nacional de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), en colaboración con Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA) desarrollarán un Plan de Acción con el fin de contribuir al mejoramiento de la sanidad, competitividad, sostenibilidad y rendimiento del cultivo de pifá (Rodríguez, 2021).

El Plan de Acción contra el picudo del fruto del pifá se desarrolló inicialmente con capacitaciones en Coclésito en el distrito Especial Omar Torrijos Herrera en la provincia de Colón y San Miguel Centro en Penonomé provincia de Coclé, considerando de antemano que la plaga ha sido reportada en varias provincias de Panamá incluyendo Bocas del Toro y Coclé (Rodríguez, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El uso de atrayentes dentro de programas de manejo integrado de plagas ha tomado relevancia durante los últimos años, utilizado en muchos de los casos para detección y monitoreos considerando que los productos atrayentes ya sean materiales naturales o sintéticos pueden ser utilizados en conjunto con determinadas trampas para la detección y determinación de la distribución temporal de determinados insectos aspecto que facilita su uso para evaluaciones de poblaciones, umbrales de aspersion y comparaciones de unos años con otros que genera información de las capturas con las trampas que puede ser útil para la toma de decisiones de aplicación de medidas de control (Jiménez, 2009).

El atrayente puede tener un impacto mayor en poblaciones de hembras o de machos, por tanto, la trampa juega un papel estratégico en las capturas con el atrayente considerando su diseño y tamaño, por lo cual se sustenta el hecho que las trampas puedan destruir más machos por ejemplo pueden tener un impacto directo sobre el incremento de la población (Jiménez, 2009).

El uso de los atrayentes se fundamenta en que los estudios etológicos de picudos de la familia Curculionidae han encontrado que varias especies son quimiotrópicas o con una alta respuesta quimiotrópica por los residuos vegetales en descomposición sobre todo aquellos con altos contenidos de azúcares, con los cuales se pueden capturar fácilmente por medio de trampas cebadas utilizando como atrayentes alimenticios tales como trozos de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), troncos de tallos de palmas (Arecaceae) o pedazos de pseudotallos de musáceas (Musaceae) (Vélez, 1985; Yepes, 1997).

Por las razones antes expuestas cultivares tales como caña de azúcar, plátano (*Musa paradisiaca* L.) y palmas se incluyen dentro de programas de manejo integrado de problemas fitosanitarios, considerando que constituye un elemento complementario junto a prácticas culturales oportunas y uso de control microbiológico como el uso de hongos entomopatógenos (Vélez, 1985; Yepes, 1997).

Importante a considerar con el uso de las trampas, es que su diseño conduzca a lograr la mayor captura de insectos plagas dentro de un espacio que facilite la entrada del insecto, pero que además donde el atrayente a utilizar se pueda ubicar dentro del envase



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

y que puedan ser colocadas en sitios estratégicos dentro de los campos de cultivos las trampas (Aldana et al., 2011).

En el caso del cultivo del pifá en Panamá se requiere un reforzamiento agrotecnológico, orientado a la recuperación de las áreas con vocación para este frutal, el aprovechamiento diversificado y sostenibles del agroecosistema (Collantes, 2022).

La existencia de atrayentes naturales eficientes que puedan ser utilizados con trampas plásticas que pueden contribuir al control del picudo del pifá constituyen una alternativa de gran potencial para el manejo de la plaga. El objetivo de este estudio fue el de evaluar la eficacia de atrayentes naturales para la captura del picudo del pifá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El estudio fue realizado en la localidad de Toabré, provincia de Coclé, considerando para su establecimiento dos hectáreas con plantas en producción de pifá, donde se estableció el ensayo.

El mismo se realizó durante el período desde marzo hasta junio de 2022. Los muestreos fueron realizados desde la época de preinflorescencia hasta maduración del fruto, con el cambio quincenal del material atrayente de cada tratamiento.

Tratamientos del ensayo

Los tratamientos establecidos del estudio fueron los siguientes:

Tratamiento 1 (T1): Trampa plástica con piña picada (50 g).

Tratamiento 2 (T2): Trampa plástica con caña picada (50 g).

Tratamiento 3 (T3): Trampa plástica con guineo picado (50 g).

Tratamiento 4 (T4): Trampa plástica con jabón y agua (Control).

Los tratamientos utilizaron trampas plásticas (Figura 1) a partir de envases plásticos reciclados de 1 L con dos aperturas-aletas de 7 cm de largo x 2 cm de ancho abiertas de arriba hacia abajo. La abertura bisagra superior se ubica a 7 cm de la rosca-tapa de la botella instalando la base de la botella a nivel de suelo de la base del tallo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 1. Modelo de trampa plástica utilizada para instalar las trampas con atrayentes en la localidad de Toabré.

Dentro de las trampas se colocaron como atrayentes naturales frutas o tallos cortados en trozos (50 g/trampa) de caña de azúcar (Figura 2), guineo (Figura 3) y piña (Figura 4) (tratamientos) de 2 cm largo x 2 cm ancho x 2 cm altura con agua (150 ml) y jabón (detergente líquido a base de sulfato de sodio) a una proporción de 1 cc de jabón por litro de agua, como fondo los cuales se rellenan hasta 7 cm de profundidad de base de la botella hacia arriba.

Los materiales utilizados como atrayentes fueron transportados en bolsas plásticas con cierre mágico de 1 galón. Las trampas plásticas y los atrayentes para cada tratamiento fueron instaladas en atención a cada tratamiento establecido y fueron instaladas en campo.





Figura 2. Trozos de caña picada utilizados en trampas.



Figura 3. Trozos de guineo picado utilizados en trampas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 4. Trozos de piña picada utilizados en trampas.

La base de las trampas fue colocadas a nivel del suelo dentro del campo con pifá. Las trampas fueron fijadas con alambre metálico de 0,5 mm a estacas de 1 m que fueron clavadas tal como indica la Figura 5.

Se establecieron dentro un Diseño Completamente al Azar (DCA) cuatro tratamientos incluyendo los tres atrayentes naturales y un control con cuatro repeticiones para cada uno para un total de 16 unidades experimentales distribuidas dentro de un cuadrado. Cada unidad experimental tuvo un área rectangular de 10 m² (160 m² el total del ensayo) ubicando en el centro perimetral una trampa plástica con el atrayente, separando cada unidad experimental a 2 m una de otra (Figura 5).

Variable evaluada

La variable respuesta utilizada fue el número de los especímenes adultos capturados de *P. heinrichi* por tratamiento.

Los adultos del picudo del pifá capturados fueron llevados al Laboratorio de Protección Vegetal (LPV) del Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIAD) del



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

IDIAP donde los especímenes de *P. heinrichi* fueron identificados utilizando los caracteres taxonómicos descritos por Constantino y Pardo-Locarno (2020), Constantino et al. (2021), y Lehmann-Danzinger et al. (2016). Estos fueron preservados en alcohol al 95% dentro de viales de vidrio de 4 Dram como material de referencia.



Figura 5. Las trampas plásticas (a), se establecieron dentro del campo (flechas rojas) con palmas de pifá (flecha verde) (b).

Análisis de los datos

Los datos fueron registrados en hoja de cálculo de Microsoft Excel 2016. Los datos de número de picudos capturados fueron analizados considerando la metodología de Carrasco (2015) procediendo inicialmente a verificar si los datos cumplían con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia se aplicó un Análisis de la Varianza (ANOVA) simple para realizar una prueba de rangos múltiples de Fisher (LSD), utilizando el programa R versión 4.1.2 utilizando el paquete *stats* disponible para esta versión (R Core Team, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ANOVA simple indican que existen diferencias significativas entre los tratamientos del estudio ($P < 0,05$), donde el atrayente natural que destaco en las capturas del picudo del pifá fue la caña de azúcar picada en trozos con una captura promedio quincenal de $2,4 \pm 0,53$ especímenes por trampa (Cuadro 1), con un total de 60 especímenes capturados durante el ensayo (80% de todas las capturas) (Figura 2).

Los tratamientos de piña y guineo picado no mostraron diferencia significativa ($P > 0,05$) contra el tratamiento control de agua y jabón. El testigo con jabón y agua está fundamentado en el hecho que los jabones son utilizados como productos biodegradables para el control de insectos de diversos órdenes al obstruir los espiráculos y remover la cera cuticular que da como resultado la deshidratación del insecto (Palacios-Mendoza et al., 2004), pero cuyo efecto también puede ser maximizado o reducido con el uso de otros componentes como el uso de atrayentes naturales (Jiménez-Martínez y Ramiro, 2020).

Cuadro 1. Media de captura quincenal de especímenes del picudo del fruto del pifá por tipo de atrayente natural con el uso de trampas (mean \pm SE).

| Atrayente | Media de captura de especímenes por atrayente |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| Caña | $2,40 \pm 0,53$ a* |
| Testigo (solo jabón y agua) | $0,44 \pm 0,55$ b |
| Guineo | $0,24 \pm 0,57$ b |
| Piña | $0,0 \pm 0,56$ b |

*Valores dentro de las columnas seguidos de la misma letra no son diferentes significativamente ($\text{Alpha} = 0,05$).

El uso de tallos de la caña de azúcar como atrayente había obtenido también resultados eficientes en trampas plásticas en el monitoreo y control de plagas tales como *Rhynchophorus palmarum* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) en el cultivo de palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) (Arecaceae) (Montes y Ruíz, 2014) y *Metamasius hemipterus* L. (Coleoptera: Curculionidae) en cultivo de caña de azúcar (Goyes, 2020).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

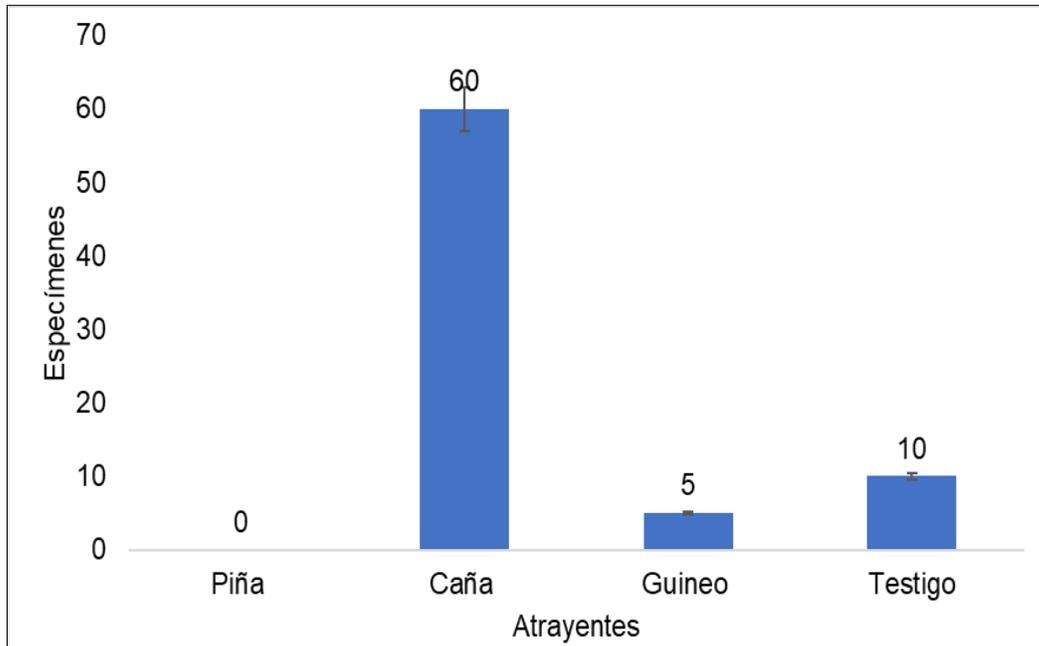


Figura 2. Total de especímenes capturados del picudo del fruto del pifá por atrayente natural con el uso de trampas plásticas.

El uso de la caña de azúcar en trozos se sustenta en estudios etológicos de picudos de la familia Curculionidae, que presenta diversas especies con una alta respuesta quimiotrópica por los residuos vegetales en descomposición con altos contenidos de azúcares que pueden ser utilizados dentro de programas de monitoreo y control de picudos (Vélez, 1985; Yepes, 1997), como el caso específico del picudo del fruto del pifá para el presente estudio.

CONCLUSIÓN

- La utilización de trozos picados de tallos de caña de azúcar como atrayentes dentro de las trampas de botellas plásticas recicladas demostraron obtener mayores capturas del picudo del fruto del pifá en comparación con otros atrayentes naturales.

REFERENCIAS

- Aldana de la Torre, R.C., Aldeana de la Torre, J.A., y Moya, O.M. (2011). Manejo del picudo (*Rhynchophorus palmarum* L.) (Coleoptera: Curculionidae). Línea Agrícola. [https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eecfe398f2/Manejo-del-picudo--Rhynchophorus-palmarum-L--\(Cole.aspx](https://www.ica.gov.co/getattachment/19e016c0-0d14-4412-af12-03eecfe398f2/Manejo-del-picudo--Rhynchophorus-palmarum-L--(Cole.aspx)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Arroyo Oquendo, C., Mexzón, R.G., y Mora Urpi, J. (2004). Insectos fitófagos en pejibaye (*Bactris gasipaes* K.) para palmito. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2), 201-208. http://www.mag.go.cr/rev_meso/v15n02_201.pdf

Atencio V., R., Jaén, M., y Aguilera, V. (2021). Hacia un Manejo Integrado del Picudo del Fruto del Pifá (*Palmelampus heinrichi* O'Brien) en Panamá. *Actualidad Agropecuaria*, 270, 8-16. <https://actualidadagropecuaria.com/revista-digital-actualidad-agropecuaria-noviembre-2021/>

Carrasco, L. (2015). Evaluación de trampas y atrayentes para el manejo de la mosca del mediterráneo (*Ceratitis capitata* Wied) con enfoque agroecológico, en el cultivo de mandarina (*Citrus reticulata* Blanco), en la finca El Piñalito, San Marcos, Carazo. Presentado como requisito para optar al grado de Maestro de Ciencia en Agroecología y Desarrollo Sostenible. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible. 56 p. <https://repositorio.una.edu.ni/3332/1/tnh10c313.pdf>

Collantes-G., R. (2022). Situación Actual del Cultivo de Pifá (*Bactris gasipaes*) En La Provincia de Chiriquí, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (35), 78-89. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/598>

Constantino, L. M., y Pardo-Locarno, L. C. 2020. Dos nuevas especies de gorgojos que barren los frutos de palma de chontaduro de los géneros *Parisoschoenus* y *Cylindrocerus* (Coleoptera: Curculionidae: Baridinae) de la costa pacífica de Colombia. *Insecta Mundi*, 0812, pp. 1–12. <https://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2308&context=insectamundi>

Constantino, L. M., Pardo-Locarno, L. C., Agudelo, R., Caicedo-Sinisterra, H., Torres-Campaz, A., y Caicedo, B. (2021). Manejo integrado de los barrenadores del fruto (*Palmelampus heinrichi* y *Parisoschoenus bactrisae*) de chontaduro (*Bactris gasipaes*), en la Costa Pacífica de Colombia. *Investigación Agropecuaria*, 18, 12-38. <https://investigacionagropecuaria.iimdofree.com/art%C3%ADculos-18/>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Goyes C., J. J. (2020). Descripción del picudo rayado (*Metamasius hemipterus* L) en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Componente Práctico del Examen de Grado de carácter Complexivo presentado al H. Consejo Directivo, previo a la obtención de título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Técnica de Babahoyo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Carrera de Ingeniería Agronómica. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/8210/E-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000232.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2019). Memoria Anual 2018. 75 p. www.idiap.gob.pa

Instituto de Mercadeo Agropecuaria. (2021). Pixbae, pibá, pifá. Frutales. Catálogo de rubros cultivados en Panamá. 69 p. <https://web.ima.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/CATALOGO-RUBROS-2020-.pdf>

Jiménez, E. (2009). Métodos de Control de Plagas. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía. Managua, Nicaragua. 141 p. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10J61me.pdf>

Jiménez-Martínez, E., y Manzanares Rugama, R. (2020). Insecticidas botánicos registrados y no registrados en Nicaragua. Revista Universitaria del Caribe. 25(2), <http://portal.amelica.org/ameli/journal/415/4151914015/html/>

Lehmann-Danzinger, H., Burbano Torres, M.E., y Daxl, R. (2016). Biology of *Palmelampus heinrichi* O'Brien, 2000 (Curculionidae), a new invasive species of the humid tropics of Colombia causing fruit-fall of peach palm *Bactris gasipaes*. XXV International Congress of Entomology. Presentation #114671. 25-30 September 2016, in Orlando, Florida, USA.

Machuca, L. (2017). El picudo nos deja sin pixbae cultivado en Bocas del Toro. Panamá América. (23/08/2017). <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/el-picudo-nos-dejan-sin-pixbae-cultivado-en-bocas-del-toro-1081143>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020). *Cierre Agrícola 2018-2019*. MIDA. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. Informe General, año 2018-2019. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Cierre-Agr%C3%ADcola-2018-2019-2.pdf?csrt=6419987190275554775>
- Montes, L., y Ruíz, E. (2014). Eficacia y costo del trapeo para capturar *Rhynchophorus palmarum* usando caña de azúcar y melaza aislada. *Revista Palmas*, 35(1), 33-40. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10944>
- Palacios-Mendoza, Celina, Nieto-Hernández, Ramón, Llanderal-Cázares, Celina, y González-Hernández, Héctor. (2004). Efectividad biológica de productos biodegradables para el control de la cochinilla silvestre *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Homoptera: Dactylopiidae). *Acta zoológica mexicana*, 20(3), 99-106. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372004000300007
- Pardo-Locarno, L.C., Constantino, L.M., y Bustillo, P. (2018). 5.0 Fichas Técnicas Sobre las Plagas Más Importantes en el cultivo de Chontaduro en La Zona Rural de Buenaventura. Fichas Técnicas Sobre el Manejo Sostenible del Cultivo de Chontaduro. Memoria Técnica Convenio. P. 65-132. https://www.researchgate.net/publication/349741149_Las_plagas_mas_importantes_del_cultivo_de_palma_de_chontaduro_Bactris_gasipaes_en_la_costa_pacifica_Colombiana
- R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez, R. (2021). Plaga Picudo merma la producción de pixbae en el país. Economía. En Segundos. Septiembre 14, 2021. <https://ensegundos.com.pa/2021/09/14/plaga-picudo-merma-la-produccion-de-pixbae-en-el-pais/>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Ruiz, B.A., Martínez, M., y Medina, H.H. (2013). Reconocimiento de insectos potencialmente perjudiciales en *Bactris gasipaes* H.B.K. (Arecaceae) en el corregimiento El Tapón, municipio de Tadó-Chocó, Colombia RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 39(2), 198-206.
<https://www.redalyc.org/pdf/864/86429344015.pdf>

Vélez, R. (1985). *Notas sinópticas de entomología económica colombiana*. Medellín: Secretaría de Agricultura de Antioquia - Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. 258 p.

Yepes, F. (1997). Consideraciones básicas sobre picudos (Coleoptera: Curculionidae) de importancia económica en Colombia: Caso *Rhynchonphorus palmarum* L. y *Metamasius* spp. Trabajo especial presentado como requisito para optar a la categoría de Profesor Asociado. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Agronomía. 51 p.
https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/59200/franciscoyepesrodriguez_1997.pdf?sequence=1&isAllowed=y

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Ismael Camargo en el IDIAP, así como al Ing. Pablo Rodríguez, Ing. Alex Domingo, Ing. Candelario Olivares y el Ing. Edgardo Acuña de la Dirección Nacional del Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). Agradecimiento especial a los técnicos de la agencia de Toabré del MIDA. Agradecimiento especial al Sr. Candelario Martínez productor de pifá en Toabré, provincia de Coclé, por su pertinaz participación en la implementación del manejo integrado del picudo del pifá dentro su finca. La colaboración general dentro del laboratorio de la Asistente Meylis Marciaga. Los autores Randy Atencio-Valdespino y Vidal Aguilera-Cogley agradecen al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT por su apoyo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

FLUCTUACIÓN POBLACIONAL DE *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (HEMIPTERA: MEMBRACIDAE) EN MARAÑÓN (*Anacardium occidentale* L.)¹

**Randy Atencio-Valdespino²; Vidal Aguilera-Cogley³;
Melvin Jaén⁴; Anovel Barba-Alvarado⁵**

RESUMEN

El membrácido *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (Hemiptera: Membracidae), es una especie fitófaga asociada al marañón en Panamá. Este insecto tiene relaciones mutualistas con hormigas como *Camponotus lindigi* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). El objetivo del estudio fue determinar la fluctuación poblacional de ninfas y adultos de *G. gracilicornis* asociada con la especie de hormiga *C. lindigi*, así como la correlación con la precipitación en árboles de marañón. Se realizó dentro de una plantación de marañón en la localidad de Río Hato, Panamá, durante 12 meses del año considerando el período seco y lluvioso de la zona. Con muestreos mensuales de julio de 2021 a junio de 2022. La fluctuación poblacional de los adultos y ninfas de *G. gracilicornis* así como de la hormiga *C. lindigi* presentó un pico poblacional de junio de 2022, correspondiendo al de mayor densidad poblacional registrado en el período lluvioso. Durante el estudio entre las poblaciones del membrácido y la precipitación no existe una relación, mientras que existe una alta correlación entre la presencia de especímenes adultos y ninfas de *G. gracilicornis* y la especie de hormiga *C. lindigi*, debido a una relación mutualista entre ambas especies. Se demuestra que el marañón constituye una planta hospedante de una especie de *G. gracilicornis* y su principal hormiga asociada, que constituyen relaciones ecológicas determinantes para programas de manejo del membrácido en futuros escenarios donde potencialmente pudiese ser una plaga primaria dentro de las plantaciones de marañón en Panamá.

Palabras claves: Hormiga, membrácido, mutualismo, precipitación pluvial.

¹Recepción: 18 de agosto de 2022. Aceptación: 11 noviembre de 2022. Estudio realizado dentro del Proyecto de identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios en el marañón.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIA-Divisa). Entomólogo. e-mail: randy.atencio@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³IDIAP, CIA-Divisa. Laboratorio de Protección Vegetal. Micología. e-mail: vidalaguilera@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-7647-3208>

⁴IDIAP, Estación Experimental de Río Hato. Gerente de Proyecto de identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios emergentes en el marañón. e-mail: mjaen_31@yahoo.es , <https://orcid.org/0000-0002-6006-3463>

⁵IDIAP, CIA-Divisa. Entomólogo. e-mail: anovelbarba@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

POPULATION FLUCTUATION OF *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (HEMIPTERA: MEMBRACIDAE) IN CASHEW (*Anacardium occidentale* L.)

ABSTRACT

The treehopper *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (Hemiptera: Membracidae) is a phytophagous species associated with the cashew tree in Panama, where this treehopper has mutualistic relationships with ants such as *Camponotus lindigi* Mayr (Hymenoptera: Formicidae). The objective of the study was to determine the population fluctuation of nymphs and adults of *G. gracilicornis* associated with the ant species *C. lindigi* as well as the correlation with rainfall in cashew trees. The research was conducted in a cashew plantation in the town of Río Hato, Panama, over the course of a year, considering the area's dry and rainy seasons. Monthly samplings were carried out from July 2021 to June 2022. The population fluctuation of adults and nymphs of *G. gracilicornis* as well as of the ant *C. lindigi* presented a population peak in June 2022, corresponding to the highest population density recorded in the rainy period. There is no relationship between the populations of the treehopper and the precipitation during the study. There is a high correlation between the presence of adult specimens and nymphs of *G. gracilicornis* and the ant species *C. lindigi* due to a mutualistic relationship between both species. The present study demonstrates that the cashew is a host plant of a treehopper species and its main associated ant, which permits determining ecological relationships for management programs of this treehopper in future scenarios where it could potentially constitute a primary pest within cashew plantations in Panama.

Key words: Ant, mutualism, rainfall, treehopper.

INTRODUCCIÓN

Dentro de los frutales producidos y preferidos por la población en Panamá, el marañón (*Anacardium occidentale* L.) (Sapindales: Anacardiaceae) es uno de los frutales con mayor potencial de producción, basado en la adaptabilidad de la planta a diferentes regiones del país (Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC], 2021; Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2021).

El Censo Agropecuario Nacional de Panamá de 2011 reportó 456 019 plantas de marañón distribuidas entre 56 461 propietarios a nivel nacional, principalmente árboles de traspatio y en zonas boscosas (INEC, 2021).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las cifras del marañón en Panamá han variado durante los últimos años, cuyo registro para el cierre agrícola 2020-2021 en Panamá reportaba más de 191 productores registrados con 180 hectáreas (MIDA, 2021).

A nivel internacional, la producción del marañón en diversas regiones del mundo se basa en la demanda de sus nueces (rica en micronutrientes) y de su falso fruto por las características nutricionales que presentan (McLaughlin et al., 2018). Los principales productores en el mundo incluyen Costa de Marfil, India, Burundi, Vietnam, Filipinas, Tanzania, Benín, Malí, Guinea-Bissau y Brasil, cuya producción en conjunto sobrepasaban los 3 000 000 t (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2020).

Estas características nutricionales, también son aprovechadas por una serie de insectos que buscan refugio y alimento dentro de la estructura de los árboles de marañón, que incluyen complejos órdenes tales como Hemiptera, Coleoptera, Diptera e Isoptera, reportados en diversas regiones de América (Jiménez-Martínez y Gómez-Martínez, 2012) y África (Dwomoh et al., 2008; Agboton et al., 2014).

Dentro de estos grupos de insectos presentes en el marañón, se encuentran los membrácidos (Hemiptera: Membracidae), que se caracterizan por presentar un rango de longitud de 2 a 25 mm y un pronoto característico con diversas formas geométricas, pero igualmente se destaca que poseen un estilete o aparato bucal alargado y especializado para succionar la savia de las plantas, lo que los hace fitófagos especialistas o generalistas de determinadas plantas (Godoy Cabrera et al., 2006).

A pesar de que son limitados los reportes que indican que las especies de la familia Membracidae ocasionan daños en marañón en Panamá y en otras regiones, existen reportes en Panamá de daños de la especie *Antianthe expansa* Germar que ocasionó marchitez y deformación dentro de las plantas de aguaymanto o uchuva (*Physalis peruviana* L.) (Collantes y Pittí, 2019).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Uno de los principales aspectos a tomar en cuenta en Panamá con respecto a las especies de la familia Membracidae se basa en el mecanismo de inserción del estilete para alimentarse de la savia de las plantas; lo cual hace de esta familia potenciales vectores de enfermedades transmitidas por microorganismos como bacterias y virus que pueden afectar la rentabilidad y composición del sector agrícola y forestal (Huang et al., 2020).

Los membrácidos al alimentarse del tejido leñoso pueden afectar la recuperación en plantas débiles y provocar la caída de hojas y flores, registrando su presencia en cultivos tales como chile (*Capsicum annuum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), berenjena (*Solanum melongena* L.), melón (*Cucumis melo* L.), guanábana (*Annona muricata* L.), guandú (*Cajanus cajan* (L.) Huth), café (*Coffea* spp.), nance (*Byrsonima crassifolia* (L.) Kunth) entre otros rubros (Zumbado y Azofeifa, 2018).

El objetivo del trabajo en el cultivo de marañón fue determinar la fluctuación poblacional de ninfas y adultos de *Guayaquila gracilicornis* (Stål) junto con la especie asociada de hormiga *Camponotus lindigi* Mayr así como la correlación con la precipitación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó durante el período de julio de 2021 a junio de 2022 dentro de la Finca Experimental Río Hato Sur del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), localizada en el corregimiento de Río Hato, distrito de Antón, provincia de Coclé, entre los 8° 21' 9" de latitud Norte y los -80° 9' 41,2" de longitud Oeste.

La zona del estudio presenta un clima tropical de sabana y de acuerdo con la clasificación climática de Köppen y Geiger como Am, con periodos secos cortos (Autoridad Nacional del Ambiente, 2010; climate-data.org, 2022).

La época seca se registra usualmente durante el período de enero a abril, con precipitación total de 94,2 mm con una temperatura promedio de 28,43° C y un período lluvioso que va de mayo a diciembre con una precipitación total de 1225,9 mm con una temperatura promedio de 28,43° C (Empresa de Transmisión Eléctrica [ETESA], 2022).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Se seleccionó una plantación de marañón de variedad Enana Precoz, originaria de Brasil, con árboles adultos entre 5 m y 6 m de altura establecidas desde el año 1996 (Figura 1).



Figura 1. Plantación de marañón en Río Hato: a) Árboles; b) Falsos frutos y nueces.

Se realizaron muestreos mensuales y, en cada uno, se seleccionaron ocho árboles dentro de un total de 80 al azar en zigzag, dentro de cada árbol se establecieron cuatro puntos de crecimiento o ramitas nuevas (orientados cada uno a los cuatro puntos cardinales Norte, Sur, Oeste y Este), para establecer la muestra única a partir de la metodología planteada por Estrada Virgen et al. (2019), los cuales fueron muestreados mensualmente durante 12 meses.

La captura se realizó introduciendo los brotes terminales identificados dentro de bolsas plásticas con cierre hermético (16,5 cm x 8,2 cm) para capturar los especímenes de *G. gracilicornis* adultos, ninfas y hormigas asociadas que fueron inmovilizados asperjándoles dentro de la bolsa etanol al 70%.

Los materiales entomológicos encontrados, de estadios del membrácido y especies asociadas de hormigas, fueron capturados dentro de las bolsas plásticas con el uso de un pincel No. 2 y una pinza entomológica para introducirlos en viales de 4 Dram con etanol al 70% para preservar hasta llegar a condiciones de laboratorio.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Protección Vegetal (LPV) del Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en la localidad de los Canelos, provincia de Herrera, Panamá.

La identificación del material entomológico se realizó siguiendo los caracteres descritos por claves taxonómicas para el membrácido (Rodríguez-Juárez y Pinedo-Escatel, 2018) y claves taxonómicas para las hormigas (Gutiérrez-Martínez, 2014).

Las fotografías en campo se tomaron con una cámara compacta de 18.2 Mp, con zoom óptico 20x (4,3 - 86 mm) e intervalo de longitud focal de 4,3 - 86 mm; las imágenes fueron editadas con el programa Microsoft Paint de Microsoft Windows 10 versión 1909.

Se examinó el número de huevos, ninfas y adultos del membrácido, además de las hormigas, en un estereomicroscopio con magnificación de 8 x – 100 x), con cámara e iluminación LED 5000 SLI.

Los datos de precipitación se tomaron de las estaciones meteorológicas de Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (ETESA, 2022) próximas a la localidad de la plantación. La información obtenida fue graficada y se realizó un análisis de correlación de Pearson entre la fluctuación poblacional del total de adultos y ninfas de *G. gracilicornis* y la precipitación durante el período de estudio que incluyó la utilización de la herramienta de análisis de datos dentro de hojas de cálculo de Microsoft Excel 2016.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de la especie de membrácido

Durante el período de estudio la especie identificada de membrácido fue *Guayaquila gracilicornis* (Stål) (Hemiptera: Membracidae).

En Panamá según Flynn (2012) dentro del género *Guayaquila* (Hemiptera: Membracidae) se reportan siete especies, que además de *G. gracilicornis*, incluyen *Guayaquila attenuata* Dietrich, *Guayaquila contorta* Dietrich, *Guayaquila fasciata* Dietrich, *Guayaquila fusiformis* (Fowler), *Guayaquila pallescens* (Stål) y *Guayaquila roreriana* Goding.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Los adultos de la especie *G. gracilicornis* varían su longitud de 4 a 7 mm, con una coloración matizada con amarillo, naranja y marrón; la cabeza presenta un vertex pubescente convexo o sub-aplanado; el pronoto presenta pubescencia esparcida con un cuerno que puede ser corto y curvado que puede variar con el dimorfismo sexual caracterizado en las hembras por ser más grande que en los machos (Godoy Cabrera et al., 2006) (Figura 2).



Figura 2. Especímen macho (a) y hembra (b) de *G. gracilicornis* capturados en muestreos en marañón en Río Hato, Coclé.

Las ninfas, principalmente en el quinto estadio presentan una coloración que varía de naranja, marrón a oscuro, con una franja de color naranja dorsalmente; el pronoto presenta un cuerno que se bifurca en dos espinas horizontales en relación con el resto del cuerpo del insecto; en el pronoto II se presentan dos setas largas en forma de espinas oscuras; el dorso del abdomen presenta cuatro espinas (Figura 3).

El comportamiento observado con *G. gracilicornis* incluye cuidado parental sobre los huevos hasta la eclosión de estos, pero a la vez comparte con diversas especies del género *Guayaquila* que no pueden reubicar su descendencia en otros puntos diferentes al sitio de ubicación inicial de los huevos, que se asocia a un comportamiento subsocial (Lin, 2006) (Figura 4).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 3. Ninfa de quinto estadio de *G. gracilicornis* capturada en muestreos en marañón en Río Hato, Coclé.

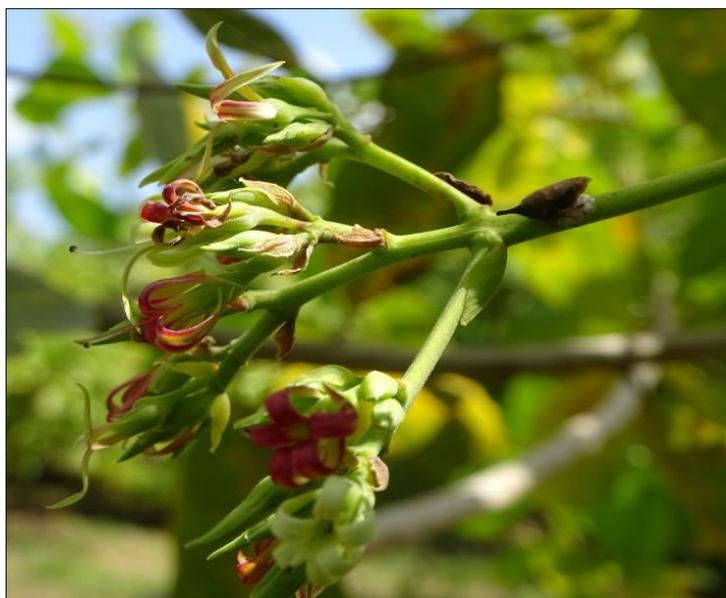


Figura 4. Cuidado de huevos por hembra de *G. gracilicornis* en marañón en Río Hato, Coclé.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Estudios previos reportaban la asociación entre membrácidos y hormigas, debido al hecho que estos membrácidos producen mielecilla que contiene azúcar y sustancias de desechos que son aprovechados por otros insectos (Richter, 2017).

En Panamá, la especie de *G. gracilicornis* fue encontrada relacionada a la especie de hormiga *Camponotus lindigi* Mayr (Hymenoptera: Formicidae) (Figura 5) que ya había sido reportada previamente y caracterizada por presentar una cabeza de color rojo que se extiende hasta la parte anterior del pronoto y el resto del cuerpo de color negro incluyendo el gáster, que también ha sido asociada a otras especies como el caso de orugas de *Rekoa marius* (Lucas) (Lepidoptera: Lycaenidae) (Santos-Murga et al., 2020).



Figura 5. Hormiga *C. lindigi* que ha sido asociada a *G. gracilicornis* en marañón en Río Hato, Coclé.

Los huevos, ninfas y adultos de *G. gracilicornis* han sido encontrados en el borde del tejido terminal de las ramitas próximas a la floración y fructificación, encontrando que los sitios donde fueron colocados los huevos presentaban pequeñas laceraciones en el tejido vegetal donde una vez eclosionados se ubicaban las ninfas y adultos agrupados para alimentarse de savia (Figura 6).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 6. Ninfas, masas de huevos y adultos de *G. gracilicornis*, además de hormigas *C. lindigi* asociadas en marañón (a y b) Río Hato, Coclé.

La importancia de *G. gracilicornis* en el marañón radica en los potenciales daños que los membrácidos pueden causar en las plantas por la inserción del estilete o el ovipositor; causando cortaduras en tallos jóvenes y suaves, dando paso a la entrada de hongos y produciendo cicatrices, incluyendo la inserción profunda de los huevos dentro de los frutos pequeños que puede causar pérdidas en las cosechas (Godoy Cabrera et al., 2006).

Fluctuación poblacional de *G. gracilicornis* en marañón

El período de desarrollo del estudio de 12 meses dio como resultado la colecta de 1 105 especímenes de *G. gracilicornis*, de los cuales 297 fueron adultos (26,88%) y 808 fueron ninfas (73,12%). De igual manera se contabilizó un total de 156 especímenes de la especie de hormiga *C. lindigi*, elementos que indican *que* el marañón es una planta hospedante de la especie *G. gracilicornis*.

La fluctuación poblacional de adultos y ninfas de *G. gracilicornis*, así como de la hormiga *C. lindigi* se manifestó durante el período seco y lluvioso en que se realizó el estudio, con el pico poblacional de adultos y ninfas más alto en el mes junio de 2022 correspondiendo al de mayor densidad poblacional registrado en el período lluvioso (Figura 7).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La menor densidad poblacional total de especímenes adultos (10) se dio en el mes de diciembre de 2021 en período de lluvias y la menor densidad poblacional de ninfas (38), que coincidió con el menor número de especímenes de hormigas *C. lindigi* (4) se dio en el mes de septiembre de 2021 en periodo lluvioso. El mes de diciembre presento precipitaciones de 95,5 mm, en tanto que el mes de septiembre presento 127,1 mm de precipitación (Figura 7).

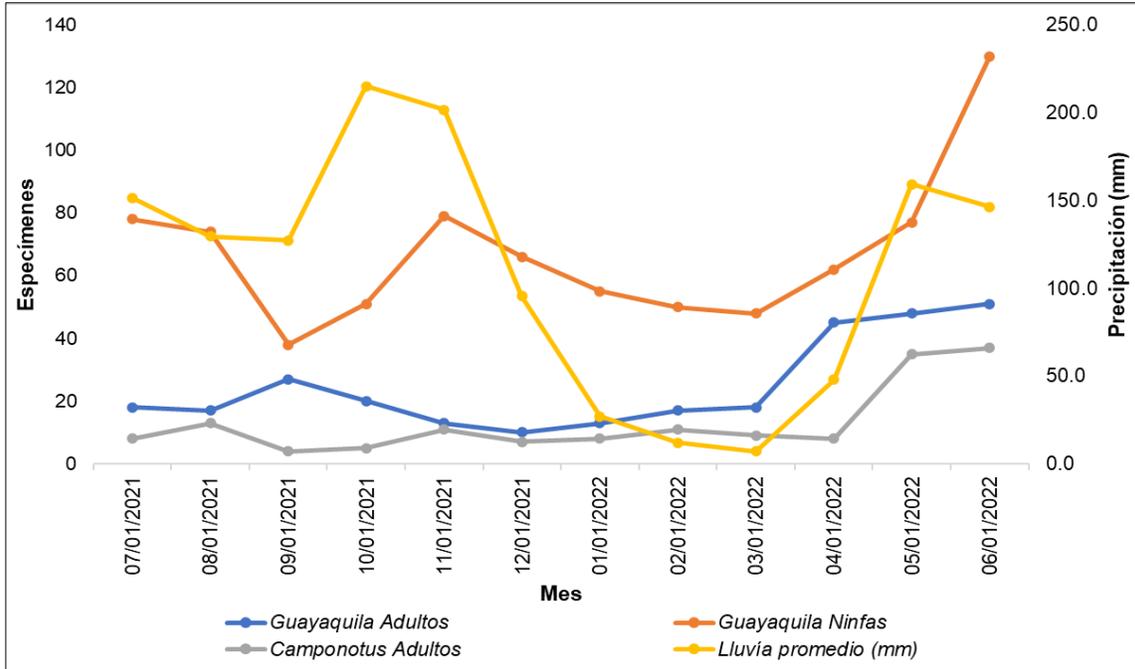


Figura 7. Fluctuación poblacional de especímenes del membrácido *G. gracilicornis*. y la hormiga *C. lindigi* asociada con la precipitación en marañón en Río Hato, Coclé.

Durante el período de estudio la fluctuación de precipitación vario de 7,2 mm en período seco a 214,9 mm en período lluvioso y la temperatura promedio vario de 27° a 29,1° C.

El análisis de correlación realizado indica que existe un coeficiente de correlación no significativo positivo bajo (0,3276) entre las precipitaciones y el total de especímenes de *G. gracilicornis*, capturados (adultos y ninfas), que son resultados similares a los de Pinzón Florián y Quintero Calimán (2001) que indicaron que las poblaciones de membrácidos no fueron afectadas por factores como precipitación, temperatura y humedad relativa, sino más bien por la relación con la planta hospedante y enemigos naturales como



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

sucede con la especie *Aconophora elongatiformis* Dietrich (Hemiptera: Membracidae) dentro de árboles de *Tecoma stans* (L.) Juss. ex HBK en Colombia.

El análisis de correlación realizado indica que, para verificar la relación entre la población de especímenes capturadas de *G. gracilicornis* y especímenes de hormigas *C. lindigi*, existe un coeficiente de correlación significativo positivo alto (0,8798), que indica la relación mutualista que existe entre la especie de membrácido *G. gracilicornis* y la hormiga *C. lindigi*, tal como indica Lanuza Garay et al. (2021), al mencionar las relaciones e interrelaciones entre las especies, que incluye relaciones antagónicas (planta-herbívoro) y mutualistas (defensa); está última como ocurre con el membrácido *G. gracilicornis*, que es protegido por la hormiga *C. lindigi* para obtener la mielecilla producida por *G. gracilicornis*.

Las poblaciones del membrácido *G. gracilicornis* y la hormiga *C. lindigi*, se mantuvieron presentes durante todo el año en los puntos terminales de marañón, tanto en la etapa fenológica de crecimiento vegetativo como de crecimiento reproductivo.

La constante presencia de ambas especies está asociada con la posibilidad de adquirir alimento y protección dentro del hospedante, principalmente por la poca movilidad inicial de las ninfas hasta completar el estadio adulto, asociado a la necesidad de encontrar puntos terminales dentro de las ramas para una oviposición exitosa por parte del membrácido (Romero et al., 2011).

CONCLUSIONES

- Se identificó a *G. gracilicornis* como la especie de membrácido de mayor relevancia asociada al cultivo del marañón en Río Hato, Coclé, Panamá.
- Las poblaciones de adultos y ninfas del membrácido *G. gracilicornis* y adultos de la hormiga *C. lindigi*, estuvieron presentes durante todo el período de estudio, que incluyó los períodos seco y lluvioso, así como los períodos de crecimiento vegetativo y crecimiento reproductivo del marañón, durante 12 meses.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- La presencia de especímenes de *G. gracilicornis* no estuvo asociada con la precipitación registrada en la zona del estudio, en su lugar, su relación se asoció a las condiciones de alimentación y protección que le pueda brindar la planta hospedante al insecto fitófago.
- Las poblaciones se desarrollaron principalmente en los puntos terminales de las ramas de marañón, próximos a los puntos de floración y fructificación donde la especie oviposita sus huevos y se concentran sus ninfas hasta la etapa de adultos.

REFERENCIAS

- Agboton, C., Onzo, A., Ouessou, F., Goergen, G., Vidal, S., y Tamo, M. (2014). Insect Fauna Associated with *Anacardium occidentale* (Sapindales: Anacardiaceae) in Benin, West Africa. *Research. Journal of Insect Science*, 14(229), 1-11. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieu091>
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2010). *Atlas ambiental de la República de Panamá: Características físicas*. <https://www.sinia.gob.pa/index.php/atlas-ambientales>
- Climate-data.org. (2022). Clima: Río Hato (Panamá). Datos climáticos mundiales. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/panama/rio-hato/rio-hato-700679/>
- Collantes, R., y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí-Panamá. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 147-160.
- Dwomoh, E., Ackonor, J., y Afun, J. (2008). Survey of insect species associated with cashew (*Anacardium occidentale* Linn.) and their distribution in Ghana. *African Journal of Agriculture Research*, 3(3): 205-214. <https://www.cerambycoidea.com/titles/dwomohalii2008.pdf>
- Estrada Virgen, M. O., De Dios Ávila, N., Ruíz Cancino, E., Coronado Blanco, J. M., Ríos Velasco, C., y Cambero Campos, O. J. (2019). Primer registro de *Eupelmus cushmani* (Crawford) (Hymenoptera: Eupelmidae) como parasitoide del barrenador



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de ramas del aguacate *Copturus aguacatae* Kissinger (Coleoptera: Curculionidae) en México. *Acta zoológica mexicana*, 35: 1-3.
<https://doi.org/10.21829/azm.2019.3502194>

Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. (2022). Datos climáticos históricos. Empresa de Transmisión Eléctrica, S. A. Hidrometeorología.
<https://www.hidromet.com.pa/es/clima-historicos>

Flynn, D. (2012). Checklist of treehoppers of Panama (Hemiptera: Membracidae) with a list of checklist and keys to the Nearctic and Neotropical fauna. *Zootaxa*, 3405, 35-63. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.3405.1.2>

Godoy Cabrera, C., Miranda Garnier, X., y Nishida, K. (2006). *Membrácidos de la América tropical = Treehopper of tropical America*. Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 356 p.

Gutiérrez-Martínez, P. R. (2014). Clave para la identificación de las subfamilias y los géneros de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de Costa Rica. *UNED Research Journal*, 6(1), 105-123. <https://doi.org/10.22458/urj.v6i1.314>

Huang, W., Reyes-Caldas, P., Mann, M., Seifbarghi, S., Kahn, A., Almeida, R. P. P., Béven, L., Heck, M., Hogenhout, S. A., y Coaker, G. (2020). Bacterial Vector-Borne Plant Diseases: Unanswered Questions and Future Directions. *Molecular Plant*, 13, 1379–1393. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2020.08.010>

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2021). Explotaciones y número de plantas de guayaba y marañón en la República, según provincia, comarca indígena, distrito y corregimiento año agrícola 2010 / 2011.
https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=481&ID_CATEGORIA=15&ID_SUBCATEGORIA=60



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Jiménez-Martínez, E., y Gómez-Martínez, J. (2012). Insectos plagas y benéficos asociados al marañón (*Anacardium occidentale* L.) orgánico y convencional, En León, Nicaragua. Protección de Plantas. *La Calera. Revista Científica*, 12(18), 9-17. <https://doi.org/10.5377/calera.v12i18.1120>
- Lanuzza Garay, A., Santos Murgas, A., y Flores, R. (2021). Relaciones Inter-Específicas Entre Hormigas, Coreidos, Membrácidos y Plantas: Descripción de un Evento Multitrófico en *Machaerium kegelii* Meisn. (Fabaceae). *Scientia*, 31(2), 20-33. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/2285>
- Lin, C. P. (2006). Social behaviour and life history of membracine treehoppers. *Journal of Natural History*, 40, 32-34, 1887-1907. <https://doi.org/10.1080/00222930601046618>
- McLaughlin, J., Balerdi, C., y Crane, J. (2018). *El marañón (Anacardium occidentale) en Florida*. University of Florida/ IFAS Extension. <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/HS/HS29100.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cierre Agrícola 2019-2020. 50 p. https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/cierre_agricola-2020.pdf?csrt=911009857566711802
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). FAOSTAT, Estadísticas de Anacardo, con cáscara. <https://www.fao.org/faostat>
- Pinzón Florián, O. P., y Quintero Calimán, P. F. (2001). Caracterización biológica, hábitos, enemigos naturales y fluctuación poblacional de *Aconophora elongatiformis* Dietrich en *Tecoma Stans* (L.) Juss. Ex Hbk. *Colombia forestal*, 7(14), 33–54. <https://doi.org/10.14483/2256201X.3207>
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/colfor/article/view/3207>
- Richter, L. (2017). Membracidae colombianae. Revisión de las especies colombianas del género Membracis. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 41, 222–246. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.588>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Rodríguez-Juárez, J. G., y Pinedo-Escatel, J. A. (2018). El género *Guayaquila* Goding (Hemiptera: Membracidae) en México. *Entomología mexicana*, 5, 600-603.
https://www.researchgate.net/publication/326328718_El_genero_Guayaquila_Godin_g_Hemiptera_Membracidae_en_Mexico

Romero Nápoles, J., Koch, S. D., Carrillo Sánchez, J. L., y Valdéz Carrasco, J. M. (2011). Un nuevo hospedero del periquito del aguacate, *Metcalfiella monogramma* (Germar) (Hemiptera: Membracidae), en México. *Acta zoológica mexicana*, 27(2), 485-490.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v27n2/v27n2a18.pdf>

Santos-Murgas, A., Cambra T., R. A., Lanuza-Garay, A., Cobos-Hernández, R. M., y Osorio-Arenas, M. A. (2020). Observaciones biológicas de larvas y pupas de *Rekoa marius* (Lucas) (Lepidoptera: Lycaenidae) en Panamá. *Revista Chilena de Entomología*, 46(4), 653-660. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-89942020000400653&script=sci_arttext

Zumbado, M. A., y Azofeifa, D. (2018). Insectos de Importancia Agrícola. Guía Básica de Entomología. Heredia, Costa Rica. Programa Nacional de Agricultura Orgánica (PNAO). 204 pp. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-10951.pdf>

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto Identificación y manejo de agentes bióticos causantes de problemas sanitarios emergentes en el marañón (501.F.2.19), a través de la actividad de Entomofauna asociada al cultivo de marañón en Río Hato, Coclé (501.F.2.19.05). La colaboración general dentro del laboratorio de la Asistente Meylis Marciaga. Los autores Randy Atencio-Valdespino, Vidal Aguilera-Cogley y Anovel Barba-Alvarado agradecen al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la SENACYT por su apoyo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

ARTRÓPODOS ASOCIADOS A MUSÁCEAS EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE PANAMÁ¹

*Rubén D. Collantes G.², David I. Ramos A.³, Jorge Muñoz⁴,
Noel Quintero⁵, Alonso Santos-Murgas⁶*

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue identificar los artrópodos asociados a musáceas en la región occidental de Panamá. El área de estudio correspondió a cinco localidades de la provincia de Bocas del Toro y dos de la provincia de Chiriquí. Se realizaron cuatro giras de campo durante el periodo 2021-2022 y se entrevistó a los propietarios de las fincas para describir el manejo agronómico del cultivo. Se llevó un registro fotográfico y se recolectaron muestras de artrópodos mediante red entomológica, pinzas, viales con etanol al 70% y cámara letal. Los especímenes fueron preparados para su identificación en el laboratorio y se calculó el índice de diversidad de Simpson por provincia. De acuerdo con los resultados, en Bocas del Toro las fincas cuentan con varios cultivares, con densidades entre 2000-2500 plantas por hectárea y controlan las plagas mediante el embolsado de racimos y las trampas artesanales; en Chiriquí, los productores visitados cuentan con un solo cultivar a una densidad de 2000 plantas por hectárea y realizan manejo convencional. Respecto a los artrópodos asociados a musáceas, se identificó un total de 24 taxa en Bocas del Toro, ubicados en nueve órdenes, con siete hábitos alimenticios y 73 especímenes observados. En Chiriquí, también se encontraron 24 taxa, pero correspondientes a siete órdenes, con seis hábitos alimenticios y 50 especímenes observados. El índice de diversidad de Simpson fue de 0,94 para Bocas del Toro y 0,96 para Chiriquí. En conclusión, al menos 24 taxa de artrópodos están asociados a musáceas en ambas provincias.

Palabras claves: Arañas, depredadores, diversidad, manejo de plagas, polinizadores.

¹Recepción: 16 de noviembre de 2022. Aceptación: 27 de enero de 2023. Proyecto IDIAP: Investigación – innovación en manejo integrado de musáceas en la provincia de Bocas del Toro.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria (CIA) Chiriquí. Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

³IDIAP, CIA Bocas del Toro. Dr. Ciencias Agrícolas. e-mail: davramos31@yahoo.es

⁴IDIAP, CIA Chiriquí. Agrónomo. e-mail: jorgemunoz1856@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9352-9311>

⁵IDIAP, CIA Bocas del Toro. Ing. en Manejo de Cuencas y Ambiente.

⁶Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Ph.D. Biología. e-mail: santosmurgasa@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>



ARTHROPODS ASSOCIATED WITH MUSACEAE IN THE WESTERN REGION OF PANAMA

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the arthropods associated with Musaceae in the western region of Panama. The study area corresponded to five locations in the province of Bocas del Toro and two in the province of Chiriquí. Four field trips were carried out during the period 2021-2022 and the farm owners were interviewed to describe the agronomic management of the crop. A photographic record was kept and samples of arthropods were collected using an entomological net, forceps, vials with 70% ethanol, and a lethal chamber. The specimens were prepared for identification in the laboratory and the Simpson diversity index was calculated by province. According to the results, in Bocas del Toro the farms have several cultivars, with densities between 2000-2500 plants per hectare and control pests by bagging bunches and using artisanal traps; In Chiriquí, farmers visited have a single cultivar at a density of 2000 plants per hectare and carry out conventional management. Regarding the arthropods associated with Musaceae, 24 taxa were identified in Bocas del Toro, located in nine orders, with seven feeding habits and 73 observed specimens. In Chiriquí, 24 taxa were also found, but corresponding to seven orders, with six feeding habits and 50 observed specimens. The Simpson diversity index was 0,94 for Bocas del Toro and 0,96 for Chiriquí. In conclusion, at least 24 arthropod taxa are associated with Musaceae in both provinces.

Key words: Diversity, pest management, predators, pollinating insects, spiders.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de musáceas, como el banano y el plátano, son rubros de importancia estratégica para Panamá, por los aportes de carbohidratos y nutrientes en la dieta, así como al ser uno de los principales productos agroexportables del país (Marcelino et al., 2012). La provincia de Bocas del Toro, un área productiva destacada en el país exporta plátano sin cáscara hacia los Estados Unidos de América; logrando en el año 2020 enviar 28 contenedores; traducidos en 20,9 t de producto empacado al vacío, el cual es pagado a USD 0,44 por kg (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2022). Por su parte, Zea (2022), señaló que, de enero a septiembre de 2022, se registraron ingresos por USD 2813,9 millones, en concepto de exportaciones de plátano; reflejando un incremento del 18% en este rubro.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En cuanto a investigación, innovación y desarrollo (I+I+D), el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ha realizado desde hace más de tres décadas diversos aportes, que van desde manuales técnicos del cultivo de plátano (Marcelino et al., 2004; 2012), enfermedades (Esquivel, 1991; Marcelino y González, 2004; Marcelino y Quintero, 1995a, b), control biológico de plagas (Morales et al., 2013; Candanedo-Lay et al., 2020), fertilización y enmiendas del suelo (Ramos-Agüero et al., 2016; Soca-Núñez y Villarreal-Núñez, 2016). Además, ha quedado de manifiesto que, en agroecosistemas con café robusta, el plátano es uno de los principales rubros que se cultivan, como parte de la diversificación productiva (Collantes et al., 2020); y actualmente IDIAP (2022), cuenta con un proyecto en ejecución.

En materia entomológica, si bien se tienen identificados insectos plaga de importancia para el cultivo de musáceas en Panamá, como los gorgojos *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824), *Metamasius hemipterus* (L., 1758), *Rhynchophorus palmarum* (L., 1758) (Coleoptera: Curculionidae) y los barrenadores *Castnia* spp. (Lepidoptera: Castniidae) (Marcelino et al., 2012); es meritorio comprender que, también en los agroecosistemas productivos interactúan organismos benéficos (Collantes y Jerkovic, 2020a). Insectos depredadores y parasitoides han sido materia de estudio en otros frutales tropicales de importancia estratégica en diferentes partes del territorio nacional (Alvarado y Medianero, 2015; Collantes y González, 2021; Santos Murgas et al., 2022).

De modo similar, también se han realizado estudios sobre biodiversidad (Atencio-Valdespino et al., 2022), así como de insectos polinizadores (Di Trani et al., 2022). Por todo lo expuesto, el objetivo del estudio fue identificar y determinar la abundancia y diversidad de especies de artrópodos asociados a musáceas en las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue de naturaleza descriptiva, exploratoria y transversal, realizado durante el periodo 2021-2022 en las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí, República de Panamá. Según Climate Data (2022, 2023), Bocas del Toro y Chiriquí tienen Clima Tropical tipo Af y Am (Sistema Köppen-Geiger), respectivamente; con temperatura promedio de 25° C, precipitación pluviométrica con promedio anual superior a los



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

2700 mm y humedad relativa entre 77-87%. Se visitaron cinco localidades en Bocas del Toro: Finca 3 (9°24'10,13" N 82°29'40,07" O), Finca 4 (9°23'54,04" N 82°30'11,98" O), Chilo Santiago (9°27'53,71" N 82°30'40,77" O), Guabito (9°28'13,59" N 82°35'43,18" O) y El Silencio (9°22'13,26" N 82°32'1,36" O); con un perímetro de 35 km y un área de 66,5 km² (Figura 1). En el caso de Chiriquí, se visitaron dos localidades: La Estrella-Bugaba (8°29'43,32" N 82°39'56,60" O) y Alanje (8°25'47,00" N 82°33'28,00" O) (Figura 2).

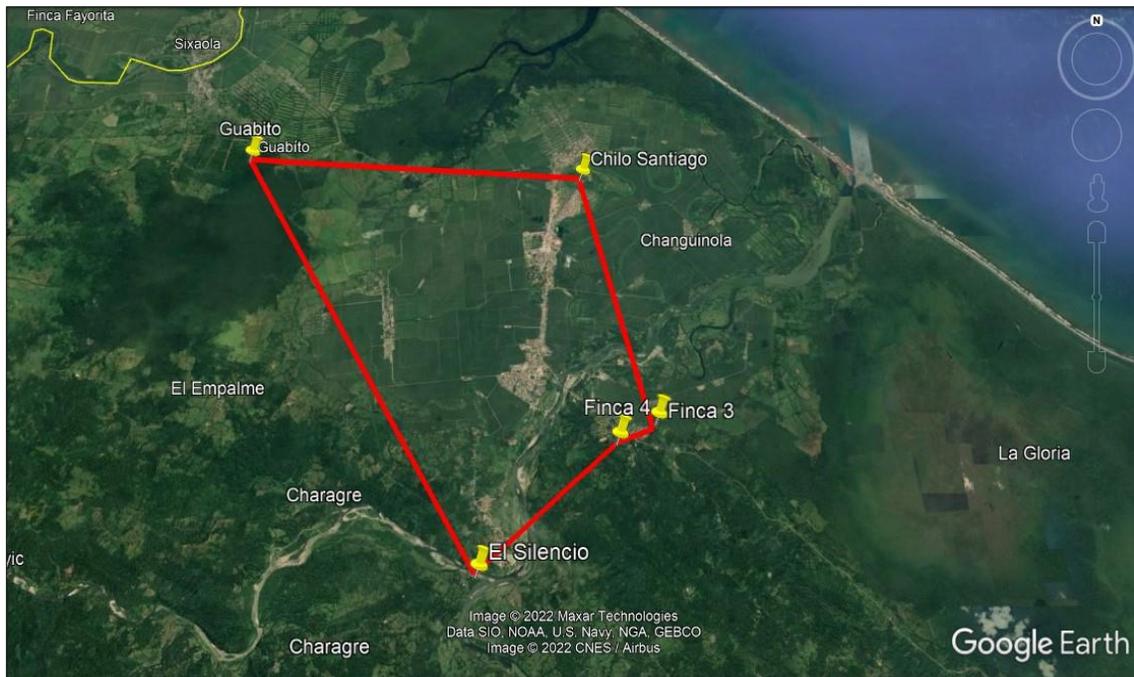


Figura 1. Localidades en Bocas del Toro. Fuente: Google Earth Pro (2022).

Se realizaron cuatro giras de campo por localidad durante el periodo de estudio, en las cuales se tuvo oportunidad de entrevistar a los propietarios de las fincas para obtener información relacionada con el manejo agronómico que realizan: cultivos empleados, densidad de siembra, control de plagas y costo productivo. Se escogió al azar una hectárea cultivada por finca por visita (Figura 3A) y el recorrido de campo se realizó en zigzag, tomándose 25 puntos aleatorios por finca, llevándose un registro fotográfico de las labores realizadas en campo (Figura 3B). Los especímenes observados y se recolectaron muestras mediante red entomológica, pinzas, viales de vidrio con etanol al 70% (Figura 3C) y cámara letal.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

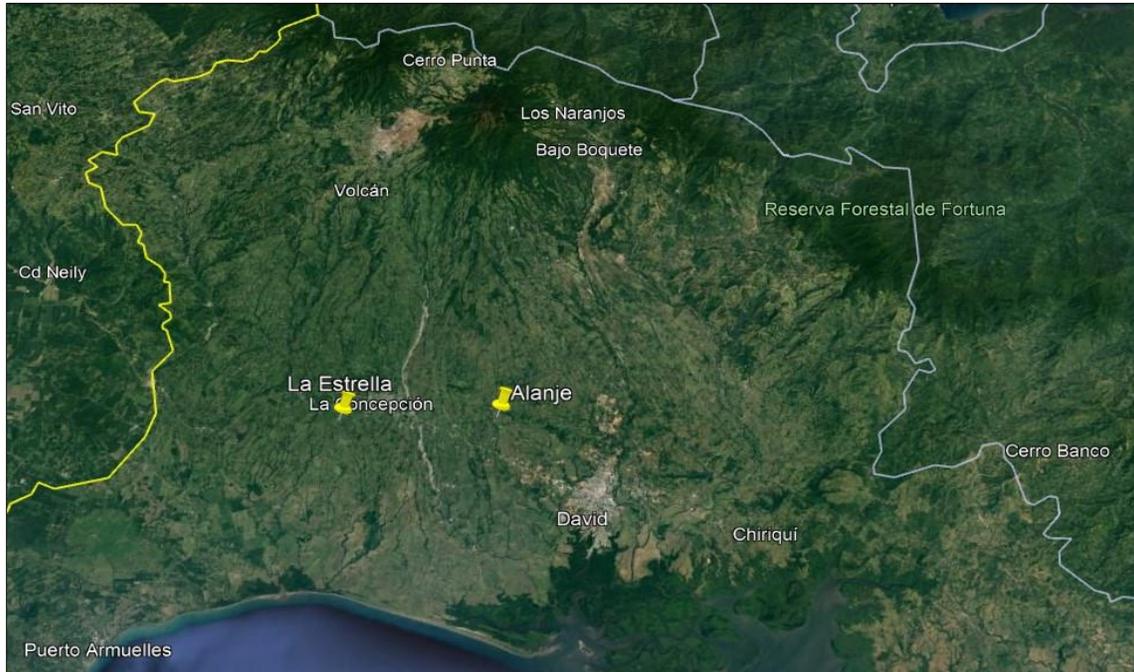


Figura 2. Localidades en Chiriquí. Fuente: Google Earth Pro (2022).



Figura 3. Desarrollo del estudio: A) Finca Chilo Santiago; B) Lavado de plátanos; C) Colecta de especímenes; D) Identificación de insectos en el estereoscopio.

Los especímenes recolectados fueron montados y etiquetados para su identificación a nivel de género y especie (Figura 3D), consultando los trabajos de Loomis (1964), STRI (2022) y Iowa State University (2022). Los datos fueron ordenados mediante el programa Microsoft Excel. Para estimar la diversidad relativa de artrópodos, se utilizó el índice de Simpson (S_i), según la metodología utilizada por Collantes et al. (2022a), mediante la siguiente ecuación:

$$S_i = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Donde N es la población total de artrópodos encontrados, n_i es la población encontrada por especie, S el número de especies encontradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características de las fincas visitadas

De acuerdo con la información brindada por los propietarios de las fincas, en Bocas del Toro se cuenta con los cultivares Curare Enano, Cuerno Rosado, MP1-Galiltec, Paredes, Barraganete planta baja e Híbrido FHIA-20, sembrados a una densidad de 2000-2800 plantas/ha según el cultivar; en cuanto al control de plagas, algunos productores han implementado el uso de bolsas plásticas impregnadas con extracto de canela para proteger los frutos (Figura 4A), corte y eliminación de hojas afectadas por *Sigatoka*, trampas artesanales para picudos a razón de cinco trampas/ha (Figura 4B), control químico y uso de *Beauveria bassiana*. En relación al costo productivo, se estima alrededor de USD 7500,00/ha, el cual, bien manejado, puede rendir utilidades de hasta USD 13 000,00/ha. En las fincas visitadas en Chiriquí, los productores cuentan con el híbrido FHIA-20, sembrado a una densidad de 2000 plantas/ha; predominando el control químico como alternativa de manejo de plagas; el costo productivo es de alrededor de USD 5000,00/ha, pero no facilitaron información sobre las utilidades percibidas.



Figura 4. Alternativas de Manejo Integrado de Plagas implementadas en Bocas del Toro: A) Embolsado; B) Trampa artesanal.

Estos resultados son cercanos a lo presentado por Marcelino et al. (2004), aunque vale mencionar que en el cultivar Cuerno Rosado, ya que es posible sembrar hasta más de 3000 plantas/ha, mediante el sistema cuadrado (dos plantas por sitio de siembra). Además, L. Marcelino explicó que la razón por la cual varios productores prefieren el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

cultivar FHIA-20 es porque puede rendir entre 60 y 75 plátanos de calidad comercial por racimo (comunicación personal, 24 de enero de 2023).

Otro aspecto importante a considerar es la variabilidad climática. De acuerdo con D. Owens, productor de Bocas del Toro (comunicación personal, 15 de julio de 2021), la inundación de los ríos como consecuencia del incremento en las precipitaciones, limita la implementación de medidas para el manejo eficiente de las plantaciones. Esto coincide con lo manifestado por Jordán (2020), cuando el huracán Eta comprometió estos rubros en la provincia de Chiriquí.

Artrópodos asociados a musáceas

En Bocas del Toro, se identificó un total de 24 taxa de artrópodos asociados a musáceas, separados según el hábito alimenticio en barrenador (16,4%), depredador (24,7%), descomponedor (26%), descortezador (1,4%), herbívoro (13,7%), picador-chupador (4,1%) y polinizador (13,7%) (Cuadro 1); destacando *Nyssodesmus* sp. (Polydesmida: Platyrhacidae) y *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae). Los órdenes más abundantes fueron Coleoptera, Polydesmida, Hymenoptera y Diptera (Figura 5). En Chiriquí, se encontró un número similar de taxa, aunque con un menor número de familias, especímenes y hábitos observados (Cuadro 2); destacando las especies, *Gasteracantha cancriformis* L. (Araneae: Araneidae), *Taeniopoda varipennis* Rehn (Orthoptera: Romaleidae) y *Solenopsis* sp. (Hymenoptera: Formicidae). Se registró la presencia de depredadores (44%), herbívoros (30%), picadores-chupadores (4%), polinizadores (10%), parasitoides (2%) y omnívoros (10%); además los órdenes más abundantes fueron Hymenoptera, Araneae y Orthoptera (Figura 6). El índice de Simpson, determinó que no hubo variación marcada entre la diversidad relativa entre las localidades evaluadas de la provincia de Bocas del Toro (0,94) y Chiriquí (0,96), lo que puede atribuirse a las condiciones agroclimáticas semejantes entre estas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 1. Abundancia de las especies de artrópodos asociados a musáceas en Bocas del Toro, Panamá.

| Orden | Familia | Especie | Sitio* | Hábito** | N° | % |
|--------------|----------------|------------------------------|--------------------------|----------|-----------|------------|
| Polydesmida | Platyrrhacidae | <i>Nyssodesmus</i> sp. | F3, F4, CS, GU, ES | Ds | 12 | 16,4 |
| Araneae | Tetragnathidae | <i>Leucauge venusta</i> | CS | Dp | 1 | 1,4 |
| | Theraphosidae | <i>Hapalopus coloratus</i> | CS, F3 | Dp | 3 | 4,1 |
| | Salticidae | | F3 | Dp | 1 | 1,4 |
| Orthoptera | Acrididae | | ES | Hb | 2 | 2,7 |
| | Tettigoniidae | | ES | Hb | 2 | 2,7 |
| Odonata | Libellulidae | | ES, F3 | Dp | 2 | 2,7 |
| Hemiptera | Reduviidae | <i>Zelus</i> sp. (huevos) | F3 | Dp | 1 | 1,4 |
| | Alydidae | <i>Hyalymenus tarsatus</i> | F3 | PC | 1 | 1,4 |
| | Cicadellidae | <i>Empoasca</i> sp. | F3 | PC | 1 | 1,4 |
| | Cercopidae | <i>Aeneolamia</i> sp. | F3 | PC | 1 | 1,4 |
| Coleoptera | Chrysomelidae | <i>Charidotella</i> sp. | F3 | Hb | 5 | 6,8 |
| | Cerambycidae | | F3 | Dc | 1 | 1,4 |
| | Curculionidae | <i>Cosmopolites sordidus</i> | CS | Bar | 7 | 9,6 |
| | | <i>Metamasius hemipterus</i> | CS | Bar | 5 | 6,8 |
| Lepidoptera | Nymphalidae | <i>Heliconius erato</i> | ES | Pol | 5 | 6,8 |
| | | Larva de Heliconiinae | F3 | Hb | 1 | 1,4 |
| Diptera | Stratiomyidae | | ES | Ds | 1 | 1,4 |
| | Dolichopodidae | <i>Condylostylus similis</i> | ES, F3 | Dp | 3 | 4,1 |
| | Calliphoridae | | ES | Ds | 5 | 6,8 |
| | Sarcophagidae | | ES | Ds | 1 | 1,4 |
| Hymenoptera | Vespididae | <i>Polystes</i> sp. | CS | Dp | 7 | 9,6 |
| | Apidae | <i>Bombus</i> sp. | ES | Pol | 2 | 2,7 |
| | | <i>Tetragona</i> sp. | ES | Pol | 3 | 4,1 |
| Total | 21 | 24 | 5 | 7 | 73 | 100 |

*F3 = Finca 3; F4 = Finca 4; CS = Chilo Santiago; GU = Guabito; ES = El Silencio

**Bar = Barrenador; Dc = Descortezador; Dp = Depredador; Ds = Descomponedor; Hb = Herbívoro;

PC = Picador-Chupador; Pol = Polinizador.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Figura 5. Artrópodos asociados a musáceas, Bocas del Toro: A) *Nyssodesmus* sp.; B) *H. coloratus* (Valerio, 1982); C) Salticidae depredando mosca; D) Libellulidae; E) *Empoasca* sp.; F) *Aeneolamia* sp.; G) Posturas de Reduviidae; H) *H. tarsatus*; I) Larva de *C. sordidus*; J) *Charidotella* sp.; K) Cerambycidae; L) *H. erato*; M) Larva de Heliconiinae; N) Stratiomyidae; O) *C. similis*; P) Sarcophagidae; Q) *Polystes* sp.

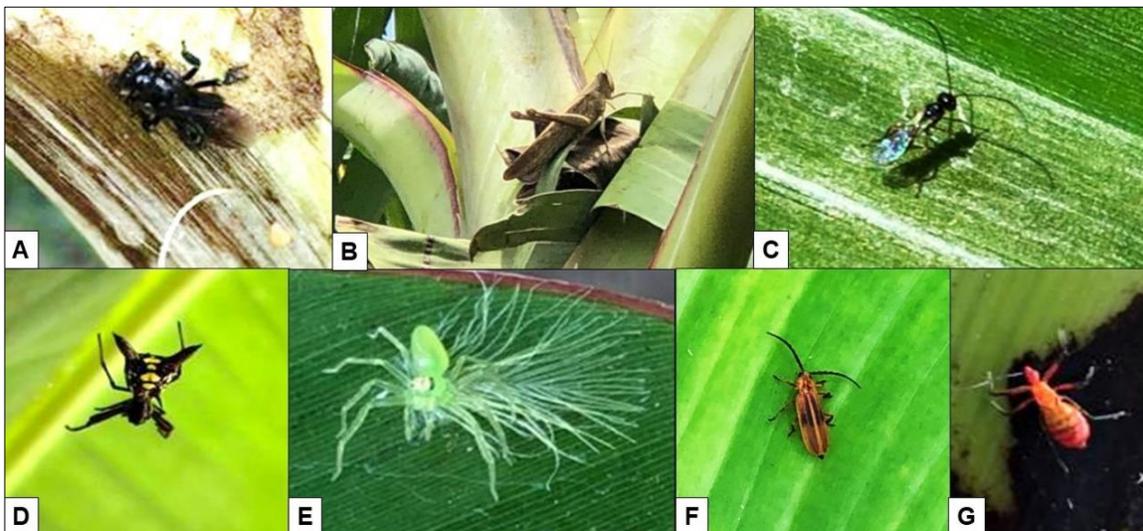


Figura 6. Artrópodos en plátano, Chiriquí: A) *Trigona* sp.; B) Acrididae; C) Braconidae; D) *M. sexpinosa*; E) *Lyssomanes* sp.; F) Lampyridae; G) Ninfa de Hemiptera.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 2. Abundancia de las especies de artrópodos asociados a musáceas en Chiriquí, Panamá.

| Orden | Familia | Especie | Sitio* | Hábito** | No. | % |
|--------------|----------------|-------------------------------------|----------|----------|-----------|------------|
| Araneae | Araneidae | <i>Micrathena sexspinosa</i> | AL, BU | Dp | 3 | 6 |
| | | <i>Argiope argentata</i> | BU | Dp | 2 | 4 |
| | | <i>Gasteracantha cancriformis</i> | AL, BU | Dp | 5 | 10 |
| | Salticidae | <i>Lyssomanes</i> sp. | BU | Dp | 1 | 2 |
| | Theraphosidae | | AL | Dp | 1 | 2 |
| Orthoptera | Acrididae | <i>Schistocerca</i> sp. | AL | Hb | 1 | 2 |
| | | | BU | Hb | 1 | 2 |
| | Romaleidae | <i>Taeniopoda varipennis</i> | AL, BU | Hb | 5 | 10 |
| | | <i>Xyleus discoideus rosulentus</i> | AL | Hb | 2 | 4 |
| | Tettigoniidae | | AL, BU | Hb | 2 | 4 |
| Odonata | Coenagrionidae | | BU | Dp | 2 | 4 |
| | Libellulidae | <i>Orthemis ferruginea</i> | BU | Dp | 1 | 2 |
| Hemiptera | Membracidae | <i>Cyphonia</i> sp. | BU | PC | 1 | 2 |
| | | <i>Membracis mexicana</i> | BU | PC | 1 | 2 |
| | | Gen sp. (ninfa) | BU | Dp | 1 | 2 |
| | Reduviidae | <i>Apiomerus pictipes</i> | AL | Dp | 1 | 2 |
| Coleoptera | Lampyridae | | BU | Dp | 1 | 2 |
| Lepidoptera | Hesperiidae | | AL, BU | Pol | 3 | 6 |
| | Riodinidae | | BU | Pol | 2 | 4 |
| | Saturniidae | <i>Periphoba hircia</i> , larva | BU | Hb | 1 | 2 |
| Hymenoptera | Braconidae | | BU | Par | 1 | 2 |
| | Apidae | <i>Trigona</i> sp. | BU | Hb | 3 | 6 |
| | Formicidae | <i>Solenopsis</i> sp. | BU | Omn | 5 | 10 |
| | Vespidae | <i>Polystes</i> sp. | AL, BU | Dp | 4 | 8 |
| Total | 18 | 24 | 2 | 6 | 50 | 100 |

*AL = Alanje; BU = La Estrella-Bugaba

**Dp = Depredador; Hb = Herbívoro; Omn = Omnívoro; Par = Parasitoide; PC = Picador-Chupador;

Pol = Polinizador.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Si bien el número de especies encontradas en Bocas del Toro es similar al de Chiriquí, la cantidad de órdenes, especímenes y hábitos alimenticios fue superior en Bocas del Toro. El productor A. Santiago, indicó que hace varios años se implementó el manejo integrado del cultivo, para reducir las aplicaciones de plaguicidas, mejorar la gestión del recurso económico y disminuir los riesgos de contaminación ambiental (comunicación personal, 15 de julio de 2021). Por su parte, F. Guerra, productor de Chiriquí, señaló que, el control químico y la compra de cultivares mejorados son las alternativas de manejo que realizan; lo cual explicaría el menor número de colectas (comunicación personal, 14 de noviembre de 2022).

En cuanto al índice de diversidad de Simpson, los valores obtenidos en Bocas del Toro (0,94) y Chiriquí (0,96), son próximos entre sí y a su vez son semejantes a lo encontrado en la cerca viva de ciprés en Cerro Punta (0,95) (Collantes et al., 2022a); en donde se registró un total de 27 taxa asociados, distribuidos en 10 órdenes, 25 familias y seis hábitos alimenticios. En el presente estudio se destacó la presencia de *Nyssodesmus* sp. en Bocas del Toro; sobre lo cual, Loomis (1964), describió la especie *N. concolor* colectada en Almirante, Bocas del Toro y reportó a *N. attemsi* Hoffman, 1960 en Puerto Armuelles, Chiriquí. Estas especies merecen estudiarse de manera que se comprenda mejor su papel en el agroecosistema evaluado (Tiff, 2015). Loomis (1964), reportó más de 60 especies de milpiés en la Zona del Canal de Panamá, sin mencionar las nuevas especies descritas por dicho autor. Coleman et al. (2004), indicaron que además de las lombrices de tierra, hay otros organismos del suelo como escarabajos coprófagos, cochinillas (Isopoda), milpiés y ciempiés (Myriapoda), babosas y caracoles (Gastropoda) y Collembola son descomponedores primarios.

La presencia de arañas es importante, porque contribuyen con el balance natural de la entomofauna en el agroecosistema (Figura 7A); la vegetación aledaña y los cultivos asociados también ayudan al establecimiento de organismos benéficos (Collantes y Jerkovic, 2020b). Por otro lado, durante el desarrollo del estudio en Chiriquí, se encontraron adultos de *Trigona* sp. frecuentando flores y brotes tiernos de *Cajanus cajan* (L.); un adulto de *Apiomerus pictipes* (Hemiptera: Reduviidae) (Figura 7B), depredador de *Apis mellifera* L. en cultivos de caña de azúcar; y una larva de *Periphoba hircia* (Cramer) (Lepidoptera: Saturniidae) desfoliando aguacate (Figura 7C). En relación a esta última especie, las larvas



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

presentan pilosidad urticante, constituyendo un riesgo para la salud de las personas (Collantes et al., 2022b).



Figura 9. Artrópodos en cultivos y vegetación aledaños a plátano, Chiriquí: A) Teraphosidae depredando Tettigoniidae; B) *A. pictipes*; C) *P. hircia* en aguacate.

CONCLUSIÓN

- La abundancia y diversidad relativa de las especies de artrópodos asociados a los cultivares de musáceas evaluadas en el presente estudio, permite inferir la eficiencia del manejo de este agro ecosistema. La comunidad de especies de artrópodos agrupados de acuerdo al orden, familia, especies y hábitos alimenticios, indicaron que el manejo de este agro ecosistema en las localidades evaluadas de la provincia de Chiriquí fue inferior, al compararla con la provincia de Bocas del Toro.

RECOMENDACIONES

Los indicadores de abundancia y diversidad de los artrópodos, asociados al agro ecosistema de las musáceas, pueden servir para evaluar el manejo eficiente del agro ecosistema. Por lo que, podrían validarse e implementarse en estudios semejantes en otros cultivos, como medida preliminar para determinar el desbalance ecológico en los diversos agro ecosistemas y posteriormente, analizar las posibles variables que provocan esta alteración en la comunidad de artrópodos.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REFERENCIAS

- Alvarado, L., y Medianero, E. (2015). Especies de parasitoides asociados a moscas de la fruta del género *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae) en Panamá, República de Panamá. *Scientia*, 25(2), 47-62. https://www.researchgate.net/publication/295251776_ESPECIES_DE_PARASITOIDES_ASOCIADOS_A_MOSCAS_DE_LA_FRUTA_DEL_GENERO_ANASTREPHA_A_DIPTERA_TEPHRITIDAE_EN_PANAMA_REPUBLICA_DE_PANAMA
- Atencio-Valdespino, R., Collantes-González, R., Jaén, M., y Aguilera-Cogley, V. (2022). Inventory of arthropods associated with cashew (*Anacardium occidentale* L.) in Panama. *International Journal of Tropical Insect Science*. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00882-8>
- Candanedo-Lay, E., Aranda-Caballero, G., Cabezón-Puchicama, A., y Reina-Peña, L. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (30), 139-149. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/133>
- Climate Data. (2022). *Clima Bocas del Toro (Panamá)*. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/panama/provincia-de-bocas-del-toro/bocas-del-toro-21380/>
- Climate Data. (2023). *Clima Alanje (Panamá)*. <https://es.climate-data.org/america-del-norte/panama/provincia-de-chiriqui/alanje-874388/>
- Coleman, D. C., Crossley D. A. J., y Hendrix, P. F. (2004). Fundamentals of soil ecology. Amsterdam. The Netherlands. Boston, MA, USA: Elsevier Academic Press.
- Collantes, R., y González, F. (2021). Artrópodos benéficos asociados al agroecosistema cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Costa Abajo, Colón. *Ciencia Agropecuaria*, (32), 1-11. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/416>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020a). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 48-58. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>
- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020b). Comunidad de arañas asociadas al romero en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 9-16. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.689>
- Collantes, R., Lezcano, J., Marquínez, L., e Ibarra, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café robusta en la provincia de Colón, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 156-168. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/307>
- Collantes, R., Pittí, J., Santos-Murgas, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022a). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): Plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924
- Collantes, R., Santos, A., Pittí, J., Atencio, R., Barba, A., y Cardona, J. (2022b). Larvas urticantes (Lepidoptera) asociadas con cultivos hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Manglar*, 19(2), 161-166. <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2022.020>
- Di Trani, J. C., Ramírez, V. M., Añino, Y., y Barba, A. (2022). Environmental conditions and bee foraging on watermelon crops in Panama. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 10(4), 2234. <https://doi.org/10.31893/jabb.22034>
- Esquivel, E. (1991). Pudrición de flores femeninas de *Musa* (AA) cv. Abyssinia causada por *Fusarium acuminatum* Ellis & Everhart. *Ciencia Agropecuaria*, (7), 127-128. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/510>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Google Earth Pro. (2022). Versión 7.3.4.8573 (64-bit). kh.google.com

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022). *Investigación – innovación en manejo integrado de musáceas en la Provincia de Bocas del Toro*. <https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Platano-musaceas-en-la-Provincia-de-Bocas-del-Toro/es>

Iowa State University. (2022). *Bugguide*. <https://bugguide.net/node/view/15740>

Jordán, W. (2020, 20 nov). *Plátanos, cultivo de los más afectados por inundaciones*. La Prensa. <https://www.prensa.com/impresa/panorama/platanos-cultivo-de-los-mas-afectados-por-inundaciones/>

Loomis, H. F. (1964). The millipeds of Panama (Diplopoda). *Fieldiana, Zoology*, 47(1), 1-136. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/21224#page/17/mode/1up>

Marcelino, L., y González, V. (2004). Efecto de la suplementación de nutrimentos y bioestimulantes sobre la incidencia de la Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y la producción de plátano AAB. Barú, Panamá. 2001-2002. *Ciencia Agropecuaria*, (15), 89-104. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/213>

Marcelino, L., González, V., y Ríos, D. (2004). *El Cultivo de plátano en Panamá. Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 89 p.

Marcelino, L., González, V., y Ríos, D. (2012). *El cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) en Panamá*. Manual Técnico, Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), 48 p. <https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/205364/Cultivo%20de%20platanos%20musa%20paradisiaca.pdf>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Marcelino, L., y Quintero., J. (1995a). Efecto del fungicida Anvil (Hexaconazole) sobre el número total de hojas y hoja más joven manchada en plátano AAB. *Ciencia Agropecuaria*, (8), 101-112. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/476>
- Marcelino, L., y Quintero, J. (1995b). Comparación de dos niveles de manejo con y sin aplicación de fungicidas, para el cultivo de plátano AAB. *Ciencia Agropecuaria*, (8), 159-174. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/483>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá. (2022). *Bocas del Toro continúa con la exportación de plátano sin piel a Miami*. <https://mida.gob.pa/bocas-del-toro-continua-con-la-exportacion-de-platano-sin-piel-a-miami/>
- Morales, R., Ríos, D., Muñoz, J., y Concepción, R. (2013). Bioproductos para el manejo de la Sigatoka Negra en plantaciones de plátano, var. Curaré Enano. *Ciencia Agropecuaria*, (21), 90-103. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/185>
- Ramos-Agüero, D., Alfonso, E., y Martí, G. (2016). Efecto de la nutrición órgano - mineral y densidad en plátano AAB, var. Cuerno Rosado. *Ciencia Agropecuaria*, (25), 73-87. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/98>
- Santos Murgas, A., Osorio Arenas, M., Ábrego, J., Garrido, A., Rivera, J., Ramos, C., Wilkie, E., y Collantes, R. (2022). *Doryctobracon areolatus* (Szépligeti, 1911) (Hymenoptera: Braconidae): parasitoide de larvas de *Anastrepha obliqua* (Macquart) (Diptera: Tephritidae), en frutos de *Psidium guajava* L. (Myrtales: Myrtaceae). *Aporte Santiaguino*, 15(2). <https://doi.org/10.32911/as.2022.v15.n2.959>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Soca-Núñez, M., y Villarreal-Núñez, J. (2016). Dosis de zeolita y fracciones granulométricas para cultivos de plátano y caña de azúcar. *Ciencia Agropecuaria*, (25), 131-146. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/104>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2022). *STRI Symbiota Portal*. <https://panamabiota.org/stri/index.php>

Tift, W. (2015). *Panamá, milpiés e investigación... ¡Dios mío!* https://www.floridamuseum-ufi-edu.translate.goog/panama-pire/blog/panama-millipedes-and-research-oh-my/?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc

Zea, M. T. (2022). *Exportaciones panameñas registran un aumento de 18%*. Bloomberg Línea. <https://www.bloomberglinea.com/2022/11/11/exportaciones-panamenas-registran-un-aumento-de-18/>

AGRADECIMIENTOS

A los compañeros del IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Bocas del Toro, por el apoyo logístico brindado. Al Ingeniero Leonardo Marcelino, por responder las consultas realizadas. A los productores Abdiel Santiago, Daniel Owens, Franklin Guerra y Rosario Jerkovic, por su tiempo y atención durante el desarrollo del estudio. A la Magister Maricsa Jerkovic, por el apoyo con la toma de fotografías (Figura 3) y con la colecta de artrópodos en campo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REPOSICIÓN DE MACRONUTRIENTES CON APLICACIONES DE MOLIBDENO EN PASTURA CON LEGUMINOSAS NATIVAS¹

**Esteban Arosemena-Jaén²; Marie Soleil Turmeß³;
Kentaro Tomita⁴; Marco Navarro⁵**

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar los efectos de interacción de alternativas de reposición con fertilización química y orgánica (estiércol bovino) de macronutrientes, con aplicaciones basales de molibdeno (Mo) y los aportes de leguminosas nativas sobre el rendimiento de la pastura *Brachiaria humidicola* bajo corte. Los tratamientos fueron: T1) sin fertilización; T2) reposición química de nutrientes extraído sin incluir N; T3) reposición química de nutrientes incluido 96 kg·ha⁻¹·año de N; T4) reposición con estiércol y químico incluido 57 kg·ha⁻¹·año de N aportado por estiércol; T5) igual a T4 más 39 kg·ha⁻¹·año de N aportado por urea; T6) igual T2 sin leguminosa. Se realizaron cuatro aplicaciones basales de Mo: al inicio, a los 2; 5,5 y 7,6 años. Para el análisis se utilizó un diseño de parcela dividida con cuatro repeticiones. El rendimiento de forraje fue de 18,6; 16,3; 15,4; 11,9; 7,2 y 6,6 t·ha⁻¹·año de materia seca (MS) en T5, T4, T3, T2, T6 y T1; respectivamente. El nitrógeno químico afectó negativamente el rendimiento de las leguminosas a razón de 11,13 kg de MS por kg de N aplicado. El aporte de las leguminosas en el rendimiento de la pastura fue de 2,76 kg de MS por kg de MS de leguminosa contribuyendo con 4,32; 5,51; 1,72; 4,71 y 0,95 t·ha⁻¹·año de MS de forraje de pastura en T5, T4, T3, T2 y T1, respectivamente. La aplicación de Mo mejoró en 2,64 veces el rendimiento anual de las leguminosas, en 12% la respuesta a la urea y en 24% la respuesta a los nutrientes nativos del suelo, contribuyendo en promedio con el 23% del rendimiento de la pastura.

Palabras claves: *Brachiaria humidicola*, estiércol, fertilidad del suelo, nutrientes, pastura.

¹Recepción: 21 de septiembre de 2022. Aceptación: 11 de abril de 2023. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Recursos Genéticos (CIA de Recursos Genéticos).
e-mail: earosemena19@hotmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-1293-8301>

³Department of Natural Resource Sciences, McGill University, Montreal, QC, Canada

⁴Agencia de Cooperación de Japón (JICA).

⁵Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). <https://orcid.org/0009-0002-8038-4421>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

REPLACEMENT OF MACRONUTRIENTS WITH APPLICATIONS OF MOLYBDENUM IN PASTURE WITH NATIVE LEGUMES

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the interaction effects of replacement alternatives with chemical and organic fertilization (bovine manure) of macronutrients, with basal applications of molybdenum (Mo) and the contributions of native legumes on the performance of *Brachiaria humidicola* under cut. The treatments were: T1) without fertilization; T2) chemical replacement of extracted nutrients without including N; T3) chemical replacement of nutrients including 96 kg·ha⁻¹·year of N; T4) chemical replacement and manure including 57 kg·ha⁻¹·year of N contributed by manure; T5) similar to T4 plus 39 kg·ha⁻¹·year of N contributed by urea; T6) similar to T2 without legume. Four basic applications of Mo were made: at the beginning, at 2; 5,5 and 7,6 years. A split plot design with four repetitions was utilized for the analysis. Forage yield was 18,6; 16,3; 15,4; 11,9; 7,2 and 6,6 t·ha⁻¹·year of dry matter (DM) for T5, T4, T3, T2, T6 and T1; respectively. Chemical nitrogen negatively affected the yield of native legumes at a rate of 11,13 kg of DM per kg of N applied. The contribution of the legumes in forage yield was 2,76 kg of DM per kg of legumes DM, contributing with 4,32; 5,51; 1,72; 4,71 and 0,95 t·ha⁻¹·year of grass forage DM for T5, T4, T3, T2 and T1, respectively. The application of Mo improved the annual yield of legumes by 2,64 times, the response to urea by 12% and the response to native soil nutrients by 24%, contributing on average 23% of the forage yield.

Key words: *Brachiaria humidicola*, manure, soil fertility, nutrients, pasture.

INTRODUCCIÓN

Es reconocido que los sistemas de pastura mejoran los contenidos de nitrógeno y carbono del suelo, aumentando el potencial de producción de los mismos. Sin embargo, la degradación de la productividad de la pastura y de la fertilidad del suelo es un problema bastante frecuente en los suelos ácido del trópico americano y ha sido tema de preocupación por los organismos nacionales e internacionales de investigación.

Estos suelos, por la acidez y bajo contenido de materia orgánica, presentan baja disponibilidad de macronutrientes y molibdeno, especialmente de fósforo y nitrógeno. A menudo las deficiencias de algunos de estos elementos contribuyen que la pasturas sembrada sea sustituidas por especies de bajo valor forrajero.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Para hacerle frente a esta problemática se ha recomendado: la siembra de especies de gramíneas y leguminosas adaptado a la acides del suelo de alto rendimiento y bajo requerimiento de nutrientes, la fertilización con fósforo y el manejo del pastoreo con carga animal adecuada (Serrao et al., 1978). A diferencia de América tropical en Australia tropical se ha utilizado ampliamente el superfosfato simple molibdenizado con resultados satisfactorio pero la respuesta al molibdeno no ha sido bien documentada (Sánchez e Isbell, 1978). Sin embargo, existe evidencia que comprueba que la no fertilización con fósforo, azufre y/o molibdeno afecta profundamente la sobrevivencia de la leguminosa y su productividad (Clarence, 1978).

Panamá con una alta proporción de suelos ácidos no escapa al problema de la degradación de la pastura. Los censos agropecuarios de 1950 a 2011 registran una disminución progresiva, en el número de animales por hectárea en las provincias centrales, a diferencia de la provincia de Chiriquí. El aumento en la productividad de la pastura observado en la provincia de Chiriquí se asoció al impacto positivo que han tenido las introducciones de pasturas mejoradas en la década de los 70 y 90. En cambio, en las provincias centrales, estas introducciones carecieron de los impactos positivos observados en Chiriquí (Instituto de Estadística y Censo de Panamá, 2011).

En un estudio realizado entre 2011 y 2013 en la cuenca del río La Villa, el 42% de los potreros monitoreados sembrados con *Brachiaria decumbens* y *Brachiaria brizantha* (las especies más sembradas) se degradaron y fueron invadidos por gramíneas nativas de bajo valor forrajero, a diferencia de los potreros sembrados con *Brachiaria humidicola* y *Andropogon gayanus* que en ningún caso se degradaron en el tiempo de la evaluación (Arosemena et al., 2014b).

Según un estudio de elementos faltantes, utilizando el pasto *Hyparrhenia rufa* y la leguminosa *Centrosema* sp., como plantas indicadoras, el 78, 88, 88, 80, 20, 20 y 30% de los suelos de las provincias centrales presentaron deficiencia de molibdeno (Mo), nitrógeno (N), azufre (S), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg), respectivamente. A diferencia de la provincia de Chiriquí que un 17, 50, 50, 83, 0, 16 y 33% de los suelos presentaron deficiencia de Mo, N, S, P, K, Ca y Mg (Poultney et al.,



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

1986). Sugiriendo la necesidad de incluir la fertilización con molibdeno en los sitios con historial de pastura degradada.

El Mo es un componente esencial de la enzima nitrato reductasa que convierten el nitrato a nitrito para luego convertirse en amoníaco y usar en la síntesis de aminoácidos dentro de la célula vegetal. También es un componente esencial de la enzima nitrogenasa presente en las bacterias en simbiosis con las leguminosas que transforman el nitrógeno atmosférico en amoniaco. Las plantas también usan Mo para convertir el fósforo inorgánico a formas orgánicas (Promix, 2022).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (1984) reporta diferencias entre cultivares de pastos en el aprovechamiento del nitrógeno en la forma de amonio, se destaca *Brachiaria humidicola* CIAT 679 que logró alcanzar el techo óptimo de producción en cualquiera de las dos formas (N-NH₃ y N-NO₃) presente en el suelo. En cambio, *Brachiaria decumbens* apenas alcanzó con el N-NH₃ el 50% de la producción obtenido con el nitrato (N-NO₃), lo que hace que sea susceptible a la deficiencia de Mo.

El cultivar *Brachiaria humidicola* CIAT 679, además de aprovechar el amonio, inhibe parcialmente la nitrificación reduciendo la perdida de nitrógeno (Espinosa et al., 2012) y el riesgo de intoxicación por nitratos en bovino que causa la deficiencia de molibdeno (Pigurina y Banchemo, 1992).

La aplicación de Mo mejoró de 2,5 a 6 veces el rendimiento de nitrógeno de las leguminosas forrajeras sembrada y espontanea en sitios de las provincias de Coclé, Los Santos y Veraguas y en un 36% el rendimiento de forraje de la pastura *B. brizantha* cv Marandú asociada con leguminosas nativas en Llano de Piedra-Macaraca, en un sitio con historial de pastura mejorada degradada (Arosemena et al., 1990; Arosemena et al., 2014a).

Las leguminosas nativas herbáceas crecen espontáneamente. Su participación en la composición florísticas de los potreros monitoreado en la cuenca alta y baja del río la Villa fue de 22, 17, 11, 4 y 4% en los potreros de *Hyparrhenia rufa*, *Brachiaria humidicola*, *B. brizantha*, *B. decumbens* y *Andropogon gayanus*, respectivamente, siendo el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Calopogonium muconoides y *Desmodium barbatum* las especies con mayor presencia (Arosemena et al., 2014b).

La biodiversidad de las leguminosas espontaneas presente en la pastura es alta y constituye un recurso valioso adaptados al pastoreo y a las condiciones edáficas y climáticas donde crecen. Por su parte, el interés por las leguminosas sembradas ha disminuido debido a la falta de persistencia que a menudo se registra en las asociaciones establecidas.

El objetivo del trabajo fue determinar los efectos de interacción de alternativas de reposición del N-P-K-S-Mg-Ca en el suelo con fertilización química y estiércol, con aplicaciones basales de Mo y los aportes de leguminosas nativas sobre el rendimiento de la pastura *Brachiaria humidicola* bajo corte, contenido de nitrógeno, carbono y tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el Subcentro Pacífico Marciaga, ubicado en el corregimiento de El Coco, distrito de Penonomé, provincia de Coclé, sobre una pastura constituida por *Brachiaria humidicola* cv Calabacito (CIAT 679) asociada con leguminosas nativas (*Calopogonium mucunoides*, *Desmodium barbatum*, *Stylosanthe* sp.) en un suelo inceptisol de baja fertilidad: pH 5,3, materia orgánica 1,8%, CIC 3 cmol/kg de suelo, fósforo 2 mg/kg, saturación de Al de 14% y una densidad aparente de 1,6 g/cm³. Este subcentro está ubicado en la zona de vida de Bosque Seco Tropical, donde la precipitación anual varía entre 1100 y 1650 mm, con periodo seco entre 4,6 y 5 meses al año y temperatura promedio de 27° C (Ramírez, 2003; Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe [CATHALAC], 2016). El área donde se estableció el ensayo tiene una topografía plana con pendiente <1%.

Por ocho años se evaluaron los siguientes tratamientos de reposición de macronutrientes con una fertilización base de molibdeno:

T1) Testigo sin fertilización, con leguminosas nativas;

T2) Reposición Química (P, K, Mg, Ca, S), con leguminosas nativas;



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- T3) Igual al T2 + 32 kg de N/ha/cada 49 días, con leguminosas nativas;
 T4) Reposición Orgánica complementado con Químico, con leguminosas nativas;
 T5) Igual al T4 + 13 kg de N/ha/cada 49 días con leguminosas nativas;
 T6) Reposición Química (P, K, Mg, Ca, S) sin leguminosas.

Se utilizó como fuente orgánica el estiércol de bovino y como fuente química los fertilizantes: cloruro de potasio, sulfato de potasio y magnesio (sulpomag), superfosfato triple, carbonato de calcio, urea y el molibdato de amonio.

La reposición de los macronutrientes del suelo extraídos por la pastura se estimó en base a una producción de forraje de *Brachiaria humidicola* de 16 t \cdot ha⁻¹·año de MS multiplicado por el nivel crítico interno de cada uno de los macronutrientes del pasto (Salina y Gualdrón, 1982). La reposición estimada fue de 96, 13, 118, 36, 34 y 22 kg·ha⁻¹·año de N, P, K, Ca, Mg y S, respectivamente.

El estiércol se aplicó a razón de 5,7 t·ha⁻¹·año y aportó 59, 81, 49, 650, 195, 52% de N, P, K, Ca, Mg, S extraído, respectivamente y el resto fue completado con fertilizantes químicos hasta completar el 100% de la extracción estimada. La cantidad de macronutrientes que se aplicaron en los tratamientos de reposición se describen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Cantidad de macronutrientes que se aplicaron en los tratamientos de reposición.

| Trat. | Químico (kg·ha ⁻¹ ·año) | | | | | | Estiércol (kg·ha ⁻¹ ·año) | | | | | |
|-------|---------------------------------------|----|-----|----|----|----|-----------------------------------------|----|----|----|----|-----|
| | N | P | K | S | Mg | Ca | N | P | K | S | Mg | Ca |
| T1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2 | 0 | 13 | 118 | 22 | 34 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3 | 96 | 13 | 118 | 22 | 34 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4 | 0 | 3 | 60 | 11 | 0 | 0 | 57 | 10 | 58 | 11 | 66 | 234 |
| T5 | 39 | 3 | 60 | 11 | 0 | 0 | 57 | 10 | 58 | 11 | 66 | 234 |
| T6 | 0 | 13 | 118 | 22 | 34 | 36 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El nitrógeno (N) se fraccionó en tres aplicaciones al año. Se realizaron cuatro aplicaciones basales de molibdeno: al inicio, a los 2; 5,5 y 7,6 años de iniciado el ensayo. La dosis utilizada fue de 400 g·ha⁻¹ de molibdato de amonio y en la última aplicación de 200 g·ha⁻¹. El molibdato fue diluido en agua y aplicado en una bomba rociadora de mochila.

Para la evaluación de los tratamientos se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo (2007-2014) con cuatro repeticiones. Siendo la parcela principal el efecto de año y la sub parcela las alternativas de reposición de macronutrientes.

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + E_{ij} + T_k + (A T)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = la media General

$A_i = 1,2,3,4,5,6,7$ efecto de i-esimo años

$B_j = 1,2,3,4$ efecto de j-esimo bloques

E_{ij} = error de la parcela completa

$T_k = 1,2,3,4,5,6$ efecto de K-esimo tratamientos

$(A T)_{ij}$ = efecto de la interacción de ambos factores

E_{ijk} = error de en las subparcelas (tratamientos)

Para evaluar el efecto del molibdeno y su interacción con los tratamientos de reposición de nutrientes se utilizó un diseño de parcelas divididas en el tiempo siendo la parcela principal: el tiempo transcurrido de la aplicación de Mo al primer, segundo y tercer año de aplicación y la sub parcelas los tratamientos de reposición descrito con anterioridad.

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + E_{ij} + T_k + (A T)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = la media General

$A_i = 1,2,3$, efecto de i-esimo tiempo transcurrido de la aplicación del Mo

$B_j = 1,2,3,4$ efecto de j-esimo bloques

E_{ij} = error de la parcela completa (tiempo transcurrido)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

$T_k = 1,2,3,4,5,6$ efecto de K-esimo tratamientos de reposición

$(A T)_{ij}$ = efecto de la interacción de ambos factores

E_{ijk} = error de las sub parcelas

En el 2014-2015, en la última aplicación de Mo se utilizó un diseño de parcela dividida en el espacio siendo la parcela principal los tratamientos de reposición mencionados en el Cuadro 1 y la sub parcelas los niveles de Mo: 0 y 121 g·ha⁻¹. Para la determinación de los efectos de los dos factores mencionado y su interacción se analizó con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + E_{ij} + T_k + (A T)_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

μ = la media General

$A_i = 1,2,3,4,5,6$ efecto de i-esimo tratamientos de reposición

$B_j = 1,2,3,4$ efecto de j-esimo bloques

E_{ij} = error de la parcela completa (tratamientos de reposición)

$T_k = 1,2$, efecto de K-esimo niveles de Mo aplicado

$(A T)_{ij}$ = Efecto de la interacción de ambos factores

E_{ijk} = error de las subparcelas (niveles de Mo).

La unidad experimental fue de 15 m² y el área de muestreo, realizado al azar, fue de 0,25 m². Los cortes de evaluación de rendimiento de forraje de la pastura se realizaron con intervalo de 49 días durante el periodo lluvioso.

Los parámetros que se midieron fueron producción de forraje de la pastura y del componente leguminosa nativa expresada en kg·ha⁻¹ de materia seca.

Se estimó a los 3,2 años de iniciado el ensayo, para cada uno de los tratamientos de reposición el contenido en el suelo de carbono, nitrógeno, materia orgánica, relación C:N y tasa de mineralización de MO. Para la determinación de nitrógeno se extrajeron el NO₃ y el NH₄ con KCl 2 M inmediatamente después de la recolección. Los extractos se analizaron con un QuickChem 8500 (Hach Ltd. Loveland, CO, EE. UU.). A su vez, el C y el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

N totales del suelo se determinaron utilizando un analizador de suelos Flash EA 1112 NC (Carlo-Erba, Milán, Italia).

Para el análisis de los resultados del contenido de N y C del suelo se utilizó un diseño de bloque completamente al azar, siendo el modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + B_j + T_k + E_{jk}$$

Donde:

μ = la media General

$B_j = 1,2,3,4$ efecto de j-esimo bloques

$T_k = 1,2,3,4,5,6$ efecto de K-esimo tratamiento de reposición

E_{ij} = error experimental

Se estimó el aporte promedio de cada uno de los factores estudiados que contribuyeron al rendimiento de la pastura: leguminosas nativas, nutrientes nativos del suelo, estiércol de bovino, nitrógeno químico y nutrientes químicos (P, Ca, K, Mg y S) aplicado.

Para estimar los aportes de las leguminosas en el rendimiento de la pastura, se calculó el coeficiente de aporte, restando al rendimiento de la pastura de T2 el rendimiento de la pastura de T6 dividido por el rendimiento de las leguminosas nativas alcanzado en T2. Coeficiente de aporte de la leguminosa = $(YP_{T2} - YP_{T6}) / YL_{T2}$.

El coeficiente resultante se utilizó para estimar los aportes de las leguminosas en cada uno de los tratamientos.

Aporte de la leguminosa en $T_i = 1,2,3,4,5 = ((YP_{T2} - YP_{T6}) / YL_{T2}) (YLT_{i=1,2,3,4,5})$

El aporte de los nutrientes nativos del suelo se estimó en base al rendimiento obtenido en T1 restando el aporte de las leguminosas.

El aporte de los macronutrientes aplicado (P, Ca, K, Mg y S) se estimó restando al rendimiento promedio de T2 los aportes estimados de los nutrientes nativos del suelo y de las leguminosas nativas.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

El aporte del N químico aplicado en T3 se estimó restando al rendimiento de T3 los aportes de las leguminosas, nutrientes nativos del suelo y nutrientes químicos aplicados (P, Ca, K, Mg y S).

El aporte combinado del estiércol + químico se estimó restando al rendimiento de T4 los aportes de los nutrientes nativos y leguminosas. El aporte del N de la urea aplicado en T5 se estimó restando al rendimiento de T5 los aportes de las leguminosas, nutrientes nativos del suelo y del combinado estiércol + químico.

Se estimó el aporte del Mo sobre el rendimiento de la pastura atribuido a las leguminosas en los tratamientos T1, T2, T3, T4 y T5 por la diferencia del rendimiento promedio anual de forraje de leguminosas de los siete años, menos el rendimiento promedio anual obtenido a partir del segundo y tercer año de aplicado el Mo; periodo en la cual el efecto residual fue poco perceptible; multiplicado por el coeficiente de conversión mencionado anteriormente.

La contribución del Mo sobre el rendimiento atribuido a los nutrientes nativos de suelo se estimó por la diferencia entre el rendimiento promedios anual (7 años) de T1 menos el rendimiento de la pastura en T1 obtenido al tercer año de aplicado el Mo, con poco efecto residual, menos el aporte del Mo sobre el rendimiento de las leguminosas estimada en T1.

De igual manera la contribución del Mo sobre el rendimiento atribuido a los macronutrientes (P, Ca, K, Mg y S) se estimó por la diferencia entre el rendimiento promedio anual de la pastura en los 7 años alcanzado en T2 menos el rendimiento de la pastura anual obtenido en T2 al tercer año de aplicado el Mo, menos los aportes del Mo en el rendimiento atribuido a los nutrientes nativos del suelo y a los atribuido a las leguminosas.

En el nitrógeno químico, el aporte del Mo se estimó por la diferencia entre el rendimiento promedio anual de la pastura en los 7 años alcanzado en T3 menos el rendimiento de las pasturas obtenido en T3 al tercer año de aplicado el Mo, menos los



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

aportes del Mo en el rendimiento de la pastura atribuido a los nutrientes nativos del suelo, leguminosas y químico aplicado.

Falto determinar el aporte de Mo en el estiércol debido al efecto residual prolongado y acumulativo de las aplicaciones anuales.

Los aportes del Mo en la respuesta a la urea aplicada en T5 se estimaron por el aporte porcentual estimado en T3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta a la reposición y fuente de nutrientes

El mayor rendimiento promedio de la pastura ($P < 0,05$) del periodo 2007-2015 se registró en los tratamientos con estiércol: T4 y T5, con una tendencia a incrementarse con el paso de los años (Cuadro 2).

Los tratamientos testigos sin leguminosas y sin fertilización (T1 y T6) mostraron el menor rendimiento, con una marcada tendencia a disminuir y ser similar con el paso de los años. Es notorio, en el testigo sin fertilización, la producción casi nula de leguminosas nativas registrada en los últimos años de evaluación; lo que contribuyó que el rendimiento de la pastura fuera al final 32% del rendimiento de materia seca obtenido con el tratamiento T5 (Cuadro 2). Igualmente, en el tratamiento sin leguminosas, la reposición química de los nutrientes no evito que el rendimiento de la pastura declinara sensiblemente (Cuadro 2).

La reposición con fertilizantes químicos de P, Ca, K, Mg y S sostuvo el rendimiento alcanzado inicialmente. En cambio, con la fertilización química con nitrógeno se alcanzó inicialmente el mayor rendimiento de forraje con tendencia a disminuir con el paso de los años, siendo en los dos últimos años inferior ($P < 0,05$) en un 19% al rendimiento alcanzado en T4: 14100 vs 17486 kg·ha⁻¹·año de MS; cuando se repuso los nutrientes con estiércol (Cuadro 2).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 2. Efecto de los tratamientos de reposición y año sobre el rendimiento promedio de forraje de la pastura *Brachiaria humidicola* asociada con leguminosas nativas. El Coco de Penonomé, 2007-2015.

| Trat. | Rendimiento promedio de forraje de la pastura por año (kg·ha ⁻¹ de MS) | | | | | | | Media 07-15 |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|----------|----------|---------------|---------------|-------------|
| | 07-08, Mo | 08-09 | 09-10, con Mo | 10-11 | 11-12 | 12-13, con Mo | 14-15, con Mo | |
| Estiércol + N | 17028 a | 15536 a | 21860 a | 19520 a | 18200 a | 18956 a | 19304 a | 18628 a |
| Estiércol | 14116 b | 14040 a | 18636 b | 16228 b | 16140 b | 17040 a | 17932 a | 16304 b |
| Químico + N | 18776 a | 14240 a | 18052 b | 16160 b | 12440 c | 12656 b | 15544 b | 15408 c |
| Química (P, K, Mg, Ca, S) | 12928 bc | 10644 b | 14036 c | 12652 c | 8848 d | 11796 b | 12156 c | 11864 d |
| Sin leguminosas + Químico | 10748 c | 7844 c | 7908 d | 6528 d | 5600 e | 5996 c | 6320 d | 7152 e |
| Testigo sin fertilización | 10688 c | 7028 c | 7052 d | 5768 d | 4808 e | 4892 c | 6152 d | 6636 e |
| Media | 14208 a | 11556 c | 14588 a | 12808 b | 11004 c | 11888 bc | 12900 b | |
| ANOVA | | | | | | | | |
| Trat. | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 | P<0,0001 |
| Bloque | P=0,50 | P=0,144 | P=0,084 | P=0,0294 | P=0,196 | P=0,47 | P=0,026 | P=0,0003 |
| año | | | | | | | | P<0,0001 |
| Año x Tratamiento | | | | | | | | P<0,0001 |

Medias con distintas letras en la misma columna son diferentes (P<0,05).

Los tratamientos con estiércol y químico sin nitrógeno fueron los que registraron los mayores rendimientos de leguminosas (P<0,05) (Cuadro 3).

La presencia de leguminosas nativas en el tratamiento químico T2:1704 kg·ha⁻¹·año de MS (Cuadro 3) incrementó significativamente el rendimiento de la pastura (P<0,05) en un 66% (4712 kg·ha⁻¹·año de MS) con respecto al químico sin leguminosa T6 (Cuadro 2). Siendo los aportes de las leguminosas el rendimiento de la pastura de 2,765 kg de MS por kg MS de leguminosa. Al respecto, Guevara et al. (2007) reportan, en condiciones de pastoreo, aportes mayores de las leguminosas nativas en el rendimiento de la pastura.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

En las dos fuentes de reposición utilizadas se registró respuesta a la fertilización nitrogenada (urea) en el rendimiento de la pastura siendo el incremento de 60 y 37 kg de MS por kg de N aplicado cuando la fuente para la reposición de los macronutrientes utilizado fue estiércol y químico, respectivamente.

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de reposición de macronutrientes y año sobre el rendimiento promedio de forraje de las leguminosas nativas asociado con *Brachiaria humidicola*.

| Trat. | Rendimiento promedio de forraje de las leguminosas por año (kg·ha ⁻¹ de MS) | | | | | | | |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------|---------|--------|------------------|------------------|----------------|
| | 07-08, Mo | 08-09 | 09-10, con Mo | 10-11 | 11-12 | 12-13, con Mo | 14-15, con Mo | Media 07-15 |
| Estiércol | 2576 a | 1528 a | 3464 a | 1152 a | 952 a | 2440 a | 1840 a | 1992 a |
| Químico (P, K, Mg, Ca, S) | 2368 a | 1908 a | 2972 ab | 864 ab | 1104 a | 1564 ab | 1148 ab | 1704 ab |
| Estiércol + N | 2256 a | 984 b | 2236 b | 768 abc | 988 a | 2532 a | 1180 ab | 1564 b |
| Química +N | 1288 a | 460 c | 1128 c | 320 bc | 364 ab | 608 bc | 193 cd | 624 c |
| Testigo sin fertilización | 1472 a | 168 c | 196 c | 392 abc | 64 b | 40 c | 56 d | 340 cd |
| sin leguminosas + Químico | 13.2 b | 28 c | 80 c | 0 c | 0 b | 0 c | 93 d | 30 d |
| Media | 1660 a | 844 bc | 1680 a | 580 c | 578 c | 1196 ab | 888 bc | |

ANOVA

| | | | | | | | | |
|-------------------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|
| Tratamientos | P=0,0133 | P<0,0001 | P<0,0001 | P=0,043 | P=0,015 | P=0,0005 | P=0,002 | P<0,0001 |
| Bloque | P=0,31 | P=0,581 | P=0,0128 | P=0,43 | P=0,60 | P=0,396 | P=0,58 | P=0,8795 |
| año | | | | | | | | P=0,0007 |
| Año x Tratamiento | | | | | | | | P=0,0002 |

Medias con distintas letras en la misma columna son diferentes (P<0,05).

Si se elimina el efecto confundido de leguminosas (2,765 kg de MS/kg de MS de leguminosas) el aporte de la fertilización nitrogenada sería 89,4 y 68 kg de MS por kg de N aplicado. La diferencia es explicada en parte por el efecto negativo de la acidificación del



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

suelo que produce la urea que fue mayor en T3 por la dosis alta de urea, contrarrestado en T5 por el alto contenido de calcio del estiércol (Cuadro 1).

Además, el N químico aplicado tuvo un efecto negativo ($P < 0,05$) en el rendimiento de las leguminosas nativas. Por cada kg de N de la urea aplicado se redujo en 10,97 y 11,25 kg de MS de forraje de leguminosas cuando la fuente de reposición fue estiércol y química, respectivamente. Fernández-Pascual et al. (2002), señalan que la fertilización nitrogenada inhibe la nodulación y la acción de la nitrogenasa. A diferencia del estiércol, el agregado de fertilizante nitrogenado no fomentó la actividad microbiana, sino una caída de pH que la restringieron (Del Pino et al., 2008). La dosis alta de nitrógeno químico ($96 \text{ kg de N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$) produjo una reducción promedio del rendimiento de leguminosas de $1,08 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ y de la pastura de $3,00 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$.

Con el estiércol la tasa de respuesta del nitrógeno químico aplicado disminuyó con el paso de los años ($y = -8,3661x + 123,53$), no siendo significativa ($P < 0,05$) la respuesta en los dos últimos años (Cuadro 2), debido al aumento del nitrógeno orgánico aportado por el estiércol y las leguminosas. Zérega y Hernández (1998), encontraron que el contenido de materia orgánica, iguales y mayores de 3,3%, no registraron respuesta a la fertilización con urea. En cambio, con la reposición química la tasa de respuesta de nitrógeno aumentó con los años ($y = 4,47x + 55,6$) debido a la disminución del contenido de nitrógeno que se registró en el testigo sin leguminosas.

En cada uno de los tratamientos se observó el aporte promedio estimado de cada uno de los factores que contribuyeron en el rendimiento de la pastura: nutrientes nativos del suelo, nitrógeno químico, leguminosas, estiércol y nutrientes químico (P, Ca, K, Mg y S) aplicado (Cuadro 4).

La respuesta de los macronutrientes sobre el rendimiento de la pastura, expresado por unidad de nitrógeno aportado por el estiércol y la urea, fue similar: 89,8; 89,7; y 83,4 kg de MS/kg de nitrógeno aplicado en T5, T4 y T3, respectivamente. Con una contribución en el rendimiento de 8,62; 5,11 y 8,01 $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$ de MS en T5, T4 y T3. En cambio, los aportes de las leguminosas en el rendimiento de la pastura fueron de 4,32; 5,50 y 1,72



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

t ha⁻¹·año de MS en T5, T4 y T3 y explican las diferencias del rendimiento total obtenido: 18,6; 16,3 y 15,4 t ha⁻¹·año de MS en T5, T4 y T3.

Cuadro 4. Aportes en el rendimiento de la pastura (kg·ha⁻¹·año de MS) de los factores en cada uno de los tratamientos evaluados y el porcentaje de su contribución con respecto al total obtenido.

| Factores que aportaron | Aporte en el rendimiento de la pastura (kg·ha ⁻¹ ·año de MS) | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------|-------------|-----------|-------------------|------------------|
| | T5 (Ex+N) | T4 (Ex) | T3 (Q+N) | T2 (Q) | T6 (Q sin leg) | T1 (sin fert) |
| Nutrientes | 5679 | 5679 | 5679 | 5679 | 5679 | 5679 |
| nativos del suelo | 30,5% | 35% | 37% | 48% | 79% | 86% |
| Leguminosas | 4325 | 5508 | 1725 | 4712 | 0 | 957 |
| | 23% | 34% | 11% | 40% | 0% | 14% |
| Nitrógeno (urea) | 3487 | 0 | 6538 | 0 | 0 | 0 |
| | 14% | 0% | 42% | 0% | 0% | 0% |
| Estiércol | 5117 | 5117 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 32% | 31% | 0% | 0% | 0% | 0% |
| P, Ca, K, Mg, S | 0 | 0 | 1473 | 1473 | 1473 | 0 |
| | 0% | 0% | 10% | 12% | 14% | 0% |
| Total | 18628 | 16304 | 15415 | 11864 | 7152 | 6636 |
| | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% | 100% |

Ex+N = Estiércol + N; Ex = Estiércol; Q+N = Química +N; Q = Químico; Q sin leg =Químico sin leguminosas; sin fert = Testigo sin fertilización

Aporte del molibdeno

El rendimiento de la pastura fue en promedio 23 y 10% mayor ($P < 0,05$) transcurrido el primer y segundo año de aplicado el molibdeno con respecto al tercer año, lo que indica un efecto residual positivo de la aplicación de Mo de al menos dos años (Cuadro 5). Al respecto, Brennan (2002), reporta en el cultivo de trébol una disminución continua del efecto residual de la fertilización con Mo teniendo una efectividad de 30% a los 5 años de aplicado.

Pero apenas fue un 6% mayor en el primer año en los tratamientos con estiércol, debido a la tendencia observada en el Cuadro 2, de incrementarse el rendimiento, a través del tiempo, por el efecto residual acumulativo del estiércol.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Es interesante mencionar que el efecto positivo del Mo observado en los tratamientos T1, T3 y T6 se debieron principalmente a un mejor aprovechamiento del N-NO₃ proveniente de la urea y del N- nativo del suelo (Cuadro 5).

El rendimiento de las leguminosas nativas fue 2,39 y 2,64 veces mayor en el primer año de aplicado del molibdeno con respecto a lo obtenido en el segundo y tercer año de su aplicación, respectivamente (Cuadro 6).

Solo se registró respuesta ($P<0,05$) en el rendimiento de leguminosas a la aplicación de Mo en los dos tratamientos con estiércol y en el tratamiento químico sin nitrógeno; siendo el tratamiento con estiércol (T4) el más favorecido por la aplicación de Mo al registrar el mayor rendimiento de leguminosas ($P<0,05$) en el primer año de aplicado el Mo (Cuadro 6).

Se estimó para cada uno de los factores que contribuyeron el rendimiento de las pasturas, descrito en el Cuadro 4, el porcentaje del aporte debido a las aplicaciones basales de Mo (Cuadro 7).

La mayor contribución del Mo al rendimiento de la pastura se estimó en el tratamiento con estiércol (4603 kg·ha⁻¹·año de MS), estiércol con nitrógeno (3902 kg·ha⁻¹·año de MS) y en el químico sin nitrógeno (3454 kg·ha⁻¹·año de MS), debido en gran parte por una mayor fijación biológica del nitrógeno por las leguminosas.

La contribución del Mo en los aportes de las leguminosas en el rendimiento de la pastura osciló entre 50% y 75%.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 5. Efecto del tiempo transcurrido de la aplicación de molibdeno sobre el rendimiento promedio de forraje de la pastura *Brachiaria humidicola* asociada con leguminosas nativas.

| Tiempo transcurrido de la aplicación de Mo | Rendimiento promedio de forraje de la pastura (kg·ha ⁻¹ ·año de MS) | | | | | | Medias |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| | Estiércol + N | Estiércol | Químico + N | Química (P, K, Mg, Ca, S) | Sin leguminosas + Químico | Testigo sin fertilización | |
| 0-12 meses | 19283 | 16598 | 16496 | 12918 | 7990 | 7565 | 13475 a |
| 12-24 meses | 17869 | 16140 | 15071 | 11481 | 6713 | 6265 | 12152 a |
| 24- 36 meses | 18200 | 15514 | 12440 | 8850 | 5546 | 4810 | 10997 b |
| Media | 18451 a | 16084 b | 14669 c | 11083 d | 6750 e | 6213 e | |

ANOVA

| | |
|-------------------|----------|
| Tratamiento | P<0,0001 |
| Bloque | P=0,2239 |
| año | P=0,0061 |
| Año x tratamiento | P=0,680 |

Medias con distintas letras son diferentes(P<0,05).

Cuadro 6. Efecto del tiempo transcurrido de la aplicación de molibdeno sobre el rendimiento promedio de forraje (kg·ha⁻¹·año de MS) de leguminosas nativas asociada con el pasto *Brachiaria humidicola* (2007 a 2015).

| Tiempo transcurrido de la aplicación de Mo | Rendimiento promedio de forraje de leguminosas nativas (kg·ha ⁻¹ ·año de MS) | | | | | | Medias |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------|--------------|---------------------------|---------------------------|---------------|
| | Estiércol | Química (P, K, Mg, Ca, S) | Estiércol+N | Químico+N | Testigo sin fertilización | sin leguminosas + Químico | |
| 0-12 meses | 2103 a | 1605 b | 1714 ab | 626 cdef | 338 defg | 17 g | 1067 a |
| 12-24 meses | 936 c | 831 cd | 568 cdef | 196 efg | 147 efg | 7 g | 447 b |
| 24-36 meses | 520 cdefg | 880 c | 750 cde | 242 fg | 26 g | 3 g | 404 b |
| Media | 1186 a | 1105 a | 1011 a | 355 b | 170 bc | 9 c | |

ANOVA

| F de V | Suma de Cuadrado | gl | Cuadrado Medio | F | P valor |
|------------------------------------|------------------|-----|----------------|-------|---------|
| Modelo | 101888363 | 41 | 2485082 | 8,65 | <0,0001 |
| Tiempo transcurrido | 21727626 | 2 | 10863813 | 66,20 | 0,0001 |
| bloque | 55135 | 3 | 18378 | 0,06 | 0,9788 |
| Tiempo transcurrido x bloque | 984568 | 6 | 164095 | 0,57 | 0,7530 |
| Tratamientos | 45000229 | 5 | 9000045 | 31,32 | <0,0001 |
| Tiempo transcurrido x tratamientos | 12465683 | 10 | 1246568 | 4,34 | <0,0001 |
| Bloque*tratamientos | 6855583 | 15 | 457038 | 1,59 | 0,0804 |
| Error | 49992480 | 173 | 287313 | | |
| Total | 151880843 | 215 | | | |

Medias con distintas letras en la misma columna son diferentes(P<0,05).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 7. Contribución de las aplicaciones de molibdeno en el rendimiento de la pastura (kg·ha⁻¹·año de MS) atribuidos a los factores contenidos en los tratamientos.

| Tratamientos | Factores | Nutrientes nativos del suelo | Leguminosas | Nitrógeno químico | Estiércol | P,Ca, K,Mg,S químico | Total |
|------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------------------|-------|
| Rendimiento de la pastura (kg ha ⁻¹ ·año de MS) | | | | | | | |
| Estiércol +N (T5) | Aporte de los Factores | 5679 | 4325 | 2656 | 5968 | 0 | 18628 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 2502 | 292 | Sin determinación | 0 | 3902 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 58% | 11% | Sin determinación | 0 | 21% |
| Estiércol (T4) | Aporte de los Factores | 5679 | 5508 | 0 | 5117 | 0 | 16304 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 3495 | 0 | Sin determinación | 0 | 4603 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 63% | 0 | Sin determinación | 0 | 28,2% |
| Química +N (T3) | Aporte de los Factores | 5679 | 1725 | 6538 | 0 | 1473 | 15415 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 1120 | 740 | 0 | Sin aporte | 2968 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 65% | 11% | 0 | 0 | 19,2% |
| Químico (T2) | Aporte de los Factores | 5679 | 4712 | 0 | 0 | 1473 | 11864 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 2346 | 0 | 0 | Sin aporte | 3454 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 50% | 0 | 0 | 0 | 29% |
| Testigo sin leguminosa (T6) | Aporte de los Factores | 5679 | 0 | 0 | 0 | 1473 | 7152 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 0 | 0 | 0 | Sin aporte | 1108 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 0 | 0 | 0 | 0 | 15% |
| sin fertilización (T1) | Aporte de los Factores | 5680 | 956 | 0 | 0 | 0 | 6636 |
| | Aporte del Mo | 1108 | 718 | 0 | 0 | 0 | 1826 |
| | % aporte del Mo | 19,5% | 75% | 0 | 0 | 0 | 27,5% |

El Mo contribuyó con el 27%, 19% y 15%, del rendimiento de la pastura en T1, T3 y T6; respectivamente. Estas contribuciones se debieron a una mayor fijación biológica del nitrógeno, mayor aprovechamiento del nitrato inorgánico presente en el suelo. Obteniendo una mejora en la respuesta de los nutrientes nativos del suelo de 24% y de la urea de 12%. A respecto, se reporta que la escasez de Mo en las áreas cultivables de Australia redujo hasta un 30% el rendimiento de los cereales (International Molybdenum Association, 2022).

En la última aplicación de Mo en el 2014, realizada con la mitad de la dosis utilizada anteriormente, se corrobora, con la presencia de los testigos sin Mo, la respuesta al Mo



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

observada en el tiempo, en el rendimiento de leguminosas y de la pastura. Se encontró efecto altamente significativo de Mo ($P=0,0089$) en el rendimiento de la pastura a los 2-12 meses de su aplicación vs testigo sin Mo (26 y 36 meses de su última aplicación); siendo los tratamientos T4 (estiércol) y T2 (químico) los más favorecido por la aplicación de Mo al incrementar en un 27% y 21% el rendimiento de la pastura (Cuadro 8).

Cuadro 8. Efecto del tiempo transcurrido de la aplicación de molibdeno sobre el rendimiento promedio de forraje de la pastura *Brachiaria humidicola* y su componente leguminosas nativas (2014 a 2015).

| Tratamientos de reposición de Macro nutrientes extraídos | Rendimiento promedio de la pastura (kg.ha ⁻¹ .corte de MS) | | Rendimiento promedio de leguminosas (kg.ha ⁻¹ .corte de MS) | | | |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|---------|
| | Tiempo transcurrido de la aplicación de Mo | | Media* | Tiempo transcurrido de la aplicación de Mo | | Media |
| | 2-12 meses* | 26-36 meses** | | 2-12 meses* | 26-36 meses** | |
| T5- Estiércol+N | 6536 | 6563 | 6550 a | 200,7 ab | 135 bc | 167,8 a |
| T4- Estiércol | 6397 | 5021 | 5709 ab | 276,5 a | 103,7 bcd | 190,1 a |
| T3- Química+N | 5339 | 4917 | 5128 b | 40,75 cd | 57,5 cd | 49,1 b |
| T2- Químico (P, K, Mg, Ca, S) | 4191 | 3467 | 3829 c | 245,75 a | 172ab | 208,8 a |
| T6- No se controló las leguminosas | 3961 | 3596 | 3778 c | 197 ab | 107 bcd | 152 a |
| T1- sin fertilización | 1945 | 1833 | 1889 c | 11,25 d | 9,75 d | 10,5 b |
| Media | 4728 a | 4233 b | | 162 a | 97,49 b | 129,1 |

| ANOVA | | |
|-----------------------|------------|---------|
| F de V | P valor | P valor |
| Tratamientos | $P<0,0001$ | 0,0003 |
| bloque | $P=0,0007$ | 0,592 |
| Molibdeno | $P=0,0089$ | 0,0141 |
| Tratamiento*Molibdeno | $P=0,29$ | 0,0739 |

Medias con distintas letras en la misma columna son diferentes ($P<0,05$).

Para la variable rendimiento de leguminosas la respuesta al Mo fue significativa ($P=0,0141$). Siendo el tratamiento con estiércol el más favorecido con la aplicación de Mo al registrar un incremento en 2,66 veces en el rendimiento anual de leguminosas con respecto al testigo (Cuadro 8).

Materia Orgánica (MO)

El contenido de MO se estimó en los primeros 8 cm y fue en el área experimental al inicio de $1,8 \pm 0,13\%$ que se puede considerar un suelo en condición levemente degradado.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

A los 3,25 años el mayor contenido de MO ($P<0,05$) se registró en los tratamientos fertilizados con urea (T3) y abonados con estiércol (T4 y T5) y fueron de 2,42; 2,44 y 2,41%, respectivamente. Los menores contenidos de MO se obtuvieron en los tratamientos sin aplicación de nitrógeno T1, T2 y T6 fueron 1,84; 1,96 y 2,06%, respectivamente. El manejo del pasto con leguminosas y estiércol fue efectivo en restaurar la fertilidad del suelo y la materia orgánica arriba del umbral crítico de 2%.

Se registró efecto significativo ($P<0,05$) de leguminosas en el contenido de nitrógeno en el suelo: 1,50% vs 1,29% y en la relación C:N 7,57 vs 8,23; en T2 vs T6, respectivamente (Cuadro 9).

Cuadro 9. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de la pastura y de la leguminosa nativa, contenido de materia orgánica, carbono y nitrógeno en el suelo y tasa de mineralización (TM) de la materia orgánica(MO).

| Tratamientos | Rendimiento de MS en los 3,25 años (ton.ha ⁻¹) | | MO (%) | Carbono (%) | nitrógeno (%) | Relación C:N | TM anual (%) |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------|--------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| | pastura | leguminosas | | | | | |
| T5 (Estiércol+N) | 54,4 a | 4,5 a | 2,41 a | 1,40 a | 0,158 a | 8,88 a | 7,4 a |
| T4 (Estiércol) | 46,8 b | 6,4 a | 2,42 a | 1,42 a | 0,161 a | 8,81 a | 6,8 a |
| T3 (Químico+N) | 51,1 ab | 2,3 b | 2,44 a | 1,41 a | 0,164 a | 8,57 a | 4 b |
| T2 (Químico) | 37,6 c | 5,8 a | 1,96 b | 1,14 b | 0,150 a | 7,57 c | 6,5 a |
| T1 (sin fertilización) | 24,8 c | 1,5 b | 1,84 b | 1,22 b | 0,155 a | 7,85 b c | 2,5 b |
| T6 (Químico testigo sin leguminosas) | 26,6 c | ----- | 2,06 b | 1,07 b | 1,29 b | 8,23 ab | |

Medias con distintas letras en la misma columna son diferentes $P<0,05$.

El contenido de carbono del suelo estuvo correlacionado ($CC=0,65$ y $P= 0,02$) con el rendimiento de forraje de la pastura (Figura 1). Lo anterior se debió al aporte de las raíces del pasto y el estiércol aplicado en el contenido de carbono del suelo. Ya que el forraje de la pastura cortada fue extraído totalmente del área experimental.

Existió una alta correlación ($CC=0,62$ y $P= 0,001$) entre contenido de carbono y de nitrógeno en el suelo (Figura 2). Indicando que fueron las pasturas con mayor contenido de nitrógeno lo que aportaron la mayor cantidad de raíces y, por ende, de carbono al suelo.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

La producción de raíz (25% del rendimiento de forraje) y la MO del excremento aplicado, explica la variación en la MO observada en el suelo y permitió estimar la mineralización de la MO por la diferencia entre lo añadido y lo observado. La tasa de mineralización resultante fue mayor ($P < 0,05$) en los tratamientos con alto rendimiento de leguminosa (T2, T4 y T5) registrando una alta asociación ($P = 0,0006$ y $R^2 = 0,95$) entre el rendimiento de las leguminosas y la tasa de mineralización (Figura 3).

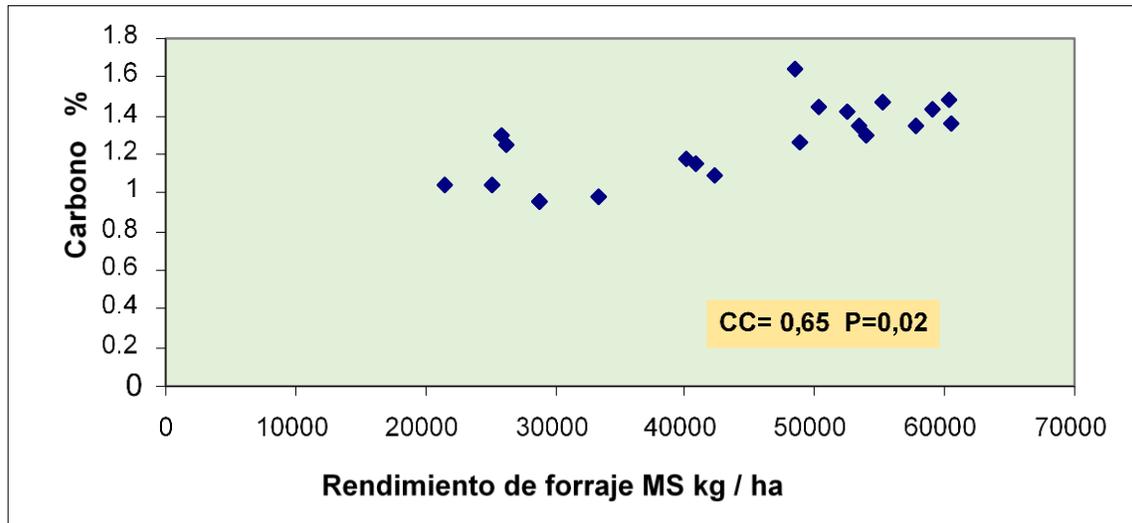


Figura 1. Correlación entre el rendimiento de forraje y contenido de carbono de las unidades experimentales.

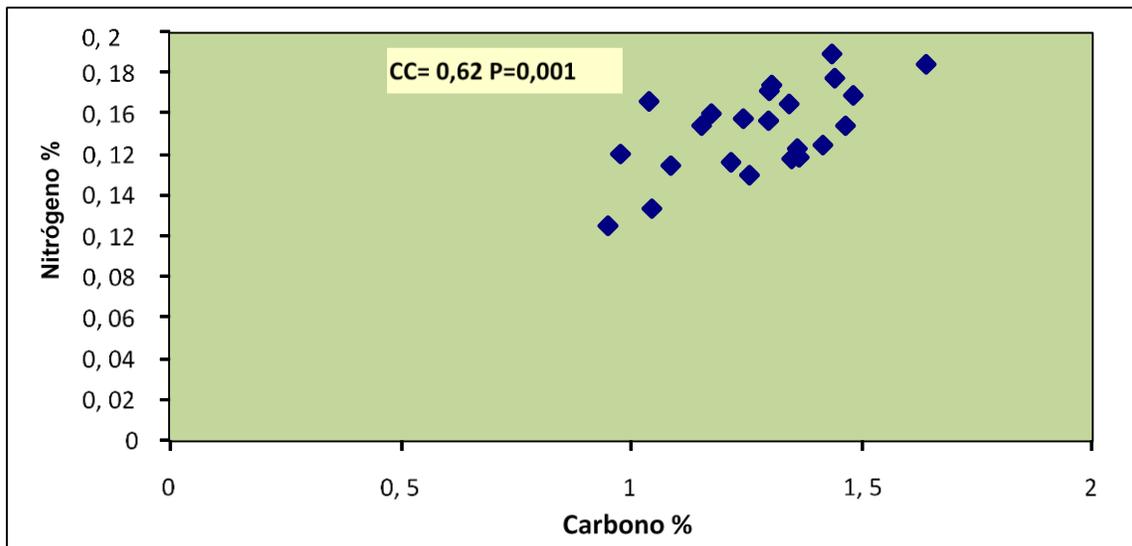


Figura 2. Correlación entre los contenidos de carbono y nitrógeno en las unidades experimentales.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

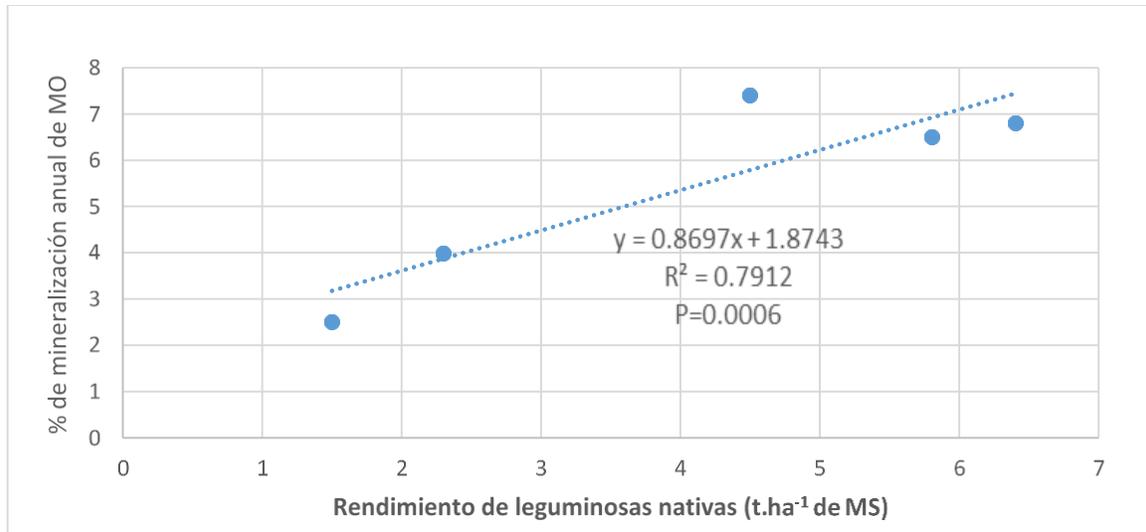


Figura 3. Relación entre tasa de mineralización anual de Materia Orgánica (MO) y rendimiento de leguminosas nativas.

Existió una alta asociación ($P=0,0049$ y $R^2=0,93$) entre la tasa de mineralización de la materia orgánica y el rendimiento de la pastura al inicio del periodo lluvioso (Figura 4). El mayor rendimiento de la pastura se registró en los tratamientos con mayor producción de leguminosas nativas. Lo anterior, se debió a que las especies de leguminosas nativas son anuales, mueren al inicio del periodo seco, por lo que el mayor aporte de nitrógeno de los residuos de las leguminosas (raíces, tallos y hojas) en descomposición se registran al inicio del periodo lluvioso, llegando a incrementar en más de $4,0 \text{ t.ha}^{-1}$ de MS el rendimiento de la pastura, con respecto al testigo sin leguminosas, en un lapso corto de tiempo. Es notorio el bajo rendimiento de la pastura registrado en T3 al inicio del periodo lluvioso, cuando no se fertilizo con urea.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

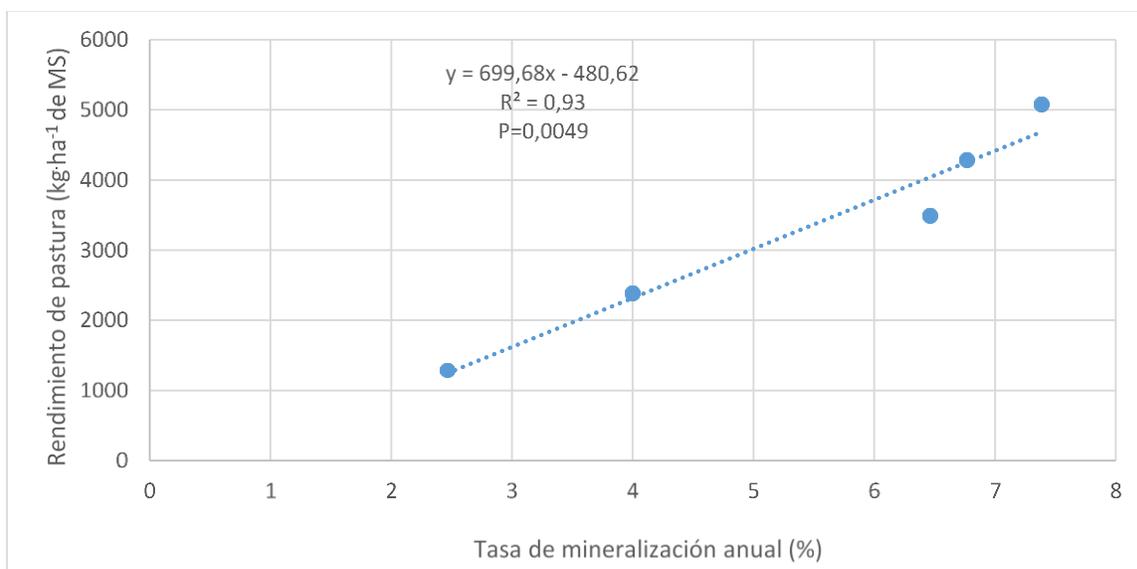


Figura 4. Relación entre la tasa de mineralización y rendimiento de la pastura al inicio del periodo lluvioso.

CONCLUSIONES

- La reposición de los macronutrientes a través del estiércol complementado con aplicaciones química de P, S, K y Mo, con y sin fertilización nitrogenada resultaron en las mejores alternativas para aumentar la productividad de la pastura y la fertilidad del suelo. Los aportes de las leguminosas (en promedio 28% del rendimiento total de la pastura), potenciado enormemente por las aplicaciones de molibdeno, fue determinante en la optimización de la productividad de la pastura, contenido de C, N y tasa de mineralización de la materia orgánica del suelo.
- La aplicación de Mo mejoró en 2,64 veces el rendimiento anual de las leguminosas, en 24% la respuesta de los nutrientes nativos del suelo y en 12% la respuesta de la urea, lo que contribuyó en promedio con el 23% del rendimiento de la pastura.
- La fertilización con urea redujo el rendimiento de las leguminosas nativas a razón de 11,13 kg de MS por kg de N aplicado. Registrando, con la dosis alta, una declinación del rendimiento de leguminosas y pastura a través del tiempo.
- Sin reposición de macronutrientes el rendimiento de leguminosas nativas declina con el paso del tiempo hasta su práctica desaparición; afectando sensiblemente el



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

rendimiento de la pastura. Igualmente, sin presencia de leguminosas nativas la reposición química de los macronutrientes no evita la declinación del rendimiento de la pastura a un nivel similar a lo alcanzado cuando no se reponen los nutrientes extraídos.

REFERENCIAS

- Arosemena, E., Morales, R., y Sylvester-Bradley, R. (1990). *Evaluación de la necesidad de inocular, respuestas a la inoculación y a la aplicación de molibdeno en leguminosas forrajeras en suelos de la región central de Panamá*. In Sylvester-Bradley, R.; Kipe-Nolt, J.(eds.). *La simbiosis leguminosa-rizobio: Actas de un taller sobre evaluación, selección y manejo agronómico*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. 134-147. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/Digital/SB177.L45_S54_V.2_La_simbiosis_leguminosa-rizobio_Actas_de_un_taller_sobre_evaluaci%C3%B3n,_selecci%C3%B3n.pdf
- Arosemena, E., Urriola, D., Ríos, L., y Guerrero, B. (2014a). *Efecto de la aplicación de molibdeno en pasturas en dos sitios con historial diferente de degradación*. XV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. Enfrentando Retos para el Avance de la Ciencia. 15-17 de octubre de 2014. Panamá. <http://apanac.org.pa/sites/default/files/Libro%20XV%20CONGRESO%20NACIONAL%20DE%20CIENCIA%20Y%20TECNOLOGIAV.pdf>
- Arosemena, E., Urriola, D., y Ríos, L. (2014b). *Composición florística de la pastura Según especie sembrada y manejo en la cuenca del río La Villa*. XV Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología. Enfrentando Retos para el Avance de la Ciencia. 15-17 de octubre de 2014. Panamá. <http://apanac.org.pa/sites/default/files/Libro%20XV%20CONGRESO%20NACIONAL%20DE%20CIENCIA%20Y%20TECNOLOGIAV.pdf>
- Brennan, R. (2002). Valor residual de trióxido de molibdeno para la producción de trébol en un podzol arenoso ácido. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 42(5), 565 – 570. <https://doi.org/10.1071/EA01066>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Del Pino, A., Repetto, C., Mori, C., y Perdomo, C. (2008). Patrones de descomposición de estiércoles en el suelo. *Terra Latinoamericana*, 26, 43-52.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v26n1/v26n1a6.pdf>

Espinosa, M., Marrugo, J., Hurtado, M., y Reza, S. (2012). Producción y pérdida de nitrato en *Brachiaria humidicola* y *Panicum maximum* en el valle del río Sinú. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 55 - 61.

<https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945032007.pdf>

Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe. (2016). *Una nueva Regionalización Climática de Panamá como aporte a la seguridad hídrica, trabajo de la División de Investigación Aplicada y Desarrollo*. Panamá. ISSN en trámite.

Centro Internacional de Agricultura Tropical. (1984). *Informe anual del programa de pastos tropicales*. 1983. Cali, Colombia.

Clarence, R. (1978). *Algunas causas comunes del fracaso de leguminosas y gramíneas tropicales en fincas comerciales y posibles soluciones*. In Tergas, L. y Sánchez, P. (eds) *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. p. 427-446.

https://www.google.com.pa/books/edition/Produccion_De_Pastos_En_Suelos_Acidos_De/ZatLb6yNnygC?hl=es-419&qbpv=1&dq=producci%C3%B3n+de+pastos+en+suelos+acidos

Fernández-Pascual, M., De María, N., y De Felipe, M. (2002). *Fijación biológica del nitrógeno: factores limitantes*. Ciencia y Medio Ambiente - Segundas jornadas científicas sobre medio ambiente del CCMA-CSIC: 195-202

<https://digital.csic.es/bitstream/10261/128283/1/Fijaci%C3%B3n%20Biol%C3%B3gica391%28MC%20F%20Pascual%29.pdf>

Guevara, R., Figueredo, R., Curbelo, L., Guevara, G., Gálvez, M., y Soto, S. (2007). Persistencia de leguminosas nativas en fincas ganaderas y su influencia en el aporte



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

de nitrógeno y la producción de leche. II. Relaciones con los rendimientos de materia seca del pasto y la respuesta animal. *Revista producción animal*, 19(1), 31 - 35.
<https://core.ac.uk/download/pdf/268092727.pdf>

Pigurina, G., y Banchemo, G. (1992). *Estudio de casos de intoxicación por nitratos en vacas lecheras en el departamento de Colonia*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria de Uruguay. Hoja de Divulgación No 28, fecha 6/92.
<http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/4957/1/Hoja-de-divulgacion-28-Produccion-Animal-2.pdf>

Poultney, R., Pinzon, B., Sousa, S., y Gonzalez, J. (1986). Exploración de deficiencias minerales en diferentes localidades de Panamá (Invernadero) 1975-1980. *In* Pinzón, B; Montenegro, R. Comp. Resúmenes analíticos de la investigación pecuaria en Panamá (1968-1985). Panamá, PA. IDIAP. p. 39-40.

PROMIX. (2022). *Rol del molibdeno en el cultivo de plantas*.
<https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/rol-del-molibdeno-en-el-cultivo-de-plantas/>

Instituto de Estadística y Censo de Panamá. (2011). *I-VII Censos Nacionales Agropecuarios de 1950-2011*. Panamá.
https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=364&ID_CATEGORIA=15&ID_SUBCATEGORIA=60

International Molybdenum Association. (2022). *El Molibdeno- Esencial para la vida*. 12 p.
https://www.imoa.info/download_files/sustainability/Molibdeno_Esencialidad.pdf

Salina, J., y Gualdrón, R. (1982). *Adaptación y requerimientos de fertilización de Brachiaria humidicola (Rendle) Schweickdt en la altillanura plana de los Llanos Orientales de Colombia*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia.
<https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/71678/18394.pdf?sequence=1>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Sánchez, P., e Isbell, R. (1978). *Comparación entre suelos de los trópicos de América Latina y Australia*. In Tergas, L. y Sánchez (eds). *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. p. 29-58.

https://www.google.com.pa/books/edition/Produccion_De_Pastos_En_Suelos_Acidos_De/ZatLb6yNnygC?hl=es-419&gbpv=1&dq=producci%C3%B3n+de+pastos+en+suelos+acidos

Serrao, E., Falesis, I., De Vega, J., y Teixeira, J. (1978). *Productividad de Praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad en la amazonia de Brasil*. In Tergas, L. y Sánchez, P. (eds) *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, CO. p. 211-241.

https://www.google.com.pa/books/edition/Produccion_De_Pastos_En_Suelos_Acidos_De/ZatLb6yNnygC?hl=es-419&gbpv=1&dq=producci%C3%B3n+de+pastos+en+suelos+acidos

Zérega, L., y Hernández, T. (1998). Efectos del nitrógeno orgánico y mineral sobre el rendimiento de la caña de azúcar. *Bioagro*, 10(3), 63 - 67.

<http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/bioag/v10n3/articulo01.pdf>

Ramírez, C. A. (2003). *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Panamá*. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. FGR/50S Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. (Inédito). <https://www.fao.org/3/j0604s/j0604s00.htm>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

**PULGÓN DE LA CEBOLLA, *Neotoxoptera formosana* TAKAHASHI, 1921
(HEMIPTERA: APHIDIDAE), EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ¹**

***Rubén D. Collantes G.*²**

RESUMEN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es una de las principales hortalizas cultivadas en las Tierras Altas de Chiriquí; área responsable del abastecimiento de estos rubros en más del 80% en Panamá. Si bien entre las plagas insectiles conocidas que afectan el cultivo de la cebolla, se tienen el gusano cortador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), la mosca minadora *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromycidae) y los trips (Thysanoptera: Thripidae); también los áfidos o pulgones (Hemiptera: Aphididae), ocasionan daños directos e indirectos al servir como vectores de virus. Recientemente se encontró en bulbos almacenados en Cerro Punta, una alta infestación de un pulgón oscuro, por lo que el propósito del presente trabajo fue identificar dicha especie. Para ello, se colectaron muestras para su análisis en el laboratorio y se consultó literatura especializada. De acuerdo con los resultados, la especie corresponde a *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae), conocida comúnmente como el pulgón de la cebolla. Esta especie puede afectar tanto plantas en campo como bulbos almacenados y también puede comprometer otros cultivos de la familia Alliaceae, como el ajo (*Allium sativum* L.), el puerro (*Allium ampeloprasum* L.) y la cebollina (*Allium schoenoprasum* L.). El insecto es de origen asiático y fue reportado en Panamá hace más de 15 años. Adicional a la identificación, se brindan algunos detalles sobre su biología, así como recomendaciones de manejo integrado de la plaga, que contemplan el control cultural, biológico, etológico y químico. Se espera a futuro continuar investigando sobre esta y otras plagas de importancia para el cultivo de cebolla.

Palabras claves: Áfido, Alliaceae, ajo, cebolla, Tierras Altas.

¹Recepción: 25 de julio de 2022. Aceptación: 12 de diciembre de 2022. Proyecto del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP): Investigación e innovación en el manejo del cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí. Ph.D. Agricultura Sustentable.
e-mail: rdcg31@hotmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

THE ONION APHID, *Neotoxoptera formosana* TAKAHASHI, 1921 (HEMIPTERA: APHIDIDAE), IN CERRO PUNTA, CHIRIQUI

ABSTRACT

Onion (*Allium cepa* L.), is one of the main crops grown in Tierras Altas, Chiriqui; a productive area responsible for the supply of these items in more than 80% in Panama. Although the insect pests known to affect onion cultivation include the cutworm *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), the leaf miner *Liriomyza* sp. (Diptera: Agromycidae) and the thrips (Thysanoptera: Thripidae); also aphids (Hemiptera: Aphididae), cause direct and indirect damage by serving as virus vectors. Recently, a high infestation of a dark aphid was found in bulbs stored in Cerro Punta, so the purpose of this work was to identify this species. For this, samples were collected for analysis in the laboratory and specialized literature was consulted. According to the results, the species corresponds to *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae), commonly known as the onion aphid. This species can affect both field plants and stored bulbs and can also affect other crops of the Alliaceae family, such as garlic (*Allium sativum* L.), leek (*Allium ampeloprasum* L.) and chives (*Allium schoenoprasum* L.). The insect is of Asian origin and was reported in Panama more than 15 years ago. In addition to the identification, some details about its biology and integrated pest management recommendations are provided, which include cultural control, biological control, ethological control and chemical control. In the future, it is expected to continue researching this and other important pests for onion cultivation.

Key words: Aphid, Alliaceae, garlic, onion, Tierras Altas.

INTRODUCCIÓN

La cebolla (*Allium cepa* L.), es un cultivo estratégico de la cadena agroalimentaria en Panamá. Las primeras siembras en Tierras Altas, provincia de Chiriquí, datan desde 1958 (Lezcano y Garrido, 2009). Posteriormente, el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (actualmente, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, IDIAP), inició en 1984 la investigación formal, mediante un proyecto de manejo integrado del cultivo (Lezcano y Garrido, 2009). En el presente, el IDIAP cuenta con un proyecto de investigación e innovación en el manejo del cultivo de cebolla, cuya sede es la Estación Experimental de Cerro Punta; el cual pretende atender las demandas de información y agrotecnologías de los productores, mediante componentes de investigación como los insectos asociados al cultivo (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2022).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Lezcano y Garrido (2009), listaron como especies plaga de importancia en cebolla a *Thrips tabaci* Lindeman, 1889 (Thysanoptera: Thripidae), *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Lepidoptera: Noctuidae), *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) y *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae). Esto concuerda con Sánchez y Serrano (1994), quienes indicaron como los principales órdenes de insectos que afectan al cultivo de cebolla en Tierras Altas a Lepidoptera, Thysanoptera y Diptera; mientras que, como plagas ocasionales están los órdenes Coleoptera y Homoptera (actualmente Hemiptera). Además, Sánchez y Serrano (1994), indicaron que, los áfidos se han observado en grandes cantidades en brotes de cebolla almacenada o sobre los brotes de bulbos para semilla; pudiendo ser alados o no y variar en color desde verde hasta negro, los cuales succionan la savia y son de importancia para los bulbos de siembra, por transmitir enfermedades virales.

Neotoxoptera formosana Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae), conocido como el pulgón de la cebolla, es de origen asiático, cosmopolita y fue reportado por primera vez en Panamá y Centroamérica por Quirós y Emmen (2006); quienes investigaron los áfidos en Boquete y Cerro Punta, provincia de Chiriquí y en el Valle de Antón, provincia de Coclé; al ser zonas hortícolas importantes. Además, *N. formosana* es vector del *Garlic latent virus* (GarLV), entre especies del género *Allium* (Sako et al., 1990); del *Alstroemeria mosaic virus* (AIMV) (Yasuda et al., 1998) y en menor medida del *Papaya ringspot virus* (PRV) (Jensen, 1949). Recientemente, se encontró en Cerro Punta una infestación elevada de áfidos en bulbos almacenados (Figura 1). El objetivo del estudio fue identificar la especie de áfido que afecta a la cebolla en Cerro Punta.



Figura 1. Bulbos almacenados infestados por pulgones en Cerro Punta.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a Cerro Punta, distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, Panamá (8°51'00" N, 82°34'00" O). Se recolectaron muestras de los especímenes, las cuales fueron depositadas en viales de vidrio con etanol al 70%; para su identificación en el laboratorio. Se ocupó un estereoscopio con iluminación episcópica y se tomaron imágenes (Figura 2). Se consultó literatura especializada, para confirmar los caracteres de los especímenes observados (Quirós y Emmen, 2006; Influential Points, 2022; Iowa State University, 2022).



Figura 2. *Neotoxoptera formosana*: Ninfas rojizas (izquierda) y hembra adulta marrón rojizo, con fémures y primeros segmentos antenales negros (derecha).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie de insecto se identificó como *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae), conocida comúnmente como el pulgón de la cebolla. Mide de 1,6 a 2,3 mm. Las ninfas son de color rojizo, mientras que la hembra adulta es marrón rojizo, con los dos primeros segmentos antenales y la porción distal del fémur negros (Figura 2). Se observó tanto ninfas como adultos alimentarse de los brotes de cebollas almacenadas, los cuales tenían una coloración amarillenta (Figura 1).

Los pulgones encontrados en cebolla de Tierras Altas, correspondían al género *Myzus*, con coloraciones variables entre verde y negro (Sánchez y Serrano, 1994). Sin embargo, los caracteres observados en los especímenes colectados, concuerdan con lo descrito para *Neotoxoptera formosana* (Influentail Points, 2022). Esto también podría guardar relación con el hecho de que el primer reporte de dicha plaga fue realizado por Quirós y Emmen (2006); por lo que, investigaciones que se hayan realizado previamente a dicha fecha no contemplan la presencia de *N. formosana* en Panamá.

En el país vecino Colombia, Simbaqueba y Serna (2021), investigaron sobre los áfidos de ese país, entre los cuales citaron a *N. formosana* afectando *Allium fistulosum* L. Esto confirma lo citado previamente, respecto a la preferencia del insecto por las Alliaceae, como la cebollina y el puerro; siendo estos productos junto con la cebolla cultivados frecuentemente en Cerro Punta (Herrera et al., 2021).

Respecto a la biología, *N. formosana*, al igual que otras especies de pulgones, es partenogenético (las hembras pueden reproducirse sin aparearse con machos), su ciclo de vida, desde huevo hasta adulto, dura menos de 15 días, pasando de ninfa a adulto en menos de una semana; cada hembra tiene la capacidad de producir de cinco a seis ninfas por día, con lo cual de tres a cinco semanas la población del insecto puede aumentar considerablemente al presentar varias generaciones por año (Piron, 2010; Constantino, 2018; Influential Points, 2022). Esto podría explicar los altos niveles poblacionales encontrados en la cebolla almacenada en Cerro Punta.

En cuanto a la capacidad de *N. formosana* para transmitir virus (Jensen, 1994; Sako et al., 1990; Yasuda et al., 1998; Vasicek et al., 2007); además de Alliaceae cultivadas, hay



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

vegetación cercana compuesta por alstroemeria y frutales como la papaya de montaña; siendo la primera de importancia como ornamental (M. Mora, comunicación personal, 23 de julio de 2022) y la segunda ocupada para la elaboración de mermeladas artesanales (Collantes et al., 2021).

La interacción de este pulgón en las cadenas tróficas de los agroecosistemas hortícolas de Cerro Punta, resulta de interés para continuar investigando, porque se han encontrado depredadores de áfidos en el área de estudio, como los chinches asesinos *Zelus longipes* (L., 1767) y *Zelus renardii* Kolenati, 1857 (Hemiptera: Reduviidae) (Collantes y Jerkovic, 2020; Collantes et al., 2023), *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) (Collantes et al., 2022) y *Cheilomenes sexmaculata* (Fabricius, 1781) (Coleoptera: Coccinellidae) (Collantes y Jerkovic, 2020).

Entre las alternativas que podrían implementarse para el manejo integrado de *Neotoxoptera formosana*, se tienen las siguientes:

- **Control Cultural:** Preparación de terreno, rotación de cultivos, evitar cultivar cebolla cercana a otras Alliaceae, monitoreo frecuente en almácigo y campo (al menos semanalmente), inspeccionar los bulbos antes de almacenarlos o si se van a emplear como semilla, limpieza (Sánchez y Serrano, 1994).
- **Control Etológico:** Las trampas pegantes color amarillo pueden ayudar con el monitoreo de pulgones tanto en campo como en ambientes de almacenamiento, además de contribuir con el control de plagas (Bravo-Portocarrero et al., 2020).
- **Control Biológico:** Mediante insectos depredadores como los chinches asesinos del género *Zelus* (Hemiptera: Reduviidae), las mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae) y las crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) (Sánchez y Serrano, 1994; De Cisneros et al., 2016; Collantes et al., 2023).
- **Control Microbiológico:** Aplicación de productos a base de *Beauveria bassiana*, han demostrado ser eficaces, dado que el hongo entomopatógeno continúa contaminando al resto de la población de pulgones hasta provocar su eliminación (Romo, 2020).
- **Productos Naturales:** La tierra de diatomea y los polvos vegetales, son alternativas eficientes y menos contaminantes, que pueden servir tanto para el control como para repeler la plaga (Constantino, 2018).



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- **Control Químico:** Esto representa la última alternativa a ejecutar, solamente tras confirmar la presencia de la plaga; se recomienda aplicar insecticidas en rotación, utilizar el equipo de protección personal completo y la dosis recomendada por el fabricante (Sánchez y Serrano, 1994). También se recomienda realizar la calibración de los equipos y aplicar en horas tempranas y sin viento fuerte, además de consultar con un profesional idóneo y verificar que el producto cuente con registro y uso recomendado para el cultivo (M. Rodríguez, comunicación personal, 25 de noviembre de 2022).

CONCLUSIÓN

- El pulgón encontrado en bulbos de cebolla almacenados en Cerro Punta, corresponde a la especie *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae). Este insecto puede afectar, además de la cebolla, a otras Alliaceae cultivadas como el puerro y la cebollina; sirviendo también como un potencial trasmisor de virus.

RECOMENDACIONES

Tomar en consideración las alternativas de manejo integrado enunciadas previamente; además de continuar desarrollando investigación en este y otros organismos plaga que afecten al cultivo de cebolla y otras hortalizas en Tierras Altas.

REFERENCIAS

- Bravo-Portocarrero, R., Zela Uscamayta, K., y Lima-Medina, I. (2020). Eficiencia de trampas pegantes de colores en la captura de insectos de hortalizas de hoja. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 61-66. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.01.07>
- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 48-58. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>
- Collantes, R., Pittí, J., Jerkovic, M., y Atencio, R. (2021). Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 2(1), 1-11. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2460



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Collantes, R., Pittí, J., Santos, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022). *Oligonichus ununguis* (Acari: Tetranychidae): plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924

Collantes, R., Santos, A., Pittí, J., Atenció, R., y Jerkovic, M. (2023). Vegetación asociada al género *Zelus* Fabricius, 1803 (Hemiptera: Reduviidae) en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (36), 24-36. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/603>

Constantino, E. (2018). *Neotoxoptera formosana*: bioactividad de productos naturales para su control. [Tesis de grado, Universidad Nacional de La Plata, Argentina]. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/68975>

De Cisneros, Y. N. R., Peña, A. S., Sisne, M. L., y Rodríguez, I. (2016). Regulación poblacional de *Neotoxoptera formosana* (Takahashi) en cebollín (*Allium fistulosum* L.) con el uso de *Chrysoperla carnea* (Stephens) en el Municipio Jáuregui, Táchira. *Universidad & Ciencia*, 5(2), 152-166. <https://revistas.unica.cu/index.php/uciencia/article/view/241>

Herrera, R., Collantes, R., Caballero, M., y Pittí, J. (2021). Caracterización de fincas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 200-209. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.329>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, PA). (2022). *Proyecto de cebolla que ejecuta el IDIAP en Chiriquí*. <http://www.idiap.gob.pa/2022/03/04/proyecto-de-cebolla-que-ejecuta-el-idiap-en-chiriqui/>

Influential Points. (2022). *Neotoxoptera formosana: Onion aphid*. https://influentialpoints.com/Gallery/Neotoxoptera_formosana_onion_aphid.htm

Iowa State University. (2022). *Bug Guide*. <https://bugguide.net/node/view/15740>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

- Jensen, D. (1949). Papaya ringspot virus and its insect vector relationships. *Phytopathology*, 39, 212-220.
- Lezcano, J., y Garrido, N. (2009). *El cultivo de cebolla Allium cepa L., en Panamá*. Manual Técnico. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, PA. 80 p.
- Piron, P. (2010). Appearance of *Neotoxoptera formosana* (Homoptera: Aphididae) in The Netherlands. *Entomologische Berichten*, 70(1), 10-12.
https://www.researchgate.net/publication/254836553_Appearance_of_Neotoxoptera_formosana_Homoptera_Aphididae_in_The_Netherlands
- Quirós, D., y Emmen, D. (2006). Diversidad biológica de los áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Panamá. *Tecnociencia*, 8(2), 63-75.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/748/637>
- Romo, I. (2020). Evaluación de tres cepas de *Beauveria bassiana* para el control de *Neotoxoptera formosana* en el cultivo de Cebolla blanca de rama (*Allium fistulosum*). [Tesis de grado, Universidad San Francisco de Quito, Ecuador].
<https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/9040/1/124466.pdf>
- Sako, I., Taniguchi, T., Osaki, T., y Inouye, T. (1990). Transmission and translocation of garlic latent virus in rakkyo (*Allium chinense* G. Don.). *Proceedings of the Kansai Plant Protection Society* 32, 21-27.
- Sánchez, E., y Serrano, C. (1994). *Manual de Producción de Cebolla en las Tierras Altas de Chiriquí*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 42 p.
<http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/idiap/cebolla.pdf>
- Simbaqueba, R., y Serna, F. (2021). Áfidos (Hemiptera: Aphididae) de Colombia, con nuevos registros para el norte de Sudamérica. *Caldasia*, 43(1), 1-27.
<https://doi.org/10.15446/caldasia.v43n1.77979>



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Vasicek, A., La Rossa, F., Paglioni, A., Lanati, S., y López, M. (2007). Funcionalidad biológica y poblacional de *Neotoxoptera Formosa* (Takahashi) (Hemiptera: Aphididae) sobre siete cultivares de ajo (*Allium sativum* L.) en condiciones de laboratorio. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, 33(3), 325-332.

Yasuda, S., Saka, K., y Natsuaki, K. T. (1998). Characterisation and serodiagnosis of alstroemeria mosaic potyvirus. *Japanese Journal of tropical Agriculture*, 42(2), 85-93.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Arnulfo Gutiérrez, Director General del IDIAP, por el respaldo brindado a esta iniciativa. Al Licenciado Michael Mora, por colaborar con las consultas realizadas. A los coautores de las investigaciones desarrolladas previamente por el autor. Al Ingeniero Manuel Rodríguez, Coordinador Nacional del Proyecto de Aplicaciones Terrestres de Plaguicidas (ATPLAG), Ministerio de Desarrollo Agropecuario, por las orientaciones brindadas sobre la materia.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

LISTA DE COMPROBACIÓN PARA LA PREPARACIÓN DE ENVÍOS

Como parte del proceso de envío, los autores/as están obligados a comprobar que su envío cumpla todos los elementos que se muestran a continuación. Se devolverán a los autores/as aquellos envíos que no cumplan estas directrices.

- El envío no ha sido publicado previamente ni se ha sometido a consideración por ninguna otra revista (o se ha proporcionado una explicación al respecto en los Comentarios al editor/a).
- El archivo de envío está en formato OpenOffice y Microsoft Word.
- Siempre que sea posible, se proporcionan direcciones DOI o URL para las referencias.
- El texto tiene interlineado a espacio y medio; 11 puntos de tamaño de fuente arial; se utiliza cursiva en lugar de subrayado (excepto en las direcciones URL); y todas las ilustraciones, figuras y tablas se encuentran colocadas en los lugares del texto apropiados, en vez de al final.
- El texto se adhiere a los requisitos estilísticos y bibliográficos resumidos en las [Directrices del autor/a](#), que aparecen en Acerca de la revista.

A. NORMAS GENERALES

La revista Ciencia Agropecuaria publica artículos científicos originales realizados en cualquier área de las ciencias agropecuarias.

Los escritos deben ser redactados en español y enviados vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa (solicitar confirmación de lectura). La presentación en otro idioma deberá ser consultada previamente con el editor principal de la revista. Deben ser de interés para un público especializado, redactados en prosa científica y comprensible al lector.

Los trabajos que ingresan a la revista son revisados, evaluados, que cumplan con el formato establecido (formato de revisión). Una vez ajustados al formato de la revista, son enviados a especialistas (revisión de pared) y con dos dictámenes positivos se acepta la incorporación del trabajo al índice en curso.

Aquellos trabajos que no se ajusten a las normas para autores y formato de revisión (disponibles en: <http://www.idiap.gob.pa/download/formato-de-revision/?wpdmdl=916>) serán devueltos a los autores para los respectivos ajustes, antes de ser considerados para evaluación y los aceptados serán publicados bajo el entendimiento de que el material presentado es original e inédito, siendo los autores los únicos responsables por la veracidad y exactitud de las afirmaciones y datos

presentados. Además, la revista provee acceso libre inmediato a su contenido en el principio de que hacer disponibles gratuitamente investigaciones al público apoya a un mayor intercambio de conocimiento global.

Los trabajos deben enviarse vía correo electrónico a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa y su envío debe incluir carta de presentación del artículo, el documento, formato de revisión, declaración de inédito, aprobación de los autores y de las instituciones participantes mencionadas en el documento.

Todos los trabajos deben incluir título, autores, resumen y palabras claves, tal como se describen en el artículo.

Los trabajos deben ser preparados en el procesador de texto Microsoft Word, en letra arial, tamaño 11, a espacio y medio. Márgenes superior e inferior de 2,5 cm (1 pulgada) e izquierdo y derecho de 3,05 cm (1,2 pulgadas) y un máximo de 25 páginas.

Los nombres científicos deben ser escritos en cursiva, mayúscula inicial para el género y la especie en minúscula; para la familia se debe escribir en regular o normal (en Word) con mayúscula inicial. Las abreviaturas y signos redactados con base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), también llamado Sistema Internacional de Medidas, usado internacionalmente y basado en el sistema métrico decimal.

Los cuadros y figuras (gráficos, dibujos, esquemas, diagramas) se presentan en secuencia lógica de acuerdo al texto. Adicional, deben aparecer en archivos aparte en original y las fotos en formato JPG o TIF. El tamaño de la fuente igual que el texto en negrita. Los cuadros y leyendas de las figuras deben ser enumerados en arábigo por orden de referencia en el texto.

Citación

La literatura citada se basa en la norma implementada por la Normas APA (7^a ed.) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas.

Sánchez, C. (11 de diciembre de 2019). Actualizaciones en la 7ma (séptima) edición de las Normas APA. *Normas APA (7ma edición)*. <https://normas-apa.org/introduccion/actualizaciones-en-la-7ma-septima-edicion-de-las-normas-apa/>

Generalidades

- Evitar el uso de referencias de datos no publicados, ya que no se encuentran con la disponibilidad para los lectores que deseen acceder a esas fuentes.
- Las referencias bibliográficas en el texto deben aparecer citadas en idioma español independiente del idioma de origen de la fuente.
- En la literatura cita las referencias deben redactarse de acuerdo con el idioma de origen de la misma.

- No se aceptan referencias bibliográficas que tengan más de diez años de antigüedad, a menos que sea indispensable o sea trabajos clásicos que mantienen su vigencia en el tiempo.
- Evitar más de tres citas para apoyar una idea o información.
- Las citas en el texto según APA la cita parentética menciona separando con una coma el apellido del primer autor del año; si son dos autores el apellido de cada autor va separado por “y”, finalmente cuando se trata de referencias con más de dos autores, se menciona el apellido del primer autor seguido de “et al.”.

Ejemplos:

| Tipo de autor | Cita parentética | Cita narrativa |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| Un autor | (Fernández González, 2010) | Fernández González (2010) |
| Dos autores | (Echeita y Serrano, 2019) | Echeita y Serrano (2019) |
| Tres o más autores | (Blanco et al., 2019) | Blanco et al. (2019) |
| Autor corporativo o institucional con siglas <ul style="list-style-type: none"> • Primera cita • Citas sucesivas | (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2016) (OMS, 2016) | Organización Mundial de la Salud (OMS, 2016) OMS (2016) |
| Autor corporativo o institucional sin siglas | (Colegio Oficial de la Psicología de Madrid, 2020) | Colegio Oficial de la Psicología de Madrid (2020) |

Casos especiales:

- Citas múltiples de un mismo autor y fecha: (Rodríguez, 2007a) o Rodríguez (2007b)
- Autores con apellidos iguales (se incluye la inicial del nombre): (J.M. Taylor, 2015; T. Taylor, 2014)
- Traducciones: (Piaget, 1966/2000) o Piaget (1966/2000)

Citas textuales:

En este tipo de citas debemos incluir autor, año y número de página/s. Si el trabajo no está paginado indicar sección o párrafo en el que se encuentra la información.

- Menos de 40 palabras: introducir en el texto la información entrecomillada.
- Más de 40 palabras: introducir la información en párrafo aparte con margen de 5 espacios y sin utilizar comillas.
- Cita textual extraída de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252)
- Cita textual extraída de más de una página: (Blanco et al., 2019, p. 252-253)
- Cita textual sin numeración de página: (Blanco et al., 2019, párr. 3)

Redactar referencias en APA

Libro en papel

Echeita, G., y Serrano, G. (2019). Educación inclusiva: el sueño de una noche de verano. Octaedro.

Libro electrónico

Pichardo Galán, J., y Stéfano Barbero, M. (Eds.). (2015). *Diversidad sexual y convivencia: una oportunidad educativa*. Universidad Complutense de Madrid. http://eprints.ucm.es/34926/1/Diversidad_y_convivencia_2015_FINAL.pdf

Capítulo de libro

Gilmartín, M. A. (2008). Ambientes escolares. En J. A. Aragonés y M. Amérigo (Eds.), *Psicología ambiental* (pp. 221-237). Pirámide.

Entrada en diccionario o enciclopedia

American Psychological Association. (n.d.). Educational Psychology. En *APA dictionary of psychology*. Recuperado 26 Junio, 2020, de <https://dictionary.apa.org/educational-psychology>

Artículo de revista en papel

Rodríguez, C. (2007). God's eye does not look at signs. Early development and semiotics. *Infancia y Aprendizaje*, 30(3), 343-374.

Artículo de revista electrónica

- Artículo de revista con paginación y doi

Blanco, M., Veiga, O. L., Sepúlveda, A. R., Izquierdo-Gomez, R., Román, F. J., López, S., y Rojo, M. (2019). Ambiente familiar, actividad física y sedentarismo en preadolescentes con obesidad infantil: estudio ANOBAS de casos-controles. *Atención Primaria*, 52(4), 250-257. <https://doi.org/10.1016/j.aprim.2018.05.013>

- Artículo de revista con identificador electrónico (eLocator)

Buring, D., Kilteni, K., Rabuffetti, M., Slater, M., y Pia, L. (2019). Body ownership increases the interference between observed and executed movements. *PLOS ONE*, 14(1), Article e0209899. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209899>

Comunicación en Congreso

Alonso-Vega, J., Álvarez-Iglesias, A., Ávila-Herrero, I., y Froxán-Parga, M. X. (2019, junio 18). *Verbal interaction analysis of the intervention to an adult with severe behavioral problems* [Presentación de póster]. XVI European Congress of Psychology, Moscú, Rusia. <https://doi.org/10.26226/morressier.5cf632bbaf72dec2b055469e>

Legislación

Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. *Boletín Oficial del Estado*, 295, de 10 de diciembre de 2013, 97858-97921. <http://www.boe.es/boe/dias/2013/12/10/pdfs/BOE-A-2013-12886.pdf>

Test

Wechsler, D. (2005). *Escala de inteligencia de Wechsler para niños-IV (WISC-IV): Manual técnico y de interpretación*. TEA

Página web

Organización Mundial de la Salud. (2016, Abril). *Preguntas y respuestas sobre los trastornos del espectro autista (TEA)*. <https://www.who.int/features/qa/85/es/>

Tesis doctoral o trabajo académico

Fernández González, A. (2010). La inteligencia emocional como variable predictora de adaptación psicosocial en estudiantes de la Comunidad de Madrid [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid]. Biblos-e Archivo. <http://hdl.handle.net/10486/4872>

Audiovisuales

TED. (2018, Septiembre 24). *Paolo Bortolameolli: ¿Por qué nos emociona la música?* [Vídeo]. YouTube. <https://youtu.be/ulDYtj8kQUs>

Redes Sociales

- Perfil de Twitter

APA Style [@APA_Style]. (n.d.). *Tweets* [Perfil de Twitter]. Twitter. Recuperado Junio 19, 2020, de https://twitter.com/APA_Style

- Tweet

APA Education [@APAEducation]. (2018, Junio 29). *College students are forming mental-health clubs-and they're making a difference @washingtonpost* [Imagen con enlace adjunto] [Tweet]. Twitter. <https://twitter.com/apaeducation/status/1012810490530140161>

- Página de Facebook

Colegio Oficial de la Psicología de Madrid. (n.d.). *Home* [Página de Facebook]. Facebook. Recuperado Junio 19, 2020, de <https://es-es.facebook.com/Colegio-Of-de-la-Psicolog%C3%ADa-de-Madrid-155367554511985/>

No debe incluir lo siguiente:

Hay algunos tipos de trabajos que no deben ser incluidos en la lista de referencias. Por lo general, la razón por la cual no se incluye un trabajo es porque los lectores no podrán recuperarlo o porque la mención es tan amplia que los lectores no necesitan una entrada en la lista de referencias para comprender el uso.

Menciones generales de páginas web completas, publicaciones periódicas completas no requieren citas en el texto o entradas en la lista de referencias porque el uso es amplio y la fuente es familiar.

Las comunicaciones personales como correos electrónicos, llamadas telefónicas o mensajes de texto se citan solo en el texto, no en la lista de referencias, porque los lectores no pueden recuperar las comunicaciones personales.

Las frases o mensajes de eventuales entrevistados en la investigación pueden ser presentadas y discutidas en el texto, pero no necesitan citas ni entradas en la lista de referencias. En este caso, no es necesario una cita y su respectiva referencia porque las frases son parte de su investigación original. Además, también podrían comprometer la confidencialidad de los participantes, lo cual es una violación ética.

La fuente de una dedicatoria generalmente no aparece en la lista de referencias a menos que el trabajo sea un libro o revista académica. Por ejemplo, si agregas al comienzo de tu documento una cita inspiradora de un famoso, la fuente de la cita no aparece en la lista de referencia porque la cita está destinada a establecer el escenario para el trabajo, y no para justificar un punto clave.

Formato

La lista de referencias debe iniciar en una nueva página separada del texto. El título de esta página debe ser "Referencias" y debe estar centrado en la parte superior de la página. La palabra Referencias debe ir en negrita.

Las referencias deben estar organizada en orden alfabético de acuerdo con el apellido y las iniciales del nombre del primer autor.

Recordar: Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros, figuras e imágenes. Los artículos que mencionen productos químicos, deberán hacerlo por el nombre genérico o ingrediente activo.

B. NORMAS ESPECÍFICAS

1. ARTÍCULOS

Se estructurará de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (afiliación, dirección, correo electrónico en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, bibliografía, cuadros y figuras. Extensión máxima de 25 páginas, incluyendo cuadros, figuras, fotos y referencias.

1. **Título:** En mayúscula cerrada y centrado, debe expresar en 15 palabras el contenido, las materias y conceptos clave. Se proporcionará en español e inglés. Indicar en pie de página si fue tesis, proyecto, entre otros.
2. **Autores:** Debe indicar el nombre completo y sus dos apellidos sin abreviar y separados por un guion, centrado, después del título, se indicarán en orden, primer autor e indicar en el pie de página la afiliación de cada autor, Institución o Compañía en la que labora (nombre completo y siglas entre paréntesis), dirección o correo electrónico y en caso de contar con el apartado postal incluirlo.
3. **Resumen:** En español e inglés. Debe ser breve y evitar exceder de 5% (aproximadamente 250 palabras) del texto principal Incluye el objetivo de la investigación, método experimental, los resultados más importantes y las conclusiones. El resumen debe ser lo suficientemente explícito para que el lector obtenga un conocimiento exacto del contenido. Esto es esencial para el resumen en inglés.

4. **Palabras claves:** Un máximo de cinco palabras, pueden ser compuestas, y las mismas, deben permitir identificar la temática y evitar repetir las palabras del título.
5. **Introducción:** Debe ser breve y contendrá los antecedentes más importantes o relevantes de la investigación, el estado actual del tema objeto de la investigación, la problemática (alcances y limitaciones) y las razones por las cuales se hizo el planteamiento. Debe redactar lo que desea resaltar de la información y luego presentar la cita, igual para los cuadros y figuras.
6. **Materiales y métodos:** Se expondrá de forma concisa, los materiales utilizados y la metodología. Se deberá presentar los detalles necesarios para que el lector interesado pueda repetir la parte experimental, con indicación de sobre los datos agro meteorológicos, diseño y métodos de análisis estadísticos empleados. Para los procedimientos ya descritos en la literatura, deben ser citados y sólo se aceptará la mención de modificaciones sustanciales.
7. **Resultados y discusión:** Se dan a conocer los datos obtenidos más importantes. Estos deben presentarse en la forma más concisa posible, (si es necesario se utilizarán subtítulos, si son varios los factores que intervinieron en el estudio). Las figuras y cuadros deben ser elementos de apoyo a los resultados y no deben repetir la información que aparece en el texto. Los promedios y señalamientos de diferencias significativas deben acompañarse de las indicaciones de la variación relativa y probabilidad alcanzada. En la discusión de resultados se señalan las relaciones entre los hechos observados. Debe indicarse el significado de los hechos, las causas, los efectos e implicaciones.
8. **Conclusiones:** En esta sección se presentan los hechos significativos en forma clara y lógicamente. Las conclusiones deben dar respuesta a los objetivos descritos en la introducción.
9. **Referencias:** Se incluirá sólo la literatura citada tomando en cuenta la Norma APA (7^a) para la estructuración de la lista de referencias bibliográficas y se acepta con un mínimo de 10 citas.
10. **Agradecimiento:** (Opcional) Para efecto de reconocimiento del autor a personas e instituciones que hayan colaborado en la información del manuscrito, sus nombres deberán presentarse en esta sección.

2. NOTAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

1. **Notas científicas:** Serán considerados aquellos escritos basados en aspectos experimentales, investigaciones terminadas o en curso, de cualquier tipo, que presenten un aspecto metodológico novedoso, con resultados que el autor decida comunicar, en este estilo, por considerarlo importante.
2. **Notas técnicas:** Serán considerados aquellos escritos que presenten: (1) Descripción de una nueva técnica de producción; (2) Estudios preliminares de caracterización de nuevos criterios de selección; (3) Resultados o logros sobresalientes de un programa (4) Temas de interés, científico y tecnológico. Se estructurará de igual forma que el artículo: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en

español e inglés, introducción, materiales y métodos, resultados y discusión, conclusiones, Referencias, cuadros y figuras. Extensión máxima de 10 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo e incluyendo cuadros, figuras y referencias bibliográficas. Los cuadros no deberán ser más de 3.

3. COMUNICACIONES CORTAS

Las comunicaciones cortas son reportes de significado, urgencia e interés, pero deben contener resultados preliminares relevantes. Una extensión máxima de 10 páginas en Word. La introducción debe indicar la urgencia, el significado o el interés extraordinario de la información, lo cual ayudará al cuerpo editorial en la aceptación o rechazo de la comunicación. No debe ser estructurada de la misma manera que un artículo, debe contener una introducción breve sobre el tema y los resultados más importantes. Si se describe un trabajo sintético, se debe agregar suficiente material suplementario con el fin de quien lo desee pueda replicar la metodología.

Incluir: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés.

4. ENSAYOS Y REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

Se estructurarán de la siguiente forma: Título (español e inglés), autores (identificación y lugar de trabajo en pie de página), resumen y palabras claves en español e inglés, introducción, subtítulos y referencias bibliográficas. Podrá ser presentado en otro idioma, previa consulta con el editor principal de la revista. Debe tener una extensión máxima de 25 páginas en Word con el mismo formato y márgenes solicitados en el artículo científico e incluyendo cuadros, figuras y no menos de 50 referencias bibliográficas.

Publicación semestral del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá

La publicación de artículos es sin costo alguno, la revista es de acceso abierto.

Los trabajos que ingresan a la revista se examinan que cumplan con el formato establecido. Una vez revisado y ajustado al formato, son enviados a especialistas y con dos dictámenes positivos se incorporan al índice en curso.

La publicación de los artículos es responsabilidad de los autores, quedando la revista científica CIENCIA AGROPECUARIA sin responsabilidad legal.

Correspondencia relativa a la distribución y canje debe dirigirse a:
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
Centro de Información Documental Agropecuaria (CIDAGRO)
Tel. (507) 976-1265/1168 fax. 976-1349
e-mail: cidagro.idiap@idiap.gob.pa

Correspondencia relacionada al contenido editorial debe enviarse a:
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)
CIENCIA AGROPECUARIA - Revista Científica
Tel. (507) 500-0519/0520/0521/0522
e-mail: cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa
Clayton – Ciudad del Saber
Panamá

ACCESO A LA REVISTA EN INTERNET

Texto completo

<http://www.idiap.gob.pa/revista-cientifica/>

<https://abc.senacyt.gob.pa/recursos-nacionales/>

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa>

<https://panindex.org/index.php/misearch/results?tipoBusqueda=revistas&query=ciencia+agropecuaria>

<https://www.latindex.org/latindex/ficha/27121>

