



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 40



PANAMÁ-2025
enero - junio



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 40

PANAMÁ-2025
enero - junio

Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
no. 40 (enero - junio, 2025). Panamá, PA. Semestral
225 p.
ISSN L 2414-3278
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias

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

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

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

Revisión y Traducción de resúmenes

Rubén D. Collantes G., Dr. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá, EF SET Certificate, nivel C2 Proficient

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- 7-19 **POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE ASOCIADOS A CALIDAD DE CARNE EN POBLACIONES CRIOLLO Y TRANSFRONTERIZAS**
Axel Villalobos-Cortés; Ginnette Rodríguez-Espino; Selma Franco-Schafer
-
- 20-40 **VARIANTES ASOCIADAS A MÚLTIPLES RASGOS DE CALIDAD CÁRNICA EN GANADO CRIOLLO GUAYMÍ Y GUABALÁ**
Axel Villalobos-Cortés; Ginnette Rodríguez-Espino; Selma Franco-Schafer
-
- 41-71 **SIMULACIÓN DEL POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE TRES ESCENARIOS DE CEBA BOVINA EN PASTOREO CON SUPLEMENTACIÓN**
Pedro Guerra-Martínez; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez
-
- 72-82 **HELICONIINAE (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) DEFOLIADORES DE PASSIFLORACEAE Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ**
Rubén D. Collantes G.; Alonso Santos-Murgas; Javier E. Pittí C.; Jahzeel Samaniego
-
- 83-99 **PREVALENCIA DE HEMOPARÁSITOS EN TERNEROS DE DOBLE PROPÓSITO DE LA REGIÓN CENTRAL DE PANAMÁ**
Rita González-Herrera; Marcelino Jaén-Torrijos; Selma Franco- Schafer
-

100-124 **AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LA MICROBIOTA DE SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE TOMATE EN AZUERO**
Maryuri Estrada; Julio Rachell; Rito Herrera; Lisbeth L. Rodríguez; Dalila Montañez; Gesabel Navarro; Álex Martínez

125-149 **CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA Y SUS EFECTOS EN EL RENDIMIENTO DE *Eryngium foetidum***
Lisbeth L. Rodríguez; Rito Herrera; Betzaida Bernal; José Luis Causadías; Joaquín López Zúñiga; Octavio De La Cruz Sánchez

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

150-172 **USO POTENCIAL DE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DEL ORDEN LEPIDOPTERA**
José Ángel Herrera-Vásquez; Patricia Esther Corro-Chang; Randy Atencio-Valdespino

173-189 **ALTERNATIVAS DE MANEJO DE GORGOJOS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A MUSÁCEAS**
Rubén D. Collantes G.; David Ramos; Javier E. Pittí C.; Randy Atencio V.

190-214 **USO POTENCIAL DE AVES ASOCIADAS A INSECTOS EN AGROECOSISTEMAS PRODUCTIVOS EN PANAMÁ**
Randy Atencio-Valdespino; Yeniveth Urbina-Millock; José Ángel Herrera; Rubén D. Collantes G.

215-223 **NORMAS PARA AUTORES**

POLIMORFISMOS DE NUCLEÓTIDO SIMPLE ASOCIADOS A CALIDAD DE CARNE EN POBLACIONES CRIOLLO Y TRANSFRONTERIZAS¹

Axel Villalobos-Cortés²; Ginnette Rodríguez-Espino³; Selma Franco-Schafer⁴

RESUMEN

Se determinó el polimorfismo de cinco marcadores SNP asociados a calidad de carne DGAT1, TG1, MSTN80, MSTN42 y MSTN99 mediante secuenciación NGS. El polimorfismo del DGAT1, (g.1802265A>G) se encuentra ubicado en el cromosoma 14 del genoma bovino; Tiroglobulina, TG1, (g.9487659A>G) ubicado en el mismo cromosoma, además tres variantes del gen de Miostatina, MSTN80 (g.6213980A>C), rs110065568; MSTN42 (g.6215942T>C), rs137528458 y MSTN99 (g.6218499A>G), c.938G>A localizados en el cromosoma 2. El análisis de los SNP se realizó mediante el panel de secuenciación. La preparación de librerías se realizó siguiendo el flujo de trabajo del fabricante y se secuenciaron mediante la metodología de amplificación en puente y secuenciación por síntesis en un equipo MISEQ. Los marcadores que mostraron ser más informativos fueron DGAT1 y MSTN42, siendo el marcador DGAT1 el que presentó mayores valores de Hob y He con valores de 0,424 y 0,430, respectivamente y los valores más bajos para Hob y He se observaron en MSTN42 con 0,322 y 0,328, respectivamente. Se logró determinar el polimorfismo en los genotipos sometidos al presente estudio, sin embargo, se observó fijación de alelos de los marcadores SNP de TG1, MSTN80 y MSTN99 en todos los genotipos. Se reporta por primera vez el marcador MSTN42 en razas y genotipos criollos y transfronterizos en Panamá. Los resultados apuntan en la factibilidad de realizar mejoramiento genético para producción de carne de calidad, particularmente en bovinos criollos Guaymí y Guabalá. Se requiere incrementar las poblaciones para mejorar la precisión de los marcadores utilizados en el presente estudio.

Palabras clave: Bioinformática, biotecnología, ganadería, genoma, marmoleado.

¹Recepción: 19 de marzo de 2024. Aceptación: 14 de agosto de 2024. Investigación-Innovación estudios genómicos de los recursos zoogenéticos y su interacción con efectos bióticos y abióticos, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), de igual manera con fondos parciales del Sistema Nacional de Investigación de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

²IDIAP, Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA), Ciudad del Saber. Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: villalobos.axel@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>

³IDIAP, Estación Experimental El Ejido, Panamá. M.Sc. Producción Animal. e-mail: gincarmen@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-2620-4093>

⁴IDIAP, Divisa-Panamá. Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria. e-mail: pkfranco91@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2938>



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

EVALUATION OF SNP MARKERS ASSOCIATED WITH QUALITY OF MEAT IN CREOLE AND CROSS-BORDER POPULATIONS

ABSTRACT

The polymorphism of five SNP markers associated with meat quality, DGAT1, TG1, MSTN80, MSTN42, and MSTN99, was determined by NGS sequencing. The polymorphism of DGAT1 (g.1802265A>G) is located on chromosome 14 of the bovine genome; Thyroglobulin, TG1, (g.9487659A>G) located on the same chromosome, and three variants of the Myostatin gene, MSTN80 (g.6213980A>C), rs110065568; MSTN42 (g.6215942T>C), rs137528458, and MSTN99 (g.6218499A>G), c.938G>A located on chromosome 2. SNP analysis was performed using the sequencing panel. Library preparation was carried out following the manufacturer's workflow and sequenced using bridge amplification and sequencing by synthesis on a MISEQ system. The most informative markers were DGAT1 and MSTN42, with DGAT1 showing the highest Hob and He values of 0.424 and 0.430 respectively, and the lowest Hob and He values observed in MSTN42 with 0.322 and 0.328 respectively. Polymorphism was determined in the genotypes subjected to this study; however, fixation of TG1, MSTN80, and MSTN99 SNP alleles was observed in all genotypes. The MSTN42 marker is reported for the first time in native and cross-border breeds and genotypes in Panama. The results suggest the feasibility of genetic improvement for quality meat production, particularly in Guaymí and Guabalá native cattle. Increasing populations is required to improve the precision of the markers used in this study.

Keywords: Bioinformatics, biotechnology, molecular markers, meat quality, livestock.

INTRODUCCIÓN

La secuenciación de alto rendimiento y la bioinformática ha hecho que el uso de polimorfismo de nucleótido simple (SNP) sea progresivamente más popular (Heaton et al., 2002). Estos marcadores se encuentran distribuidos por todo el genoma y pueden localizarse tanto en regiones codificantes como no codificantes (Sachidanandam et al., 2001). La diversidad de distintos SNP permite estimar la estructura de la raza de animales individualmente, utilizando datos genómicos (Frkonja et al., 2012; Hulsegge et al., 2013). El contenido de grasa en la producción de carne requiere atención debido a que al mejorar la relación de deposición magra a grasa implica mejor eficiencia en la conversión 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/)

alimentos, disminución en el costo de la cría y menor presión sobre los abastecimientos mundiales de alimento (Sillence, 2004). El marmoleado es muy importante, ya que está correlacionado con la grasa intramuscular, lo que se relaciona con los hábitos del consumidor y el establecimiento de precios de la carne (Killinger et al., 2004).

Varios trabajos de asociación afirman que el gen del diacilglicerol O-aciltransferasa 1 (DGTA1) es marcador de los rasgos de deposición de grasa (Kühn et al., 2004; Tantia et al., 2006). Este gen se asocia con incremento en la concentración de ácidos grasos en leche y perfil de ácidos grasos insaturados en bovinos y caprinos, así como el marmoleo en ganado de carne, principalmente en *Bos taurus* (Demeter et al., 2009; Armstrong et al., 2011). El gen DGAT1, K232A (rs109234250) genera dos variantes alélicas alelo A alanina en ubicación 232 del polipéptido y alelo K, lisina en la misma posición (Armstrong et al., 2011).

Los datos reportados para el gen DGAT1 muestran que existe predominancia de alelos y genotipos asociados con bajo porcentaje de grasa y concuerdan con lo hallado en razas criollas como el Criollo Uruguayo puro (Rincón et al., 2006). En razas de *Bos taurus* es usual esta tendencia, a diferencia de lo que ocurre en razas *Bos indicus* y genotipos lecheros y de carne seleccionados para un mayor contenido graso en la leche, como el Jersey, (Kaupe et al., 2004; Casas et al., 2005; Gill et al., 2009).

El gen TG codifica la hormona tiroglobulina, la precursora de triyodotironina y tetrayodotironina, involucrada en el desarrollo de células grasas (Ailhaud et al., 1992; Darimont et al., 1993). También está relacionada con los niveles de deposición de grasa intramuscular. Este gen presenta un SNP en un elemento repetitivo arriba del promotor que ha sido asociado a variaciones en los niveles del veteado de la carne en ganado vacuno y se incluye en pruebas comerciales de ADN. Debido a que las yodotironinas afectan los adipocitos y los niveles de la hormona tiroidea influyendo en la proporción de grasa de la leche, se espera que el espesor de la grasa subcutánea y el porcentaje de grasa se vean influenciados por los polimorfismos de TG (Folley y Malpress, 1948).



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 miostatina (MSTN), también conocida como factor de crecimiento y diferenciación 8 (GDF8), es uno de los principales reguladores del desarrollo del músculo esquelético (Beyer et al., 2013). Es un gen altamente conservado en mamíferos, y actúa reduciendo el tamaño muscular. Los animales con esta deficiencia muestran un aumento en la masa del músculo esquelético conocido como doble musculatura (mh). Se han descrito mutaciones en MSTN en numerosas especies, particularmente en bovinos (Grobet et al., 1997) como la variante MYO_C313Y, reportada en razas como la Gasconne, Piedmontese y Parthenaise (McClure and McClure, 2016; Bongiorno et al., 2016; Aiello et al., 2018). Algunas variantes se utilizan actualmente como método de selección genómica como la variante p. Phe94L (F94L) en la raza Limousine, particularmente en peso al nacimiento, facilidad de parto, peso al destete (Lee et al., 2019).

El objetivo de este trabajo es estimar la frecuencia alélica y genotípica de cinco polimorfismos de nucleótido simple asociados a calidad de carne, DGAT1, TG1, MSTN80, MSTN42 y MSTN99 en algunos genotipos criollos y transfronterizos mediante secuenciación NGS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se determinó el polimorfismo de cinco marcadores SNP asociados a calidad de carne DGAT1, TG1, MSTN80, MSTN42 y MSTN99 mediante secuenciación NGS. El polimorfismo del diacilglicerol aciltransferasa 1, DGAT1, (g.1802265A>G) se encuentra ubicado en el cromosoma 14 del genoma bovino; Tiroglobulina, TG1, (g. 9487659A>G) ubicado en el mismo cromosoma, además tres variantes del gen de Miostatina, MSTN80 (g.6213980A>C), rs110065568; MSTN42 (g.6215942T>C), rs137528458 y MSTN99 (g.6218499G>A), c.938G>A localizados en el cromosoma 2.

Se tomaron muestras aleatorias de 73 animales de diversos genotipos puros, Criollos Guaymí (GUY) y Guabalá (GUA), transfronterizos Brahman (BRAH), Holstein (HO) y Senepol (SEN) y cruzados (europeo x cebú (EXC) e Indefinidos (SRD). Se obtuvieron muestras de sangre en finca de productores colaboradores y en fincas ganaderas del IDIAP, utilizando tubos con EDTA de 5 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/)

La extracción de ADN se llevó a cabo mediante mini columnas por centrifugación utilizando un kit comercial; el rendimiento de ADN obtenido fue no menor a 50 ng, medido a través de un cuantificador fluorométrico.

El análisis de los SNP se realizó mediante el panel reducido de secuenciación *Truseq Bovine Parentage*, obtenido a partir de un chip de ADN, BovineSNP50 (Matukumalli et al., 2009). La preparación de librerías se realizó siguiendo el flujo de trabajo del fabricante. Una vez amplificadas y normalizadas las librerías, se verificó la calidad mediante un analizador de fragmentos, resultando en un tamaño esperado de entre 200 y 300 bp. Luego se procedió a secuenciarlas utilizando la metodología de amplificación en puente y secuenciación por síntesis en un equipo MISEQ™. Los datos fueron exportados al programa Sequence Genotyper para su procesamiento y análisis. Para evaluar la variabilidad genética dentro de cada población, se calcularon los siguientes parámetros: Equilibrio Hardy-Weinberg, Frecuencia alélica y genotípica, heterocigosis observada (Hob) y esperada (He) e Índice de Shannon mediante el programa Genetix v. 4.02 y Genalex 6.5 (Belkhir et al., 2004; Peakall y Smouse, 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los marcadores TG1, MSTN80 y MSTN99 resultaron monomórficos dentro de este estudio. Los marcadores que mostraron ser más informativos fueron DGAT1 y MSTN42, siendo el marcador DGAT1 el que presentó mayores valores de Hob y He con valores de 0,424 y 0,430 respectivamente y los valores más bajos para Hob y He se observaron en MSTN42 con 0,322 y 0,328 respectivamente, como se muestra en el Cuadro 1. Estos valores de diversidad son relevantes debido a que permite una estimación de la capacidad de resiliencia de las especies a las variaciones climáticas (Notter, 1999). Los resultados de Hob y He del gen DGAT1 fueron ligeramente mayores respecto a razas criollas de la región de Rocha de Uruguay con Hob=0,416 y He=0,391 y Cerro Largo, Hob=0,211 y He=0,193 (Armstrong et al., 2011) en un estudio orientado al mejoramiento genético de la carne bovina.

La media general del índice de Shannon en todos los marcadores fue ($I=0,218$), mayor a lo reportado por Pashaei et al. (2009) en la raza Holstein ($I=0,110$) y la raza nativa



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

Mazarandanian de Pakistán (0,210). Según la prueba de Chi-cuadrado, las frecuencias genotípicas de DGAT1 y MSTN42 están fuera del desequilibrio de Hardy Weinberg ($p > 0,05$), indicando que la presión de selección en ambos marcadores es baja.

Cuadro 1. Medida de índice de Shannon (I), Heterocigosis observada (Hob) y Heterocigosis esperada (He) y HWE de marcadores asociados a producción de leche.

Marcador	I	Hob	He	HWE
DGAT1	0,586	0,424	0,430	*
TG1	0,000	0,000	0,000	monomórfico
MSTN80	0,000	0,000	0,000	monomórfico
MSTN42	0,502	0,322	0,328	ns
MSTN99	0,000	0,000	0,000	monomórfico
Media	0,218	0,149	0,146	

*: significativa; ns: no significativa

En el cuanto a los valores de diversidad en relación a los genotipos, la Guabalá, presentó los dos marcadores con valores más altos DGAT1 (Hob =0,412; He=0,438) y MSTN42 (Hob=0,50; He=0,375), seguidos de la Holstein, DGAT1 (Hob =0,600; He=0,420) y MSTN42 (Hob =0,400; He=0,320) la raza Senepol, DGAT1 (Hob =0,600; He=0,420), MSTN42 (Hob =0,200; He=0,420) y Guaymí (Hob =0,412; He=0,438), MSTN42 (Hob =0,471; He=0,484). La raza Brahman presentó los valores más bajos de DGTA1 (Hob =0,067; He=0,180) y MSTN42 (Hob =0,133; He=0,124) lo que podría ser atribuida a las diferencias entre las especies ya que las razas taurinas presentan mejores parámetros de calidad de carne que las cebuinas (Ramírez-Barboza et al., 2016). No se observó polimorfismo en ninguno de los genotipos para el TG1 con 100% de presencia del SNP de referencia G, sin embargo, se han reportado polimorfismos en ganado criollo uruguayo con la finalidad de desarrollar programas de mejoramiento genético en carne (Armstrong et al., 2011). Tampoco se observó en MSTN80 presentando el 100% de la frecuencia alélica de C y MSTN99 con 100% de frecuencia de alelo G, calificados como monomórficos en este estudio. Polimorfismos de la variante MSTN80 fue reportada por Grobet et al. (1997) y Lee et al. (2019) como una sustitución conservadora de fenilalanina a leucina en la posición de aminoácido 94 en el primer exón, debido a una transversión C>A en la posición de nucleótido 282 del gen de miostatina (c.282C>A), en las razas



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

Angus y Limousine. Además, Kambadur et al. (1997) y Libor (2008) reportaron la variante MSTN99 como una transición G>A en el nucleótido 938, en el cromosoma 2 en la raza Piamontesa y Gascona europeas.

Se observó que las frecuencias más altas son la del alelo A de DGAT1, con 0,548 y C de MSTN42 con 0,740 (Ver Figura).

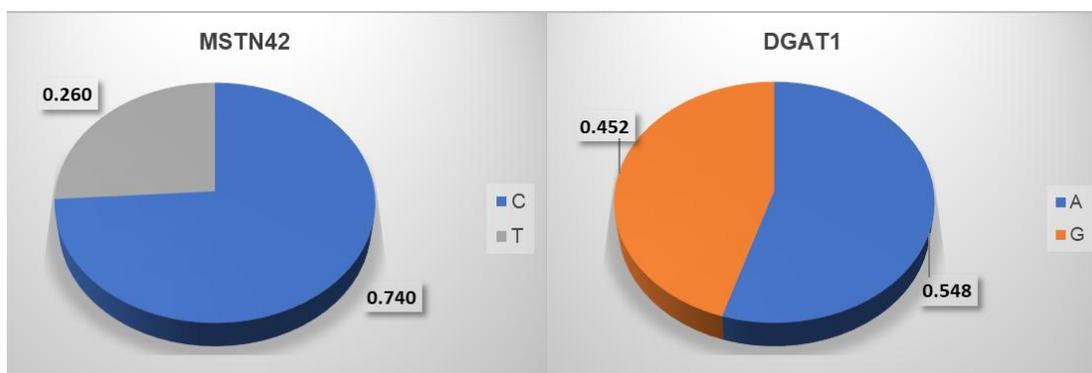


Figura. Frecuencias génicas globales para los marcadores polimórficos MSTN42 y DGTA1.

Las frecuencias genotípicas globales por marcador fueron, para DGAT1, AA=0,300, AG=0,495 y GG=0,204 y MSTN42 TT=0,068, TC=0,385 y CC=0,547 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Frecuencia alélica del SNP DGAT1 y MSTN42 de cinco distintos genotipos.

Marcador	DGAT1		MSTN42	
	A	G*	T	C*
Genotipo				
BRAH	0,900	0,100	0,067	0,933
HO	0,300	0,700	0,200	0,800
SEN	0,300	0,700	0,700	0,300
GUY	0,324	0,676	0,412	0,588
GUA	0,400	0,600	0,250	0,750
E X C	0,500	0,500	0,167	0,833
SRD	0,750	0,250	0,179	0,821

*Alelo de referencia



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 genotipo con mayor frecuencia de alelo A (alterno) en DGTA1 fue BRAH A = 0,900 y para G (alelo de referencia) las mayores fueron la HO y SEN con G = 0,700 y de manera recíproca fueron los valores más bajos para los alelos correspondientes. En el caso de MSTN42, la raza Brahman presentó la frecuencia más alta del alelo de referencia, C=0,933 seguido de la Holstein con C=0,800. Por otro lado, la raza Senepol presentó la frecuencia más alta del alelo alterno T=0,700. Sin encontrar reportes de este marcador en referencias consultadas hasta el momento. Sin embargo, datos de frecuencia alélica se han reportado mediante el proyecto NextGen: IRBT, en la Vaca *Bos taurus* iraní, que presentan valores similares (C=0,812 y T=0,188) a la vaca Holstein y los cruces EXC y SRD reportados en este trabajo (ensembl.org, 2018).

Estos resultados apuntan que los marcadores polimórficos encontrados pueden ser de utilidad en los programas de mejoramiento sumando a la selección cuantitativa, sin embargo, se requiere un mayor análisis, incrementando el número de animales y razas.

CONCLUSIONES

- Se logró determinar el polimorfismo en los marcadores DGAT1, MSTN42 en los genotipos sometidos al presente estudio, sin embargo, se observó fijación de alelos de los marcadores SNP de TG1, MSTN80 Y MSTN99 en todos los genotipos.
- Se reporta por primera vez el marcador MSTN42 en razas y genotipos criollos y transfronterizos en Panamá.
- Los resultados apuntan en la factibilidad de realizar mejoramiento genético para producción de carne de calidad, particularmente en bovinos criollos Guaymí y Guabalá.
- Se requiere incrementar las poblaciones con la finalidad de mejorar la precisión y resolución de los marcadores utilizados en el presente estudio.



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

- Aiello, D., Patel, K., & Lasagna, E. (2018). The myostatin gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Animal Genetics*, *49*, 505-519.
<https://doi.org/10.1111/age.12696>
- Ailhaud, G., Grimaldi, P., & Negrel, R. (1992). Cellular and molecular aspects of adipose tissue development. *Annual Review of Nutrition*, *12*, 207-233.
<https://doi.org/10.1146/annurev.nu.12.070192.001231>
- Armstrong, E., Peñagaricano, F., Artigas, R., De Soto, L., Corbi, C., Llambí, S., Rincón, G., & Postiglioni, A. (2011). Marcadores moleculares asociados al veteado de la carne en bovinos Criollos uruguayos. *Archivos de Zootecnia*, *60*(231), 707-716.
<https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300058>
- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N., & Bonhomme, F. (2004). Genetix: 4.05 logiciel sous Windows™ pour la génétique des populations. In U. d. Montpellier (Ed.), *Laboratoire Génome Populations, Interactions, Adaptations*, Montpellier, France.
<https://www.scienceopen.com/document?vid=9a3e2cf3-2971-405c-8297-258227c3cb30>
- Beyer, T. A., Narimatsu, M., Weiss, A., David, L., & Wrana, J. L. (2013). The TGFβ superfamily in stem cell biology and early mammalian embryonic development. *Biochimica et Biophysica Acta*, *1830*, 2268-79. [10.1016/j.bbagen.2012.08.025](https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2012.08.025)
- Bongiorni, S., Valentini, A., & Chillemi, G. (2016). Structural and dynamic characterization of the C313Y mutation in myostatin dimeric protein, responsible for the "double muscle" phenotype in Piedmontese cattle. *Frontiers in Genetics*, *7*, 14.
<https://doi.org/10.3389/fgene.2016.00014>
- Casas, E., White, S. N., Riley, D. G., Smith, T. P. L., Brenneman, R. A., Olson, T. A., Johnson, D. D., Coleman, S. W., Bennett, G. L., & Chase, C. C. (2005). Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29



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

for association with carcass composition traits in *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*, 83, 13-19. [10.2527/2005.83113x](https://doi.org/10.2527/2005.83113x)

Darimont, C., Gaillard, D., Ailhaud, G., & Negrel, R. (1993). Terminal differentiation of mouse preadipocyte cells: Adipogenic and antimitogenic role of triiodothyronine. *Molecular and Cellular Endocrinology*, 98, 67-73. [10.1016/0303-7207\(93\)90238-f](https://doi.org/10.1016/0303-7207(93)90238-f)

Demeter, R. M., Schopen, G. C. B., Oude Lansink, A. G. J. M., Meuwissen, M. P. M., & van Arendonk, J. A. M. (2009). Effects of milk fat composition, DGAT1, and SCD1 on fertility traits in Dutch Holstein cattle. *Journal of Dairy Science*, 92(11), 5720-5729. [10.3168/jds.2009-2069](https://doi.org/10.3168/jds.2009-2069)

ensembl.org (2018, Octubre). The Ensembl Archive you tried to reach is not available. [https://oct2018.archive.ensembl.org/Bos_taurus/Variation/Population?db=core;g=ENSBTAG00000011808;r=2:6215894-6215995;t=ENSBTAT00000015674;v=rs137528458;vdb=variation;vf=8702942,](https://oct2018.archive.ensembl.org/Bos_taurus/Variation/Population?db=core;g=ENSBTAG00000011808;r=2:6215894-6215995;t=ENSBTAT00000015674;v=rs137528458;vdb=variation;vf=8702942)

Folley, S. J., & Malpress, F. H. (1948). Hormonal control on mammary growth. In G. Pincuss & K. V. Thimamm (Eds.), *The Hormones* (1st ed., pp. 695-743). Academic Press. <https://dtk.tankonyvtar.hu/bitstream/handle/123456789/8913/B9780123957122500208.pdf?sequence=20>

Frkonja, A., Gredler, B., Schnyder, U., Curik, I., & Sölkner, J. (2012). Prediction of breed composition in an admixed cattle population. *Animal Genetics*, 43, 696–703. [10.1111/j.1365-2052.2012.02345.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02345.x)

Gill, J. L., Bishop, S. C., McCorquodale, C., Williams, J. L., & Wiener, P. (2009). Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits in a commercial population of Aberdeen Angus-sired beef cattle. *Genetics Selection Evolution*, 41, 36. [10.1186/1297-9686-41-36](https://doi.org/10.1186/1297-9686-41-36)



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

- Grobet, L., Royo Martin, L. J., Poncelet, D., Pirottin, D., Brouwers, B., Riquet, J., Schoeberlein, A., Dunner, S., Ménéssier, F., Massabanda, J., Fries, R., Hanset, R., & Georges, M. (1997). A deletion in the bovine myostatin gene causes the double-muscled phenotype in cattle. *Nature Genetics*, *17*, 71-4. [10.1038ng0997-71](https://doi.org/10.1038/ng0997-71)
- Heaton, M. P., Harhay, G. P., Bennett, G. L., Stone, R. T., Grosse, W. M., Casas, E., Keele, J. W., Smith, T. P., Chitko-McKown, C. G., & Laegreid, W. W. (2002). Selection and use of SNP markers for animal identification and paternity analysis in U.S. beef cattle. *Mammalian Genome*, *13*, 272-281. [10.1007/s00335-001-2146-3](https://doi.org/10.1007/s00335-001-2146-3)
- Hulsegge, B., Calus, M. P. L., Windig, J. J., Hoving-Bolink, A. H., Maurice-van Eijndhoven, M. H. T., & Hiemstra, S. J. (2013). Selection of SNP from 50 K and 777 K arrays to predict breed of origin in cattle. *Journal of Animal Science*, *91*, 5128–5134. [10.2527/jas.2013-6678](https://doi.org/10.2527/jas.2013-6678)
- Kambadur, R., Sharma, M., Smith, T. P. L., & Bass, J. J. (1997). Mutations in myostatin (GDF8) in double-muscled Belgian Blue and Piedmontese cattle. *Genome Research*, *7*, 910-916. <https://doi.org/10.1101/gr.7.9.910>
- Kaupe, B., Winter, A., Fries, R., & Erhardt, G. (2004). DGAT1 polymorphism in *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle breeds. *Journal of Dairy Research*, *71*, 182-187. [10.1017/s0022029904000032](https://doi.org/10.1017/s0022029904000032)
- Killinger, K. M., Calkins, C. R., Umberger, W. J., Feuz, D. M., & Eskridge, K. M. (2004). Consumer visual preference and value for beef steaks differing in marbling level and color. *Journal of Animal Science*, *82*, 3288-3293. [10.2527/2004.82113288x](https://doi.org/10.2527/2004.82113288x)
- Kühn, C., Thaller, G., Winter, A., Bininda-Emonds, O. R. P., Kaupe, B., Erhardt, G., Bennewitz, J., Schwerin, M., & Fries, R. (2004). Evidence for multiple alleles at the DGAT1 locus better explains a quantitative trait locus with major effect on milk fat content in cattle. *Genetics*, *167*, 1873-1881. [10.1534/genetics.103.022749](https://doi.org/10.1534/genetics.103.022749)



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

Lee, J., Kim, J. M., & Garrick, D. J. (2019). Increasing the accuracy of genomic prediction in pure-bred Limousin beef cattle by including cross-bred Limousin data and accounting for an F94L variant in MSTN. *Animal Genetics*, 50, 621-633.

<https://doi.org/10.1111/age.12846>

Libor, S. (2008). Novel detection of c131y mutation using allele specific PCR (AS-PCR). *Journal of Agrobiology*, 25, 81–83.

McClure, M., & McClure, J. (2016). Understanding genetics and complete genetic disease and trait definition. Published by the Irish Cattle Breeding Federation (ICBF).

www.icbf.com

Matukumalli, L. K., Lawley, C. T., Schnabel, R. D., Taylor, J. F., Allan, M. F., Heaton, M. P., O'Connell, J., Moore, S. S., Smith, T. P. L., Sonstegard, T. S., & Van Tassell, C. P. (2009). Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle. *PLoS ONE*, 4(4), e5350. [10.1371/journal.pone.0005350](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0005350)

Notter, D. R. (1999). The importance of genetic diversity in livestock populations of the future. *Journal of Animal Science*, 80, 1776–1785. [10.2527/1999.77161x](https://doi.org/10.2527/1999.77161x)

Pashaei, S., Azari, M. A., Hasani, S., Khanahmadi, A., & Rostamzadeh, J. (2009). Genetic diversity in Mazandaranian native cattle: A comparison with Holstein cattle, using ISSR marker. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 12(9), 717-721.

[10.3923/pjbs.2009.717.721](https://doi.org/10.3923/pjbs.2009.717.721)

Peakall, R., & Smouse, P. E. (2012). GenAIEx 6.5: Genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28, 2537-2539.

[10.1093/bioinformatics/bts460](https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bts460)

Ramírez-Barboza, J. I., Valverde-Abarca, A., & Rojas-Bourrillón, R. (2016). Efecto de raza y niveles de energía en la finalización de novillos en pastoreo. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 43-57. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v28i1.21472>



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

Rincón, G., Armstrong, E., & Postiglioni, A. (2006). Analysis of population structure in Uruguayan Creole cattle inferred from milk major gene polymorphisms. *Genetics and Molecular Biology*, 29, 491-495.

<https://doi.org/10.1590/S1415-47572006000300016>

Sachidanandam, R. D., Weissman, S. C., Schmidt, J. M., Kakol, L. D., Stein, G., Marth, S., Sherry, J. C., Mullikin, B. J., Mortimore, W., & Willey, D. L. (2001). A map of human genome sequence variation containing 1.42 million single nucleotide polymorphisms. *Nature*, 409(6822), 928-933. [10.1038/35057149](https://doi.org/10.1038/35057149)

Sillence, M. N. (2004). Technologies for the control of fat and lean deposition in livestock.

[10.1016/j.tvjl.2003.10.020](https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2003.10.020)

Tantia, M. S., Vijh, R. K., Mishra, B. P., Mishra, B., Bharani Kumar, S. T., & Sodhi, M. (2006). DGAT1 and ABCG2 polymorphism in Indian cattle (*Bos indicus*) and buffalo (*Bubalus bubalis*) breeds. *Bio-Med Central Veterinary Research*, 2, 32.

[10.1186/1746-6148-2-32](https://doi.org/10.1186/1746-6148-2-32)

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al igual que al Sistema Nacional de Investigación (SNI), por el financiamiento del presente trabajo.



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

VARIANTES ASOCIADAS A MÚLTIPLES RASGOS DE CALIDAD CÁRNICA EN GANADO CRIOLLO GUAYMÍ Y GUABALÁ¹

Axel Villalobos-Cortés²; Ginnette Rodríguez-Espino³; Selma Franco-Schafer⁴

RESUMEN

En los programas de conservación de razas criollas se destaca la importancia de estudiar, más allá de lo histórico y cultural, rasgos como la calidad de la carne. Investigaciones sobre genes como MYOD1 y LCORL, destacan su impacto en características como el marmoleo y la ternera, fundamentales para el mejoramiento de razas criollas. Este estudio, integrado en el proyecto Innovative Management of Animal Genetic Resources (IMAGE-FAO), analizó polimorfismos de 33 SNP en muestras de las razas Guaymí y Guabalá, empleando la plataforma de secuenciación de próxima generación. Se llevaron a cabo análisis de la variabilidad genética intra-poblacional y equilibrio Hardy-Weinberg de cada raza. Los resultados evidenciaron diferencias significativas en o entre las frecuencias alélicas entre las razas, demostrando la presencia de variantes genéticas asociadas a la calidad cárnica. La evaluación de la heterocigosidad y los coeficientes de endogamia subrayan la existencia de una mayor diversidad genética y una menor predisposición a la endogamia en la raza Guaymí, comparada con la Guabalá. Este hallazgo destaca la importancia de conservar y explotar esta diversidad genética para el mejoramiento de características cárnicas. Además, el estudio logró identificar las variantes polimórficas y rasgos relacionados con el crecimiento, la calidad de la carne y el metabolismo de las grasas; destacando la selección genética como una herramienta clave para la optimización de atributos deseables en el ganado. Estos descubrimientos ofrecen una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en el mejoramiento genético, enfatizando la necesidad de estrategias que aseguren productos cárnicos de alta calidad y promuevan la sostenibilidad de la producción bovina.

Palabras clave: Bioinformática, biotecnología, marcadores moleculares, marmoleo y ternera de la carne.

¹Recepción: 19 de marzo de 2024. Aceptación: 10 de septiembre de 2024. Proyecto Innovative Management of Animal Genetic Resources (IMAGE), Programa Marco Horizonte 2020. Financiado parcialmente por fondos del Programa de Investigación e Innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n°. 677353, de igual manera con fondos parciales del Sistema Nacional de Investigación de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT).

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA). Ph.D. Conservación y Mejora Animal. e-mail: villalobos.axel@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4223-0560>

³IDIAP, Estación Experimental El Ejido, Panamá. M.Sc. Producción Animal. e-mail: gincarmen@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-2620-4093>

⁴IDIAP, Laboratorio de Salud Animal, Divisa-Panamá. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria. e-mail: pkfranco91@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2938>



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

VARIANTS ASSOCIATED WITH MULTIPLE MEAT QUALITY TRAITS IN GUAYMÍ AND GUABALÁ CREOLE CATTLE

ABSTRACT

In the conservation programs of Creole breeds, the importance of studying them beyond historical and cultural aspects is highlighted, aiming to improve traits such as meat quality. Research on genes like MYOD1 and LCORL emphasizes their impact on characteristics like marbling and tenderness, which are fundamental for the improvement of Creole breeds. This study, integrated into the Innovative Management of Animal Genetic Resources Project (IMAGE-FAO), analyzed polymorphisms of 33 SNPs in samples from the Guaymí and Guabalá breeds, using next-generation sequencing platforms. Analyses of the genetic variability within populations and the Hardy-Weinberg equilibrium of each breed were carried out. The results showed significant differences in or between the allelic frequencies between the breeds, demonstrating the presence of genetic variants associated with meat quality. The assessment of heterozygosity and inbreeding coefficients highlights the existence of greater genetic diversity and a lower predisposition to inbreeding in the Guaymí breed compared to Guabalá. This finding emphasizes the importance of conserving and exploiting this genetic diversity to improve meat characteristics. Furthermore, the study managed to identify polymorphic variants and traits related to growth, meat quality, and fat metabolism, highlighting genetic selection as a key tool for optimizing desirable attributes in livestock. These discoveries provide a solid foundation for future research and applications in genetic improvement, emphasizing the need for strategies that ensure high-quality meat products and promote the sustainability of cattle production.

Keywords: Bioinformatics, biotechnology, marbling and tenderness of meat, molecular markers.

INTRODUCCIÓN

En los programas de conservación de razas criollas, se busca generar un valor adicional a la preservación de estos animales en el entorno rural, que vaya más allá de su significado histórico, cultural y tradicional en las comunidades locales (Anzola Vásquez, 2005). Una de las estrategias promisorias en la preservación de razas criollas implica la identificación de genes que desempeñan un papel preponderante en la mejora de la calidad de carne y otros atributos relevantes (Soria y Corva, 2004). En este contexto, se ha investigado la influencia de diversos genes en rasgos como la calidad de la canal, 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/)

ganancia de peso, el marmoleo, la terneza de la carne, la jugosidad y la producción de ácidos grasos (Rodríguez-González et al., 2018).

Entre los genes de interés, se encuentra el gen de Factor de determinación miogénica 1, MYOD1, que pertenece a la familia de genes de diferenciación miogénica (MyoD), que desempeña un papel clave en el crecimiento y desarrollo muscular (Picard et al., 2002; Du et al., 2013; Gurgul et al., 2015). Este gen se encuentra ubicado en el cromosoma 15, entre las posiciones 35,331,399 y 35,334,046 bps en el genoma de referencia de UMD 3.1.1 (Elsik et al., 2016).

Asimismo, se ha estudiado la influencia del gen del Correpresor de receptor nuclear dependiente de ligando (LCORL) ubicado en el cromosoma 6, entre las posiciones 38,840,864 y 38,992,112 bps en el genoma de referencia de UMD 3.1.1 y está asociado con la ganancia de peso (Snelling et al., 2010). Igualmente, se estableció una asociación significativa entre el SNP g. INT+52098A>G en el peso al sacrificio y el peso de la canal, sugiriendo que el LCORL podría ser un gen candidato para la selección asistida por marcadores en la mejora del rendimiento de la carne en el ganado (Han et al., 2017).

Estudios realizados en marcadores moleculares de los genes de la Tiroglobulina (TG) en el cromosoma 14 y Leptina (LEP) en el cromosoma 4, revelaron variaciones en las frecuencias de alelos y genotipos entre poblaciones puras y cruzadas de ganado. Este estudio destacó la importancia de estos genes en el marmoleo de la carne, siendo un indicador clave de calidad (Armstrong et al., 2011).

La terneza es otro rasgo importante a considerar en la calidad de la carne, que se ha asociado a genes como la proteína actina limitadora de la subunidad beta de la línea Z del músculo (CAPZB) en el cromosoma 2, la Dermatopontina (DPT) en el cromosoma 16, el gen del Factor Alfa Del Receptor De Crecimiento Derivado De Plaquetas (PDGFRA) en el cromosoma 6, el gen de la Protein Quinasa CGMP-Dependiente 1 (PRKG1) en el cromosoma 26 y el gen Dominio WW Que Contiene E3 Ubiquitina Proteína Ligasa 1 (WWP1) en el cromosoma 14, como se reportó en investigaciones realizadas por Jiang et al. (2009) y Taye et al. (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/)

La jugosidad de la carne, por otro lado, ha sido objeto de estudio en relación con el gen Regulador De Fisión Mitocondrial 1 (MTFR1) ubicado en el cromosoma 14 (Jiang et al., 2009). Además, se ha investigado genes relacionados con la producción de ácidos grasos, como el ácido linoleico y la grasa en diferentes partes del cuerpo, incluyendo la grasa dorsal, intramuscular, pélvica y subcutánea.

Estos genes incluyen el Miembro del oncogén Ras (RAB2A) ubicado en el cromosoma 14 y codifica para el ácido linoleico (Edea et al., 2020), el gen de Respuesta a la hormona tiroidea (THRSP) ubicado en el cromosoma 29 y codifica para los ácidos grasos (Valdez-Torres et al., 2020), el gen Proteína fijadora de ácidos grasos 3 (FABP3) en el cromosoma 2 que codifica para grasa dorsal (Aiello et al., 2018), el gen de Parkin Rbr E3 Ubiquitina Proteína Ligasa (PRKN) en el cromosoma 9 y el gen de Fosfolipasa C Delta 3 (PLCD3) en el cromosoma 19 que codifican para grasa intramuscular (Taye et al., 2017), el gen de la Familia de portadores de solutos 27 Miembro 2 (SLC27A2) ubicado en el cromosoma 10 que codifica para grasa pélvica (Jiang et al., 2009) y el Factor de transcripción A, mitocondrial (TFAM) en el cromosoma 28, que codifica para grasa subcutánea (Jiang et al., 2009).

El objetivo de este trabajo fue identificar y evaluar las variantes polimórficas asociadas a múltiples rasgos de calidad cárnica en las razas Guaymí y Guabalá, con el propósito de comprender mejor su potencial de influencia en la calidad de carne de estas razas criollas y, en última instancia, contribuir a su conservación y mejora.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se identificaron y evaluaron polimorfismos de 33 marcadores SNP asociados a múltiples rasgos de calidad de carne en una plataforma Affymetrix Axiom OrcunSNP Array. de 34 muestras de ganado Criollo Guabalá (15) y Guaymí (19) seleccionados de un arreglo de 10 000 marcadores SNP en una plataforma Affymetrix Axiom OrcunSNP Array, como parte del proyecto Innovative Management of Animal Genetic Resources (IMAGE) en 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/)

programa marco Horizonte 2020. Se tomaron muestras de 5 ml de sangre venosa de cada animal y se mantuvieron en frío hasta su llegada al laboratorio. La extracción de ADN se realizó mediante el kit comercial, DNeasy Blood and Tissue de Qiagen® obteniendo una concentración media de 45 ng/ml y un volumen de 50 ul por muestra, con una cantidad total de 2,5 ug de ADN y se enviaron a la empresa Affymetrix para sus análisis, cumpliendo previamente con el protocolo de Nagoya. De los 10 000 SNP seleccionados 8 416 cumplieron con los criterios recomendados por la empresa con un umbral de conversión de 0,6. Todos los SNP se alinearon con el genoma de referencia UMD 3.1.1 (Elsik et al., 2016). Los resultados obtenidos en formato VCF se validaron y se transformaron a formato GDA mediante el programa PGDSpider 2.1.1.5 (Lischer and Excoffier, 2012) convirtiéndolos a formato de texto y Excel. Para verificar la posición de los SNP, se utilizó inicialmente el programa Integrative Genome Viewer, IGV v2.9.4.03 (Robinson et al., 2011) y se compararon en paralelo con el Genome Data Viewer del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), con el mismo genoma de referencia UMD 3.1.1. Aquellos SNP que contaban con número de referencia (RefSNP), se utilizaron para ubicarlos en la posición del genoma de referencia ARS.UCD.1.2 mediante Ensembl (Howe et al., 2021) y el Archivo Europeo de variaciones, EVA (Cezard et al., 2021).

Para evaluar la variabilidad genética dentro de cada población, se calcularon los siguientes parámetros: porcentaje de loci polimórficos, heterocigosis observada y esperada (H_o , H_e), número efectivo de alelos (N_e), las desviaciones del equilibrio de Hardy-Weinberg (HW) por población calculados mediante la prueba exacta usando el método de cadenas de Markov con un largo de cadena de 1 000 000 y 100 000 pasos de dememorización (Guo & Thompson, 1992).

También se calcularon las frecuencias génicas y genotípicas, valores de F_{is} , F_{st} y F_{it} (Wright, 1965; Weir & Cockerham, 1984). Se utilizaron los programas GENETIX v. 4.02 (Belkhir et al., 2004), GenAEx 6.501 (Peakall & Smouse, 2012) y ARLEQUIN ver 3.5. (Excoffier et al., 2007) el índice de diversidad de Shannon se calculó mediante el programa GenAEx 6.501. Las variantes polimórficas se sometieron al Cattle QTLdb (Hu et al., 2007) para identificar posibles asociaciones con rasgos de utilidad económica.



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

Se determinó que el 100% de los 33 marcadores analizados eran aplicables; en la raza Guabalá se obtuvo el 58% de loci polimórficos (19) y en la raza Guaymí 84% de loci polimórficos (28). Exceptuando una variante del gen TG (14: 9487659), todas las demás se obtuvieron las secuencias de referencia de RefSNP. Se identificaron 14 variantes monomórficas identificadas en la raza Guabalá: FABP3 (rs109499728), CAPZB (rs110345656), PDGFRA (rs110544210), PARK2 (rs110319142, rs109091600), RAB2A (rs43054543), TG (14:9487659, rs449352958, rs110456580), MYOD1 (rs110708239), PRKG1 (rs42240623, rs42234268 y rs110546507) y el TFAM (rs42159466). Por otro lado, en la raza Guaymí se observaron solo cuatro variantes monomórficas, FABP3 (rs109499728), TG (14:9487659, rs449352958) y PRKG1 (rs110546507). Respecto a los alelos polimórficos, la raza Guabalá mostró 19 marcadores, mientras que en Guaymí se identificaron 29. Este resultado indica una mayor variabilidad genética en la raza Guaymí en comparación con Guabalá, lo cual podría tener implicaciones significativas en términos de características físicas y organoléptica, en la calidad de la carne, como las diferencias observadas en la calidad de la canal entre la raza Menorquina y Frisona (Panea et al., 2010). La variabilidad genética entre animales juega un papel importante en las propiedades organolépticas de la carne de res, con heredabilidad estimada para la terneza, jugosidad, sabor y masticabilidad (Berry et al., 2020).

Se encontraron diferencias significativas en las frecuencias alélicas entre las razas en 16 marcadores (Cuadro 1). En el marcador CAPZB (rs110264726), se observaron diferencias sustanciales en las frecuencias de los alelos C y T entre Guabalá y Guaymí, con frecuencias de 0,733 y 0,267 para Guabalá y 0,184 y 0,879 para Guaymí, respectivamente. El marcador PDGFRA (rs110544210), resultó ser monomórfico en Guabalá y por el contrario presentó una alta frecuencia del alelo C (0,842) y T (0,158) en Guaymí. Estas y otras diferencias marcadas en alelos específicos, como LCORL (rs110961068), PARK2 (rs110319142, rs109091600, rs41657169), TG (rs110456580), DPT (rs41800828), PRKG1 (rs42083098, rs42234268, rs110166523, rs29013727), TFAM (rs42159466) y THRSP (rs42714483), ilustran la heterogeneidad genética entre ambas razas y sugieren la presencia de variantes alélicas asociadas con atributos distintivos de calidad cárnica.



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 biodiversidad y el mejoramiento genético de las poblaciones de ganado pueden parecer antagonistas, sin embargo, juegan un papel preponderante en la determinación de la calidad de la carne, permitiendo la selección de características deseables a cada raza. La comparación de marcadores de calidad entre diferentes razas revela variaciones significativas que pueden ser explotadas para mejorar atributos como la terneza, el sabor, y el marmoleo, asegurando así un producto final superior adaptado a las preferencias del mercado (Bittante, 2023).

Los resultados de este estudio subrayan la importancia de la diversidad genética en la determinación de características fenotípicas de alto valor económico, como la calidad de la carne en razas bovinas. Las diferencias significativas en las frecuencias alélicas entre Guabalá y Guaymí no solo reflejan la variabilidad genética intrínseca entre estas razas, sino que también ofrecen una base para investigaciones futuras sobre cómo estas variaciones genéticas pueden influir en la calidad de la carne y otros rasgos económicos importantes. La identificación de marcadores SNP asociados con la calidad de la carne proporciona herramientas valiosas para los programas de mejora genética, permitiendo la selección asistida por marcadores para optimizar las características deseables en las poblaciones bovinas (Gill et al., 2009; Gill et al., 2010; Dunner et al., 2013).

Los índices de heterocigosidad observada (H_o), heterocigosidad esperada (H_e) y el coeficiente de endogamia (F_{is}) son fundamentales para el estudio de la genética de poblaciones, ya que nos ofrecen una visión detallada sobre la diversidad genética y la configuración de las poblaciones. En este estudio, se analizaron los loci polimórficos de las poblaciones Guabalá y Guaymí, obteniéndose resultados particulares para cada indicador. Los valores de H_o , H_e y F_{is} considerando solo los loci polimórficos, en la raza Guabalá fueron de 0,170; 0,180 y 0,029, respectivamente. En el caso de la raza Guaymí, el H_o , H_e y F_{is} considerando igualmente los loci polimórficos fueron de 0,345; 0,312 y -0,097, 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 1. Frecuencias alélicas de variantes polimórficas de genes de múltiples rasgos de calidad de carne de razas Guaymí (GUY) y Guabalá (GUA) (Genoma de referencia UMD 3.1.1).

Locus	RefSNP	Consecuencia	GUA		GUY	
FABP3	rs109499728	variante sin sentido	1,000(G)	0,000(A)	1,000(G)	0,000(A)
CAPZB	rs110264726	variante intrónica	0,733(C)	0,267(T)	0,184(C)	0,879(T)
CAPZB	rs110345656	variante intrónica	1,000(C)	0,000(T)	0,763(C)	0,236(T)
CAPZB	rs110367089	variante intrónica	0,166(A)	0,833(G)	0,552(A)	0,447(G)
LEP	rs110559656	variante intrónica	0,033(C)	0,967(T)	0,184(C)	0,816(T)
LCORL	rs110961068	variante intrónica	0,733(A)	0,267(C)	0,500(A)	0,500(C)
PDGFRA	rs110544210	variante del UTR 3'	1,000(C)	0,000(T)	0,842(C)	0,158(T)
PARK2	rs29009858	variante intrónica	0,200(A)	0,800(C)	0,316(A)	0,684(C)
PARK2	rs110319142	variante intrónica	1,000(C)	0,000(T)	0,711(C)	0,289(T)
PARK2	rs110888478	variante intrónica	0,733(C)	0,267(T)	0,579(C)	0,421(T)
PARK2	rs109091600	variante intrónica	0,000(C)	1,000(T)	0,289(C)	0,710(T)
PARK2	rs41657151	variante intrónica	0,700(C)	0,300(T)	0,711(C)	0,289(T)
PARK2	rs41657169	variante intrónica	0,900(C)	0,100(T)	0,421(C)	0,579(T)
SLC27A2	rs41614846	variante intrónica	0,433(C)	0,567(T)	0,526(C)	0,474(T)
RAB2A	rs43054543	variante intrónica	1,000(C)	0,000(T)	0,974(C)	0,026(T)
MTFR1	rs41635435	variante intrónica	0,066(C)	0,933(T)	0,053(C)	0,947(T)
TG	rs41633631	variante intrónica	0,833(C)	0,167(T)	0,711(C)	0,289(T)
TG	14:9487659	no identificada	1,000(G)	0,000(A)	1,000(G)	0,000(A)
TG	rs449352958	variante sinónima	1,000(C)	0,000(T)	1,000(C)	0,000(T)
TG	rs110456580	variante intrónica	1,000(C)	0,000(T)	0,842(C)	0,158(T)
WWP1	rs41624092	variante del UTR 5'	0,800(C)	0,200(G)	0,684(C)	0,316(G)
MYOD1	rs110708239	variante sin sentido	1,000(C)	0,000(T)	0,974(C)	0,026(T)
DPT	rs41800828	variante intrónica	0,600(C)	0,400(T)	0,237(C)	0,763(T)
PLCD3	rs41607306	variante intrónica	0,367(A)	0,633(C)	0,211(A)	0,789(C)
PRKG1	rs42083098	variante intrónica	0,033(C)	0,967(T)	0,474(C)	0,526(T)
PRKG1	rs41568479	variante intrónica	0,633(C)	0,367(T)	0,447(C)	0,553(T)
PRKG1	rs42240623	variante intrónica	0,000(A)	1,000(G)	0,118(A)	0,882(G)
PRKG1	rs42234268	variante intrónica	1,000(C)	0,000(G)	0,842(C)	0,158(G)
PRKG1	rs110166523	variante intrónica	0,033(A)	0,967(C)	0,868(A)	0,138(C)
PRKG1	rs110546507	variante intrónica	1,000(A)	0,000(G)	1,000(A)	0,000(G)
PRKG1	rs29013727	variante intrónica	0,800(C)	0,200(T)	0,395(C)	0,605(T)
TFAM	rs42159466	variante intrónica	1,000(C)	0,000(T)	0,394(C)	0,605(T)
THRSP	rs42714483	variante sin sentido	0,667(C)	0,333(T)	0,842(C)	0,158(T)



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 calculó un tamaño efectivo de población de 1 298 para la Guabalá y de 1 537 para la Guaymí, ambos considerados bajos y menores a los reportados por Solodneva et al. (2023) al analizar el Ne de razas de América latina como Blanco orejinegro (3,32), Criollo Macabeo (4,78), Caracú (4,32). Para la población Guabalá, los índices de H_o y H_e fueron comparativamente bajos 0,170 y 0,180, respectivamente, señalando una diversidad genética de baja a moderada. El coeficiente de Fis (0,029) indica una ligera inclinación hacia la endogamia, aunque no de manera significativa. Por otro lado, la población Guaymí exhibió mayores niveles de heterocigosidad observada 0,345 y esperada 0,312, lo cual indica una diversidad genética superior en esta población. Un Fis negativo en la raza Guaymí (-0,097) sugiere un exceso de heterocigotos respecto a lo anticipado, posiblemente debido a un reciente incremento en la variabilidad genética o a la existencia de subestructuras poblacionales. En la investigación de Villalobos et al. (2010) sobre la diversidad genética en las poblaciones bovinas de Guaymí y Guabalá utilizando 27 microsatélites, se encontraron diferencias en la variabilidad genética, con un promedio de 5,61 y 7,5 alelos por microsatélite en Guabalá (GUA) y Guaymí (GUY), respectivamente. Además, los coeficientes de endogamia (Fis) fueron de 0,053 para GUA y 0,033 para GY, indicando una diferenciación genética moderada y una variabilidad genética interna, posiblemente debido a un exceso de heterocigotos, especialmente en la población Guaymí.

La comparativa entre ambas poblaciones revela diferencias sustanciales en cuanto a diversidad genética y estructura poblacional, siendo la Guaymí más diversa genéticamente y mostrando una tendencia contraria a la endogamia en comparación con la Guabalá. Estos hallazgos se suman como evidencia que permita para el diseñar de estrategias de conservación y mejoramiento genético, subrayando la importancia de la diversidad genética para la adaptabilidad y supervivencia futura de las poblaciones. Desde una perspectiva genética, la población Guaymí, con su elevada diversidad genética y menor grado de endogamia, parece estar mejor posicionada.

La disminución de la diversidad genética ha sido un fenómeno global. Este ha sido reportado en razas comerciales (Aberdeen Angus, Charolais, Hereford y Limousin) y locales (Piamontesa y Romagnola) y mostraron que más del 3% de los genomas de Aberdeen Angus, Hereford y Romagnola, menos del 1% de los genomas de Limousin,



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

Charolais y Pinzgauer eslovaco y el 0,38% del genoma piamontés podrían haberse visto significativamente afectados por el apareamiento de parientes durante las últimas tres generaciones (Kasarda et al., 2020).

La media general del índice de Shannon considerando los loci polimórficos fue $I=0,370$, menor a lo reportado por Bora et al. (2023) en razas de ganado criollo etíope. El índice de diversidad de Shannon para cada población fue 0,275 en la Guabalá y 0,464 en la Guaymí. Se observan amplias diferencias en cuanto a los valores de H_o y H_e , siendo la raza Guaymí mucho más alta que la Guabalá.

Los indicadores genéticos tales como el número efectivo de alelos (N_e), la heterocigosidad observada (H_o) y esperada (H_e), son fundamentales para entender la diversidad genética y la salud de las poblaciones estudiadas (Cuadro 2). En la raza Guabalá, la mayoría de los marcadores polimórficos (14) presentaron exceso de heterocigotos ($H_o > H_e$) a excepción de dos alelos del gen PARK2 (rs29009858 y rs41657151), uno del gen SLC27A2 rs41614846, uno del gen WWP1, rs41624092 y del gen DPT, rs41800828, mostraron déficit de heterocigotos ($H_o < H_e$). Este comportamiento resultó similar en la raza Guaymí, ya que la mayoría de los marcadores (22) presentaron déficit de heterocigotos. En este caso siete marcadores presentaron déficit de heterocigotos CAPZB (rs110367089), LEP (rs110559656), LCORL (rs110961068), PARK2 (rs29009858), TG (rs110456580), PLCD3 (rs41607306), TFAM (rs42159466). El cálculo de equilibrio de Hardy-Weinberg resultó no significativo en todos los marcadores de la raza Guabalá, excepto PARK (rs41657151) y WWP1 (rs41624092) Y CAPZB (rs110367089) en la Guaymí. Estos hallazgos destacan la importancia de monitorear la heterocigosidad y el equilibrio genético para la conservación de estas razas panameñas y mantener su diversidad, para beneficiar la diversidad global, como se plantea en los trabajos de Ginja et al. (2013).



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. Valores de Número efectivo de alelos (Ne), de Índice de Shannon (I), Heterocigosis observada (Hob) y Heterocigosis esperada (He) de variantes asociadas a genes de carnes.

Locus	RefSNP	Guabalá				Guaymí			
		Ne	I	Ho	He	Ne	I	Ho	He
FABP3	rs109499728	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
CAPZB	rs110264726	1,642	0,580	0,400	0,391	1,430	0,478	0,368	0,301
CAPZB	rs110345656	1,000	0,000	0,000	0,000	1,566	0,547	0,368	0,361
CAPZB	rs110367089	1,385	0,451	0,333	0,278	1,978	0,688	0,263	0,494
LEP	rs110559656	1,069	0,146	0,067	0,064	1,430	0,478	0,263	0,301
LCORL	rs110961068	1,642	0,580	0,400	0,391	2,000	0,693	0,474	0,500
PDGFRA	rs110544210	1,000	0,000	0,000	0,000	1,362	0,436	0,316	0,266
PARK2	rs29009858	1,471	0,500	0,267	0,320	1,761	0,624	0,421	0,432
PARK2	rs110319142	1,000	0,000	0,000	0,000	1,699	0,602	0,579	0,411
PARK2	rs110888478	1,642	0,580	0,400	0,391	1,951	0,681	0,632	0,488
PARK2	rs109091600	1,000	0,000	0,000	0,000	1,699	0,602	0,474	0,411
PARK2	rs41657151	1,724	0,611	0,200	0,420	1,699	0,602	0,579	0,411
PARK2	rs41657169	1,220	0,325	0,200	0,180	1,951	0,681	0,526	0,488
SLC27A2	rs41614846	1,965	0,684	0,333	0,491	1,994	0,692	0,632	0,499
RAB2A	rs43054543	1,000	0,000	0,000	0,000	1,054	0,122	0,053	0,051
MTFR1	rs41635435	1,142	0,245	0,133	0,124	1,111	0,206	0,105	0,100
TG	rs41633631	1,385	0,451	0,333	0,278	1,699	0,602	0,474	0,411
TG	14:9487659	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
TG	rs449352958	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
TG	rs110456580	1,000	0,000	0,000	0,000	1,362	0,436	0,211	0,266
WWP1	rs41624092	1,471	0,500	0,133	0,320	1,761	0,624	0,526	0,432
MYOD1	rs110708239	1,000	0,000	0,000	0,000	1,054	0,122	0,053	0,051
DPT	rs41800828	1,923	0,673	0,400	0,480	1,566	0,547	0,368	0,361
PLCD3	rs41607306	1,867	0,657	0,467	0,464	1,498	0,515	0,211	0,332
PRKG1	rs42083098	1,069	0,146	0,067	0,064	1,994	0,692	0,632	0,499
PRKG1	rs41568479	1,867	0,657	0,467	0,464	1,978	0,688	0,684	0,494
PRKG1	rs42240623	1,000	0,000	0,000	0,000	1,262	0,362	0,235	0,208
PRKG1	rs42234268	1,000	0,000	0,000	0,000	1,362	0,436	0,316	0,266
PRKG1	rs110166523	1,069	0,146	0,067	0,064	1,296	0,389	0,263	0,229
PRKG1	rs110546507	1,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000
PRKG1	rs29013727	1,471	0,500	0,400	0,320	1,915	0,671	0,579	0,478
TFAM	rs42159466	1,000	0,000	0,000	0,000	1,915	0,671	0,474	0,478
THRSP	rs42714483	1,800	0,637	0,533	0,444	1,362	0,436	0,316	0,266



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

Al ser consultadas las variantes polimórficas en Cattle QTLdb se observaron las siguientes asociaciones, contribuyendo a un mejor entendimiento de los factores genéticos que influyen en las características de crecimiento y calidad de la carne. Entre los hallazgos más relevantes, se ha identificado que el gen FABP3 juega un rol crucial en el largo del cuerpo en el ganado Qinchuan, sugiriendo un impacto significativo en los rasgos de crecimiento y las características de la carcasa (Liang et al., 2014). Este descubrimiento respalda investigaciones anteriores que asociaban polimorfismos en FABP3 y FABP4 con el área del músculo longissimus y la calidad de la carne en cruces de diferentes razas, como Valdostana x Nelore y Angus x Nelore, entre otras (Blecha et al., 2015).

Por otro lado, un estudio sobre la raza Hereford ha destacado la importancia del gen LEP en relación con el contenido de grasa de la carne y el grosor de la grasa en la 12ª costilla. Este hallazgo enfatiza el papel de LEP en el metabolismo de las grasas y, por ende, en la calidad de la carne (Melucci et al., 2012; Woronuk et al., 2012). Asimismo, investigaciones en la raza Simmental han revelado que variantes en los genes LEP y SCD1 están vinculadas al perfil de ácidos grasos del tejido muscular, resaltando su contribución a la composición de ácidos grasos y la terneza de la carne (Orru et al., 2011). El gen LCORL ha mostrado una asociación significativa con el peso en canal y el grosor de la grasa en la 12ª costilla, indicando su relevancia en la eficiencia alimenticia y los rasgos de la carcasa (Lindholm-Perry et al., 2011). De igual manera, se ha observado que el gen RAB2A en la raza Wagyu y TG en Piedmontese están relacionados con el peso en canal y la calidad de la carne, respectivamente, sugiriendo su papel en la determinación de características clave para la industria cárnica (Ribeca et al., 2014; Sasago et al., 2017). Además, variantes genéticas en Nelore (Machado et al., 2022) han demostrado influir en la puntuación de conformación, mientras que, en razas como Brahman y Holstein, se han identificado genes (PLCD3, PRKG1 y THRSP) asociados con la conformación corporal y la producción láctea, respectivamente (Cole et al., 2011; Fontanesi et al., 2014). Estos resultados destacan la complejidad de los rasgos fenotípicos en el ganado y el potencial de la selección genética para mejorar tanto la producción como la calidad de la carne.



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

CONCLUSIÓN

- El análisis revela que la raza Guaymí tiene una mayor diversidad genética y menor endogamia en comparación con la Guabalá.
- Las diferencias alélicas observadas entre razas sugieren que existen variantes genéticas específicas que influyen en la calidad de la carne, subrayando la importancia de conservar esta diversidad para su uso en programas de mejoramiento genético.
- Se identificaron asociaciones entre variantes genéticas y características de crecimiento y calidad de la carne, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y aplicaciones en mejoramiento genético.
- Se resalta la importancia de preservar y aprovechar la diversidad genética de ambas razas, para desarrollar productos cárnicos de alta calidad y sostenibles, alineados con las demandas del mercado.

REFERENCIAS

- Aiello, D., Patel, K., & Lasagna, E. (2018). The myostatin gene: An overview of mechanisms of action and its relevance to livestock animals. *Animal Genetics*, 49(6), 505-519. <https://doi.org/10.1111/age.12696>
- Anzola Vásquez, H. (2005). Conservación y utilización de las razas bovinas criollas y colombianas para el desarrollo rural sostenible. *Archivos de Zootecnia*, 54(206-207), 141-144. Retrieved December 12, 2023, from. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49520704>
- Armstrong, E., Peñagaricano, F., Artigas, R., De Soto, L., Corbi, C., Llambí, S., Rincón, G., & Postiglioni, A. (2011). Marcadores moleculares asociados al veteado de la carne en bovinos Criollos uruguayos. *Archivos de Zootecnia*, 60(231), 707-716. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300058>



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

- Belkhir, K., Borsa, P., Chikhi, L., Raufaste, N., & Bonhomme, F. (2004). Genetix: 4.05 Logiciel sous Windows™ pour la genetique des populations. Montpellier, France: Laboratoire Genoma Populations, Interactions, Adaptations.
<https://www.scienceopen.com/document?vid=9a3e2cf3-2971-405c-8297-258227c3cb30>
- Berry, D., Conroy, S., Hegarty, P., Evans, R., Pabiou, T., & Judge, M. (2020). Inter-animal genetic variability exist in organoleptic properties of prime beef meat. *Meat Science*, 173, 108401. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108401>
- Bittante, G. (2023). Biodiversity and genetics of beef quality, a review. *Italian Journal of Animal Science*, 22, 867- 884. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2023.2216712>
- Blecha, I. M., Siqueira, F., Ferreira, A. B., Feijó, G. L., Torres Junior, R. A., Medeiros, S. R., Sousa, I. I., Santiago, G. G., & Ferraz, A. L. (2015). Identification and evaluation of polymorphisms in FABP3 and FABP4 in beef cattle. *Genetics and Molecular Research*, 14(4), 16353-16363. <https://doi.org/10.4238/2015.December.9.3>
- Bora, S.K., Tessema, T.S. & Girmay, G. (2023). Genetic Diversity and Population Structure of Selected Ethiopian Indigenous Cattle Breeds Using Microsatellite Markers. *Genetics Research*, 2023(1), 1106755. <https://doi.org/10.1155/2023/1106755>
- Cezard, T., Cunningham, F., Hunt, S. E., Koylass, B., Kumar, N., Saunders, G., Shen, A., Silva, A. F., Tsukanov, K., Venkataraman, S., et al. (2021). The European Variation Archive: a FAIR resource of genomic variation for all species. *Nucleic Acids Research*, 50(D1), D1216-D1220. <https://doi.org/10.1093/nar/gkab960>
- Cole, J. B., Wiggans, G. R., Ma, L., Sonstegard, T. S., Lawlor, T. J., Jr, Crooker, B. A., Van Tassell, C. P., Yang, J., Wang, S., Matukumalli, L. K., & Da, Y. (2011). Genome-wide association analysis of thirty one production, health, reproduction and body conformation traits in contemporary U.S. Holstein cows. *BMC Genomics*, 12, 408. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-408>



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

- Du, X. H., Gan, Q. F., Yuan, Z. R., Gao, X., Zhang, L. P., Gao, H. J., Li, J. Y., & Xu, S. Z. (2013). Polymorphism of MyoD1 and Myf6 genes and associations with carcass and meat quality traits in beef cattle. *Genetics and Molecular Research*, 12(4), 6708-6717. <http://dx.doi.org/10.4238/2013.December.13.4>
- Dunner, S., Sevane, N., García, D., Cortés, Ó., Valentini, A., Williams, J., Mangin, B., Cañón, J., & Levéziel, H. (2013). Association of genes involved in carcass and meat quality traits in 15 European bovine breeds. *Livestock Science*, 154, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.020>
- Edea Zewdu, Jung Kyoung Sub, Shin Sung-Sub, Yoo Song-Won, Choi Jae Won, Kim Kwan-Suk. (2020). Signatures of positive selection underlying beef production traits in Korean cattle breeds. *J Anim Sci Technol*, 62(3), 293-305. <https://doi.org/10.5187/jast.2020.62.3.293>
- Elsik, C. G., Unni, D. R., Diesh, C. M., Tayal, A., Emery, M. L., Nguyen, H. N., & Hagen, D. E. (2016). Bovine Genome Database: new tools for gleaning function from the *Bos taurus* genome. *Nucleic Acids Research*, 44(D1), D834-D839. <https://doi.org/10.1093/nar/gkv1077>
- Excoffier, L., Laval, G., & Schneider, S. (2007). Arlequin (version 3.0): an integrated software package for population genetics data analysis. *Evol Bioinform Online*, 1, 47-50. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19325852>
- Fontanesi, L., Calò, D. G., Galimberti, G., Negrini, R., Marino, R., Nardone, A., Ajmone-Marsan, P., & Russo, V. (2014). A candidate gene association study for nine economically important traits in Italian Holstein cattle. *Animal Genetics*, 45(4), 576-580. <https://doi.org/10.1111/age.12164>
- Gill, J., Bishop, S., McCorquodale, C., Williams, J., & Wiener, P. (2009). Association of selected SNP with carcass and taste panel assessed meat quality traits in 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/)

commercial population of Aberdeen Angus-sired beef cattle. *Genet Sel Evol*, 41, 36. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-41-36>

Gill, J., Bishop, S., McCorquodale, C., Williams, J., & Wiener, P. (2010). Associations between single nucleotide polymorphisms in multiple candidate genes and carcass and meat quality traits in a commercial Angus-cross population. *Meat Science*, 86(4), 985–993. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.08.005>

Ginja, C., Gama, L. T., Cortes, Ó., Delgado, J. V., Dunner, S., García, D., Landi, V., Martín-Burriel, I., Martínez-Martínez, A., Penedo, C., Rodellar, C., Zaragoza, P., Cañon, J., & Consortium, B. (2013). Analysis of conservation priorities of Iberoamerican cattle based on autosomal microsatellite markers. *Genetics Selection Evolution Genet Sel Evol*, 45, 35. <https://doi.org/10.1186/1297-9686-45-35>

Guo, S. W., & Thompson, E. A. (1992). Performing the exact test of Hardy-Weinberg proportion for multiple alleles. *Biometrics*, 48, 361-372. <https://doi.org/10.2307/2532296>

Gurgul, A., Szmatola, T., Ropka-Molik, K., Jasielczuk, I., Pawlina, K., Semik, E., & Bugno-Poniewierska, M. (2015). Identification of genome-wide selection signatures in the Limousin beef cattle breed. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 133(4), 264-276. <https://doi.org/10.1111/jbg.12196>

Han, Y. J., Chen, Y., Liu, Y., & Liu, X. L. (2017). Sequence variants of the LCORL gene and its association with growth and carcass traits in Qinchuan cattle in China. *Journal of Genetics*, 96, 9-17. <https://link.springer.com/article/10.1007/s12041-016-0732-0>

Hu, Z.-L., Fritz, E. R., & Reecy, J. M. (2007). AnimalQTLdb: a livestock QTL database tool set for positional QTL information mining and beyond. *Nucleic Acids Research*, 35(Database issue), D604-D609. <https://doi.org/10.1093/nar/gkl946>



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

- Jiang, Z., Michal, J. J., Chen, J., Daniels, T. F., Kunej, T., Garcia, M. D., Gaskins, C. T., Busboom, J. R., Alexander, L. J., Wright, R. W., Jr, & MacNeil, M. D. (2009). Discovery of novel genetic networks associated with 19 economically important traits in beef cattle. *International Journal of Biological Sciences*, 5(6), 528-542. <https://www.ijbs.com/v05p0528.htm>
- Kasarda, R., Moravčíková, N., Vostrý, L., Krupová, Z., Krupa, E., Lehocká, K., Olšanská, B., Trakovická, A., Nádaský, R., Polák, P., Židek, R., Belej, L., & Golian, J. (2020). Fine-scale analysis of six beef cattle breeds revealed patterns of their genomic diversity. *Ital. J. Anim. Sci.*, 19, 1552-1567. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2020.1852894>
- Howe, K. L., Achuthan, P., Allen, J., Allen, J., Alvarez-Jarreta, J., Amode, M. R., Armean, I. M., Azov, A. G., Bennett, R., Bhai, J., Billis, K., Boddu, S., Charkhchi, M., Cummins, C., Da Rin Fioretto, L., Davidson, C., Dodiya, K., El Houdaigui, B., Fatima, R., ... Flicek, P. (2021). Ensembl 2021. *Nucleic Acids Research*, 49(D1), D884–D891. <https://doi.org/10.1093/nar/gkaa942>
- Liang, W., Zhang, H. L., Liu, Y., Lu, B. C., Liu, X., Li, Q., & Cao, Y. (2014). Investigation of the association of two candidate genes (H-FABP and PSMC1) with growth and carcass traits in Qinchuan beef cattle from China. *Genetics and Molecular Research*, 13(1), 1876-1884. <https://doi.org/10.4238/2014.March.17.15>
- Lindholm-Perry, A. K., Sexten, A. K., Kuehn, L. A., Smith, T. P., King, D. A., Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Ferrell, C. L., Jenkins, T. G., Snelling, W. M., & Freetly, H. C. (2011). Association, effects and validation of polymorphisms within the NCAPG - LCORL locus located on BTA6 with feed intake, gain, meat and carcass traits in beef cattle. *BMC Genetics*, 12, 103. <https://doi.org/10.1186/1471-2156-12-103>
- Lischer, H.E.L., & Excoffier, L. (2012). PGDSpider: An automated data conversion tool for connecting population genetics and genomics programs. *Bioinformatics*, 28(2), 298-299. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/btr642>



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

- Machado, P. C., Brito, L. F., Martins, R., Pinto, L. F. B., Silva, M. R., & Pedrosa, V. B. (2022). Genome-Wide Association Analysis Reveals Novel Loci Related with Visual Score Traits in Nellore Cattle Raised in Pasture-Based Systems. *Animals*, 12(24), 3526. <https://doi.org/10.3390/ani12243526>
- Melucci, L. M., Panarace, M., Feula, P., Villarreal, E. L., Grigioni, G., Carduza, F., Soria, L. A., Mezzadra, C. A., Arceo, M. E., Papaleo Mazzucco, J., Corva, P. M., Irurueta, M., Rogberg-Muñoz, A., & Miquel, M. C. (2012). Genetic and management factors affecting beef quality in grazing Hereford steers. *Meat science*, 92(4), 768-774. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.06.036>
- Orrù, L., Cifuni, G. F., Piasentier, E., Corazzin, M., Bovolenta, S., & Moioli, B. (2011). Association analyses of single nucleotide polymorphisms in the LEP and SCD1 genes on the fatty acid profile of muscle fat in Simmental bulls. *Meat science*, 87(4), 344-348. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.11.009>
- Panea, B., Sañudo, C., Olleta, J.L., & Sierra, I. (2010). Caracterización de la canal y la carne de la raza bovina menorquina. *Archivos de Zootecnia*, 59(227), 467-470. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-05922010000300018&lng=es&tlng=es
- Peakall, R. & Smouse, P.E. (2012) GenAIEx 6.5: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research-an update. *Bioinformatics*, 28(19), 2537-2539. <http://bioinformatics.oxfordjournals.org/content/28/19/2537>
- Picard, B., Lefaucheur, L., Berri, C., & Duclos, M. J. (2002). Muscle fibre ontogenesis in farm animal species. French-Polish Symposium Animal and Growth development: Regulatory mechanisms. *Reprod. Nutr. Dev.*, 42(5), 415-431. <https://doi.org/10.1051/rnd:2002035>



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

Ribeca, C., Bonfatti, V., Cecchinato, A., Albera, A., Gallo, L., & Carnier, P. (2014). Effect of polymorphisms in candidate genes on carcass and meat quality traits in double muscled Piemontese cattle. *Meat science*, 96(3), 13761383.

<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.028>

Robinson, J., Thorvaldsdóttir, H., Winckler, W., Guttman, M., Lander, E., Getz, G., & Mesirov, J. P. (2011). Integrative Genomics Viewer. *Nat. Biotechnol.*, 29, 24-26.

<https://doi.org/10.1038/nbt.1754>

Rodríguez-González, K., Valverde Abarca, A., Rodríguez-González, J., Murillo-Bravo, O., & Camacho-Calvo, M. (2018). Effects of genotype and finish feed on commercial cuts and carcass quality traits of steers beef cattle. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 105-122. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.28140>

Sasago, N., Abe, T., Sakuma, H., Kojima, T., & Uemoto, Y. (2017). Genome-wide association study for carcass traits, fatty acid composition, chemical composition, sugar, and the effects of related candidate genes in Japanese Black cattle. *Animal Science Journal*, 88(1), 33-44. <https://doi.org/10.1111/asj.12595>

Snelling, W. M., Allan, M. F., Keele, J. W., Kuehn, L. A., McDanel, T., Smith, T. P., Sonstegard, T. S., Thallman, R. M., & Bennett, G. L. (2010). Genome-wide association study of growth in crossbred beef cattle. *Journal of Animal Science*, 88(3), 837-848. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2257>

Solodneva, E., Svishcheva, G., Smolnikov, R., Bazhenov, S., Konorov, E., Mukhina, V., & Stolpovsky, Y. (2023). Genetic structure analysis of 155 transboundary and local populations of cattle (*Bos taurus*, *Bos indicus*, and *Bos grunniens*) based on STR markers. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(5), 5061.

<https://doi.org/10.3390/ijms24055061>



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

- Soria, L. A., & Corva, P. M. (2005). Genetic and environmental factors influencing beef tenderness. *Archivos Latinoamericanos De Producción Animal*, 12(2). Retrieved from https://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/20
- Taye, M., Kim, J., Yoon, S. H., Lee, W., Hanotte, O., Dessie, T., Kemp, S., Mwai, O. A., Caetano-Anolles, K., Cho, S., Oh, S. J., Lee, H. K., & Kim, H. (2017). Whole genome scan reveals the genetic signature of African Ankole cattle breed and potential for higher quality beef. *BMC Genetics*, 18, 11. <https://doi.org/10.1186/s12863-016-0467-1>
- Valdez-Torres, J. M., Grado Ahuir, J. A., Castro-Valenzuela, B. E., & Burrola-Barraza, M. E. (2020). QTL analysis associated with single nucleotide polymorphisms (SNP) involved in the dairy phenotype of Holstein cattle. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(4), 1192-1207. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5295>
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11242020000401192&script=sci_arttext&lng=en
- Villalobos Cortés, A. I., Martínez, A. M., Escobar, C., Vega-Pla, J. L., & Delgado, J. V. (2010). Study of genetic diversity of the Guaymi and Guabala bovine populations by means of microsatellites. *Livestock Science*, 131(1), 4551. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2010.02.024>
- Weir, B. S., & Cockerham, C. C. (1984). Estimating F-statistics for the analysis of population structure. *Evolution*, 38, 1358-1370. <https://doi.org/10.2307/2408641>
- Woronuk, G. N., Marquess, F. L., James, S. T., Palmer, J., Berryere, T., Deobald, H., Howie, S., & Kononoff, P. J. (2012). Association of leptin genotypes with beef cattle characteristics. *Animal Genetics*, 43(5), 608-610. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2012.02320.x>



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

Wright, S. (1965). The interpretation of population structure by F-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution*, 19(3), 395-420.
<https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1965.tb01731.x>

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Wageningen por el apoyo en la recepción y análisis de las muestras de ADN, en particular al Dr. Richard Crooijmans por su colaboración en la recepción de las muestras; Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), al igual que al Sistema Nacional de Investigación (SNI) por el apoyo en esta investigación.



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

SIMULACIÓN DEL POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN DE TRES ESCENARIOS DE CEBA BOVINA EN PASTOREO CON SUPLEMENTACIÓN¹

Pedro Guerra-Martínez²; Manuel Salvador De Gracia-Gálvez³

RESUMEN

Se simuló y estudió el potencial de contaminación ambiental en tres escenarios de ceba bovina en pastoreo con suplementación energética-proteica. La pastura fue *Brachiaria humidicola* fertilizada. Los escenarios evaluados fueron: ENE-ABR, MAY-AGO y SEP-DIC. El peso vivo inicial fue 375 kg y peso meta de >454 kg. Se formuló un concentrado (18,0% PC; 3,3 Mcal EM/kg MS). Los factores con sus niveles 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: producción total de excreta en base seca (EXE), producción total de metano (MET) y producción total de nitrógeno en la excreta (NIT). Se utilizó el paquete de simulación LIFE-SIM del CIP. El R² de las funciones de predicción tuvieron entre 0,561 y 0,999 y los CV entre 0,22% y 8,00%. En los tres escenarios con niveles de CE de 10,00%, CC de 9,36 kg BF/animal/día y CA de 2,0 UA/ha se obtuvieron las mayores MET (32,30 a 36,71 kg) y NIT (13,48 a 14,25 kg), pero con CE de 10%, CC de 2,64 kg/animal BF/día y CA de 2,0 UA/ha se produjo mayor EXE (274,53 a 297,39 kg BS). Además, CC influye significativamente en EXE, MET y NIT, en los tres escenarios. Se concluye que factores como CE, CC y CA tienen importancia en la contaminación ambiental por su tendencia general lineal.

Palabras clave: Ceba bovina, excreta, LIFE-SIM-BEEF, metano, nitrógeno, pastoreo.

¹Recepción: 08 de mayo de 2024. Aceptación: 30 de octubre de 2024. Contribución del Proyecto Mejoramiento Genético Aplicado en Hatos de los Sistemas Ganaderos Familiares Bovinos de Panamá. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Dirección Nacional de Recursos Genéticos y Biodiversidad. Centro de Innovación Agropecuaria Chiriquí.

²IDIAP. Estación Experimental de Gualaca "Carlos M. Ortega". CIA Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento Genético Animal. e-mail: pedroguerram16@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6731-3624>

³Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 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/)

SIMULATION OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION POTENTIAL IN THREE BOVINE GRAZING BEEF PRODUCTION SCENERIES WITH SUPPLEMENTATION

ABSTRACT

It was simulated and studied the environmental pollution potential of three bovine grazing beef production sceneries with supplementation. Pasture was *Brachiaria humidicola* fertilized. The sceneries were: ENE-ABR, MAY-AGO and SEP-DEC. Initial live weight was 375 kg and the final weight goal was >454 kg. It was formulated as a concentrate (18.0% PC and 3.3 Mcal ME/kg DM). Factors and its levels were: Energetic Cost (CE:1.59, 5.0, 10.0, 15.0, 18.41 % additional to NRC), Concentrate Consumption (CC:2.64, 4.0, 6.0, 8.0 and 9.36 FB/animal/d) and Stocking Rate (CA:1.16, 1.5, 2.0, 2.5 and 2.84 AU/ha). Arrangement of treatments and the analysis was done by Central Composition Design. Response variables were excreting total production in dry base (EXE), methane total production (MET) and excreted nitrogen total production (NIT). A LIFE-SIM Beef simulation software from CIP was used. The R² of the prediction functions were between 0.561 to 0.999) and de CV between 0.22 to 8.0%. In the three sceneries with levels of CE of 10.0%, CC of 9.36 kg FB/animal/d and CA of 2.0 AU/ha it was obtained higher MET (32.39 to 36.71 kg DM) and NIT (13.48 to 14.25 kg), but with CE of 10%, CC of 2.64 kg FB/animal/d and CA of 2.0 AU/ha it was produced higher EXE (274.53 to 297.39 kg DM). Besides, CC significantly influences EXE, MET and NIT, in the three scenarios. In conclusion, factors like CE, CC and CA have importance in environmental pollution due to its general linear tendency.

Keywords: Beef production, excrete, grazing, LIFE-SIM-BEEF, methane, nitrogen.

INTRODUCCIÓN

Se ha estimado que, del alimento producido por el sector agropecuario, el 40% es de origen animal (Pinos-Rodríguez et al., 2012). Por otra parte, agregan que grupos ambientalistas consideran que la industria pecuaria tiene gran responsabilidad en el calentamiento global por la generación de contaminantes vertidos al suelo, agua y atmósfera. Hoy en día se atribuye el calentamiento global por el aumento de la concentración de los gases de efecto invernadero (GEI). Entre los principales GEI se tiene al metano, dióxido de carbono y óxido nitroso. Al dióxido de carbono se le considera como la unidad (1) de potencial de calentamiento global, seguido por el metano con 23 veces



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

más eficaz en atrapar el calor en la atmósfera y el óxido nitroso con 296 (Howden y Reyenga, 1999; Aguilar-Zalzano y Rojas-Bourrillón, 2014; Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2001).

El metano (CH_4) es un gas incoloro e inodoro y es uno de los gases de efecto invernadero más importantes que se emiten a la atmósfera debido a las actividades antropogénicas, después del dióxido de carbono o CO_2 (Cambra-López et al., 2008). De acuerdo con Pinos-Rodríguez, (2012) el CH_4 es un compuesto molecular que se encuentra en abundancia en la atmósfera, con unas propiedades radiactivas tales que le confieren una capacidad elevada de absorción de la energía infrarroja, contribuyendo así al calentamiento global. La ganadería emite CH_4 debido fundamentalmente a la fermentación entérica y en menor medida a la fermentación de las deyecciones ganaderas (Monteny et al., 2001). La producción de metano depende de la calidad de la dieta, de tal manera que se considera que al alimentar con dietas altas en energía metabolizable se considera un método eficaz para reducir las emisiones de metano entérico (Yan et al., 2010). Además, hay reportes que indican que los ácidos grasos volátiles producidos en el rumen no son una fuente directa para la metanogénesis, debido a que la conversión de CO_2 e hidrógeno es un proceso lento (Hobson y Stewart, 1997; Aguilar-Zalzano y Rojas-Bourrillon, 2014), por lo tanto, el CH_4 en rumen se produce por la liberación de CO_2 e hidrógeno, que se generan conforme se producen los ácidos grasos volátiles durante la fermentación de los carbohidratos (Hungate et al., 1970).

La ganadería es responsable de cerca del 23% de las emisiones de CH_4 globales de origen antropogénico (Khalil, 2000), debido a la digestión del alimento en el rumen, la cual produce CH_4 . Esta producción de metano entérico constituye una pérdida energética para el rumiante que representa del 2 al 12% de la energía bruta consumida (Johnson y Johnson, 1995) cuando el animal recibe alimentos de baja calidad. Por eso se ha propuesto que disminuir las emisiones de metano entérico puede ser una estrategia para el aumento de la productividad animal y disminuir el impacto ambiental (Howden y Reyenga, 1999; Aguilar-Zalzano y Rojas-Bourrillon, 2014; Vargas et al., 2012).



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

Entre 80% y 90% del nitrógeno consumido por el ganado bovino es excretado en las heces y orina (Rubio-Aguirre et al., 2012). Agregan que la materia fecal y la orina obtenida en los corrales de engorda y de ordeña forman un solo tipo de residuo, llamado estiércol.

Sostienen que un bovino excreta entre 5% y 6% de su peso vivo y dado su porcentaje de humedad de 80% a 85%, finalmente sería 3 kg diarios de residuo sólido por animal/día. Mantienen que una parte importante de nitrógeno del estiércol de ganado, principalmente de urea urinaria, se convierte en amonio y finalmente va a la atmósfera como amoníaco, lo cual contamina el ambiente.

El estiércol se considera como un subproducto inevitable de la producción de carne y leche bovina destinados al consumo humano. La excreción excesiva de estiércol y de los nutrientes de este es representativa de las ineficiencias que incrementan el costo de la alimentación, aumentando el impacto ambiental de las fincas y aumentan el costo relacionado con el traslado y almacenamiento de estiércol. Las concentraciones de nitrógeno (N) y fósforo (P) en el estiércol y en el suelo; así como sus tasas de remoción son criterios en que se basan las normas ambientales vigentes (Weiss y St-Pierre, 2011). Estos autores reportan que el contenido de materia seca del estiércol es de 12,5%, 59% de nitrógeno y 77% de fósforo. Además, reportaron una relación cuadrática ($Y = 11,46 + 1,534X + 0,047X^2$) entre la producción de estiércol (kg/día) y el consumo de materia seca (kg/día) en vacas lecheras en producción.

La ceba de acabado es una modalidad que permite engordar bovinos hasta alcanzar el peso de mercado en el menor tiempo, permitiendo un mayor uso de la tierra y mayor ingreso por hectárea; sin embargo, se desconoce su contribución de metano, heces y nitrógeno al ambiente bajo las condiciones del trópico húmedo de la Estación Experimental de Gualaca (EEG-CMO-IDIAP). Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo simular y estudiar la contribución de metano, estiércol y nitrógeno en la modalidad de ceba bovina de acabado derivando tres tipos de escenarios en función de sus meses del año basado en pastoreo con suplementación energética-proteica para alcanzar un peso meta de 454,45 kg a través del LIFE-SIM BEEF® del Centro Internacional de la Papa (León-Velarde et al., 2006).



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

Localización: El estudio se ubicó en la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP, la cual está ubicada a 100 msnm, con precipitación anual de 4000 mm y temperatura media anual de 26° C. Datos climatológicos de la Empresa de Transmisión Eléctrica (ETESA, 2018) e índice de temperatura-humedad de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 1976) ajustada por la velocidad del viento (Mader et al., 2005) se detallan en el Cuadro 1. Se tomó como referencia los 23 años de registros (inicio 1 de noviembre de 1995) de la Estación Gualaca II (108-043) situada a latitud 8°31’20” de latitud y -82°18’03” de longitud.

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 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: ETSA (2018).

Fuente de información de ceba en pastoreo: Se tomó como referencias las experiencias y resultados de los estudios de ceba de Guerra M. et al. (2002) y de Pinzón y Montenegro (2002) bajo condiciones (bosque húmedo tropical) de la Estación Experimental de Gualaca “Carlos M. Ortega” del IDIAP.

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.



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

Grupo racial: Para este estudio se tomaron animales con la composición genética ½ a ¾ raza europea + ½ a ¼ de la raza Brahman con peso vivo promedio que variaron de acuerdo con el escenario de ceba.

Pastura y su manejo: Para la pastura y su manejo se consideró la experiencia de Guerra et al. (2012). La pastura predominante (90,0%) era la *Brachiaria humidicola*. La rotación de las cuadras consistió en tres días de pastoreo u ocupación y 21 días de descanso. La carga animal máxima alcanzada fue de 4,5 UA/ha.⁵ La fertilización consistió en la aplicación de 60, 30 y 20 kg/ha 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.

Características bromatológicas de la *Brachiaria humidicola*: Del trabajo de Guerra M. et al. (2002) se tomó la información sobre disponibilidad de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) y se detalló mensualmente. Los valores se presentan 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* por mes del año.

Mes del año	Disponibilidad kg MS/ha	Proteína Cruda, %	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	10,85	53,5
Julio	1996	11,31	52,6
Agosto	1835	12,37	54,8
Septiembre	1765	13,97	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

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

⁵ Una 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/)

Suplementación energética-proteica: Para cubrir los requerimientos nutricionales diarios del animal se basó en la National Research Council (NRC, 2000). Debido a que la pastura sola no cubre los requerimientos nutricionales diarios del bovino se utilizó un concentrado energético-proteico a base de pulidura de arroz, pica de arroz, maíz molido y harina de soya. Adicional se agregaban 56,6 g de una mezcla mineral (12% P y 8% Ca) por animal/día. El costo y la composición bromatológica del concentrado y sus componentes se detallan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición bromatológica del concentrado y sus ingredientes y con sus proporciones.

Ingredientes	MS, %	PC, %	EM Mcal/kg MS	Concentrado (Base Fresca)	
				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
Concentrado final	89,2	18,0	3,30		0,340

MS = Materia Seca; PC = Proteína Cruda; EM Mcal/kg MS = Energía Metabolizable en Megacalorías por kilogramo de Materia Seca.

Escenarios 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, una excelente conformación corporal para un alto rendimiento de la canal. El peso inicial considerado fue de 375 kg. Se consideraron 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



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

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.

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 (León-Velarde, 2006; Myers, 1976). Los niveles determinados para los tres factores fueron los siguientes:

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

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). El modelo matemático del arreglo geométrico 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.

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).



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 (Lack of Fit). Esta prueba de Falta de Ajuste permite decidir en forma objetiva que tanto del error en la predicción es debido a la falta de ajuste del modelo. En este caso se plantea la hipótesis nula (H_0) que no existe falta de ajuste, o sea, que el modelo ajusta de forma adecuada a los datos.

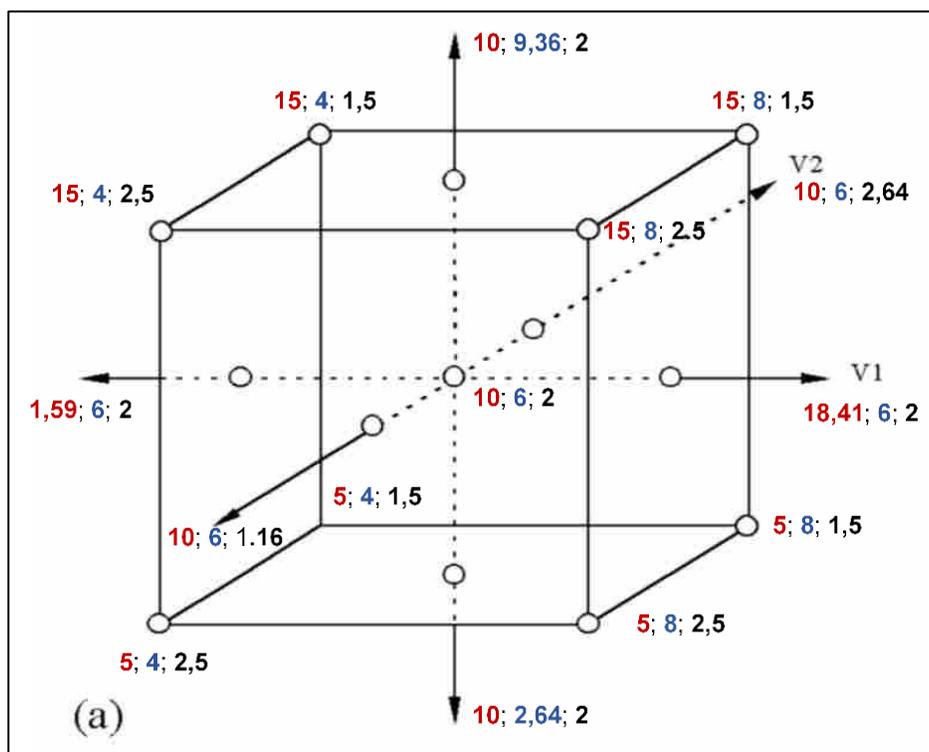


Figura 1. Arreglo espacial de las combinaciones de los niveles de los factores tratamientos de acuerdo con Myers (1976). (Rojo es CE; Azul es CC y Negro es CA).

Simulación de los resultados: Una vez definidos los tratamientos se procedió a estimar EXE, MET y NIT por simulación de los tratamientos y escenarios propuestos con el programa LIFE-SIM BEEF® del Centro Internacional de la Papa (León-Velarde et al., 2006). Una vez generados estos estimados se procedió a realizar el análisis de estos con el DCC. Los componentes del programa en donde se vierte la información a simular son los siguientes: animal, clima, pastura, suplemento, costos de alimentación y simulación.



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

Variables de respuestas: en esta simulación las variables de respuestas en el escenario de ceba de acabado correspondiente fueron las siguientes:

1. Producción total de excreta (EXE).
2. Producción total de metano (MET).
3. Producción de nitrógeno en la excreta (NIT).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Escenario ENE-ABR: el modelo lineal-cuadrático propuesto aparenta ser no adecuado por la falta de ajuste en MET y fue significativo ($P < 0,05$) en el escenario ENE-ABR (Cuadro 4); sin embargo, el modelo aparenta ajustar bien a los datos ($P > 0,05$) en EXE y NIT.

Cuadro 4. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para EXE, MET y NIT en el escenario ENE-ABR.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		EXE	MET	NIT
Lineal	3	1548,1695***	124,1727***	7,4989***
Cuadrático	3	5,5768	0,2592*	0,0006
Productos Cruzados	3	1,6346	0,3202**	0,0150
Total del Modelo	9	518,4603***	41,5840***	2,3942***
Falta de Ajuste	5	4,1667	0,1392**	0,0064
Error Puro	5	15,0787	0,0250	0,0086
Error Total	10	9,6227	0,0821	0,0075
CV, %		1,27	1,26	0,77
Factor:				
• CE	4	11,6026	0,2769**	0,0219*
• CC	4	1153,0017***	93,3313***	5,3678***
• CA	4	3,5927	0,1879	0,0084

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$

En las tres características el efecto lineal fue altamente significativo ($P < 0,01$), mientras que el efecto cuadrático tuvo una tendencia a la significancia ($P < 0,10$) en MET. El efecto de los productos cruzados solamente resultó significativo ($P < 0,05$) en MET, no así en las otras características. Esto indica que en MET hay una interacción entre dos de las variables CE, CC y CA ($P < 0,05$). Además, se observa en el Cuadro 4 que en la prueba de falta de ajuste fue $P < 0,05$ en MET, a pesar de que los efectos lineales, cuadráticos e interacciones fueron $P < 0,10$, lo que indica que, aun así, hay suficiente evidencia para concluir que hay falta de ajuste en 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/)

modelo lineal-cuadrático. En otras palabras, una gran parte del error en la estimación se atribuye a la falta de ajuste del modelo. Sin embargo, en EXE y NIT la prueba de falta de ajuste fue $P > 0,05$ indicando que no hay suficiente evidencia para concluir que hay una falta de ajuste en el modelo lineal-cuadrático; sin embargo, la evidencia también indica que un modelo lineal ajustaría mejor. El menor CV se reportó en NIT con 0,77% y altos R^2 y R^2 Múltiple con 0,996 y 0,992, respectivamente (Figura 2). Para EXE y MET los CV fueron bastante bajos muy similares con 1,27% y 1,26%, respectivamente, mientras que sus R^2 y R^2 Múltiple fueron considerablemente altos con 0,980 y 0,998; así como 0,960 y 0,996, respectivamente (Figura 2). El CV, R^2 y R^2 Múltiple son, también, utilizados como indicadores, adicionales, de la bondad de ajuste de los modelos polinomiales lineal-cuadráticos con interacciones de acuerdo con Draper y Smith (1981).

Los efectos individuales de CE fueron significativos ($P < 0,05$) y tendentes a la significancia ($P < 0,10$) en MET y NIT, respectivamente, pero no en EXE (Cuadro 4). Sin embargo, CC fue el efecto de mayor significancia ($P < 0,01$) en EXE, MET y NIT a diferencia de CA que no mostró efecto alguno ($P > 0,05$) en estas tres variables dependientes. Por lo tanto, en la producción y emisión de estas tres variables contaminantes del ambiente, el consumo de concentrado tiene mucha influencia.

Las funciones de predicción para EXE, MET y NIT en el escenario de ENE-ABR resultaron ser las siguientes:

$$\begin{aligned} \hat{Y}_{EXE} &= 316,19672^{***} - 1,13624CE^{ns} - 9,82192CC^{***} - 7,60124CA^{ns} + 0,037876CE^2{}^{ns} + 0,06375CCxCE^{ns} + \\ & 0,03925CC^2{}^{ns} - 0,15500CAxCE^{ns} - 0,23750CAxCC^{ns} + 2,25783CA^2{}^{ns} \\ \hat{Y}_{MET} &= 11,29860^{***} - 0,06924CE^{ns} + 1,72623CC^{***} - 1,32395CA^{ns} - 4,38x10^{-5}CE^2{}^{ns} - 0,02025CCxCE^{*} + \\ & 0,05639CC^2{}^{***} + 0,07700CAxCE^{**} + 0,20500CAxCC^{*} - 0,12519CA^2 \\ \hat{Y}_{NIT} &= 8,34627^{***} - 0,02981CE^{ns} + 0,56385CC^{***} - 0,43523CA^{ns} - 4,18x10^{-5}CE^2{}^{ns} - 0,00425CCxCE^{ns} + \\ & 0,00128C^2{}^{ns} + 0,01700CAxCE^{ns} + 0,04500CAxCC^{ns} + 0,00637CA^2{}^{ns} \end{aligned}$$

La gráfica entre los valores PREDICT (predichos) y los valores estimados por LIFE-SIM-BEEF para EXE muestran un punto “*outlier*” o fuera de los límites de confianza inferior



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). Para MET hay un dato “outlier” y otro moderadamente disperso, pero están en la línea del límite inferior de los límites de confianza. Similar distribución se observa en NIT.

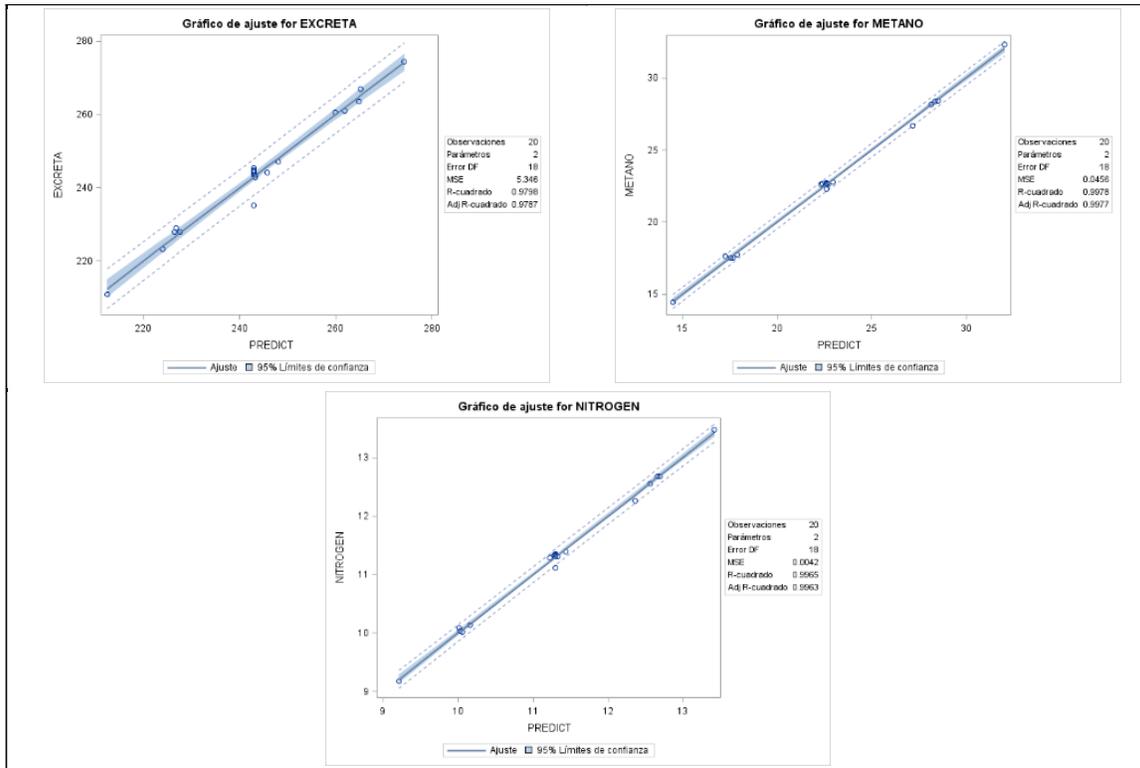


Figura 2. Ajuste del modelo para EXE, MET y NIT en el escenario ENE-ABR.

En el escenario ENE-ABR, disminuir el CC tuvo mayor efecto en disminuir la EXE y muy ligero efecto al aumentar CE con CA constante (Gráfica a) (Figura 3). Además, también se observó que al disminuir CE y aumentar CA, hay un cambio ligeramente curvilíneo en EXE (Gráfica b) cuando CC es constante, pero disminuir el CC aumentó la producción de EXE y muy ligeramente por efecto de aumentar la CA, cuando CE fue constante (Gráfica c). Por otra parte, aumentar CC aumentó la producción de MET y muy ligero efecto al disminuir el CE con CA constante (Gráfica d). Disminuir el CE y a CA tiene a disminuir marcadamente la producción de MET (Gráfica e) con CC constante. Disminuir el CC tiene mayor efecto en bajar la producción de MET que disminuir la CA a CE constante (Gráfica f). Tendencias de MET son muy similares a las tendencias de NIT. Aumentar CC incrementa los niveles de NIT y más marcadamente a niveles altos de CE, manteniendo



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

CA constante (Gráfica g). Cuando CE es alto y CA es baja se obtienen mayores producciones de NIT, con CC constante, pero disminuye a medida que disminuye CA (Gráfica h). Disminuir CC, también disminuye NIT, pero disminuir CA no parece tener efecto alguno (Gráfica i) con CE constante.

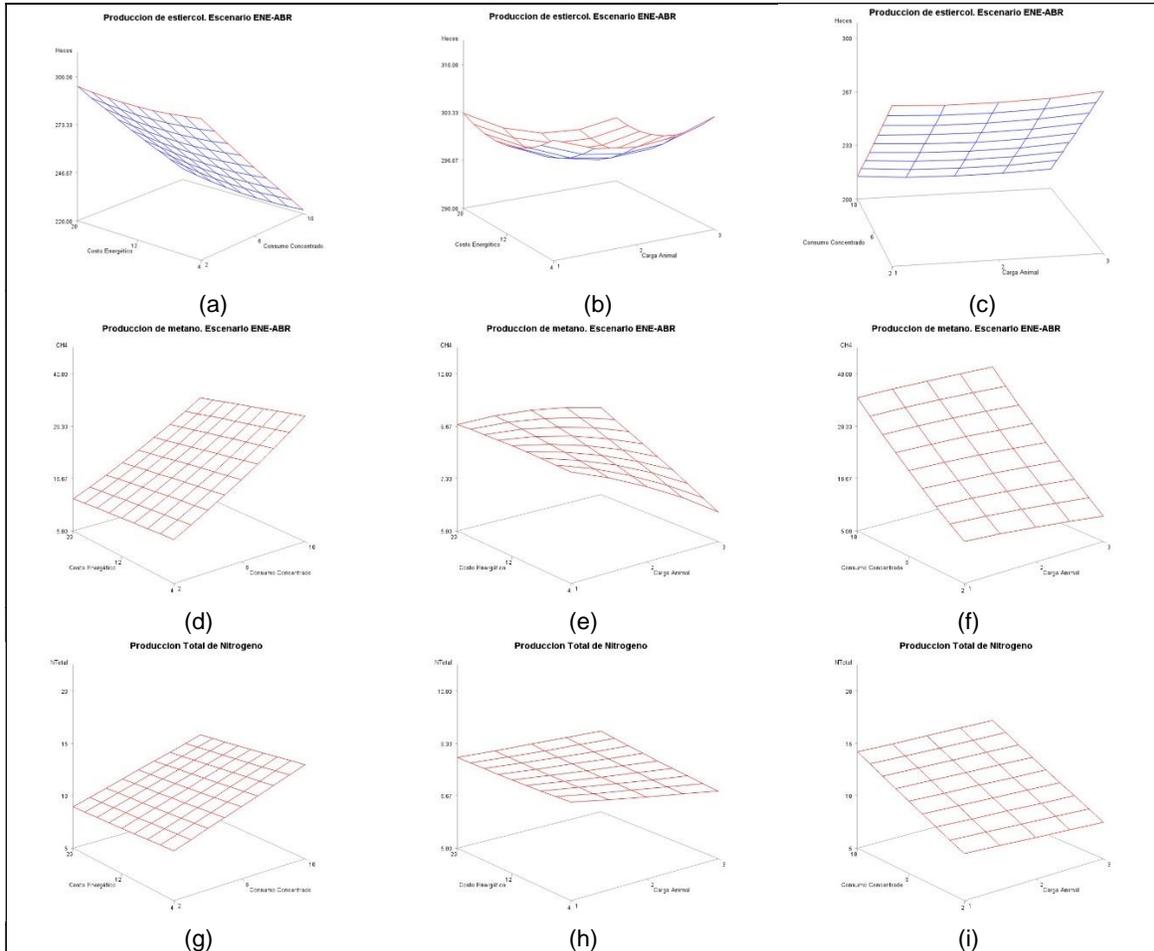


Figura 3. Respuestas predichas de la producción de excreta (EXE), producción de metano (MET) y producción de nitrógeno (NIT) de las interacciones CE*CC (a, d y g); CE*CA (b, e y h) y CC*CA (c, f e i) en el escenario ENE-ABR, respectivamente.

Escenario MAY-AGO: La falta de ajuste en EXE, MET y NIT fue altamente significativa ($P < 0,01$) en EXE y NIT y significativa ($P < 0,05$) en MET, por lo que indica que hay suficiente evidencia para concluir que hay una falta de ajuste en el modelo lineal-cuadrático. Por lo tanto, en la predicción hay una contribución significativa de error atribuida a la falta de ajuste del modelo. La respuesta fue lineal-cuadrática en MET por la alta



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

significancia de sus efectos lineales y cuadráticos (P<0,01) y una tendencia cuadrática (P<0,10) en EXE, no así en NIT, el cual es lineal (P<0,01) en el escenario MAY-AGO (Cuadro 5). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para EXE, MET y NIT en el escenario MAY-AGO.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		EXE	MET	NIT
Lineal	3	2106,4118***	107,2180***	3,0694***
Cuadrático	3	3,0921*	0,0841***	0,0003
Productos cruzados	3	0,1900	0,0011	0,0002
Total del Modelo	9	925,4535***	35,7678***	1,3233***
Falta de Ajuste	5	1,9016***	0,0127**	0,0013***
Error Puro	5	0,1777	0,0017	0,0001
Total del error	10	1,0396	0,0072	0,0007
CV, %		0,40	0,30	0,21
Factor:				
• CE	4	9,0940***	0,0405***	0,0075***
• CC	4	2073,0010***	80,4292***	2,9697***
• CA	4	0,4434	0,0051	0,0003

*P<0,10; **P<0,05; ***P<0,01

Los CV fueron muy bajos (0,21 a 0,40%) en las tres variables (Cuadro 6). Por otra parte, el efecto del factor CE y CC fueron altamente significativo (P<0,01) en las tres variables, pero el efecto de CA no afectó en la predicción a las tres características (P>0,05).

Las funciones de predicción para EXE, MET y NIT en el escenario MAY-AGO resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{EXE} = 324,2552^{***} - 0,4791CE^{ns} - 9,8984CC^{***} + 3,3354CA^{ns} - 0,0032CE^2{}^{ns} + 0,0200CCxCE^{ns} - 0,1975CC^2{}^{***} + 0,0500CAxCE^{ns} - 0,1250CAxCC^{ns} - 0,89301CA^2{}^{ns}$$

$$\hat{Y}_{MET} = 14,4982^{***} - 0,0301CE^{ns} + 2,0609CC^{***} + 0,2853CA^{ns} - 0,0004CE^2{}^{ns} + 0,0010CCxCE^{ns} + 0,0318CC^2{}^{***} + 0,0050CAxCE^{ns} - 0,0125CAxCC^{ns} - 0,0800CA^2{}^{ns}$$

$$\hat{Y}_{NIT} = 9,9259^{***} - 0,0157CE^{ns} + 0,4851CC^{***} + 0,0857CA^{ns} - 1,8x10^{-5}CE^2{}^{ns} + 0,0006CCxCE^{ns} - 0,0014CC^2{}^{ns} + 0,0015CAxCE^{ns} - 0,0038CAxCC^{ns} - 0,0231CA^2{}^{ns}$$

El ajuste de entre los valores predichos de EXE, MET y NIT y sus valores reales en el escenario MAY-AGO, se muestran en la 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/)

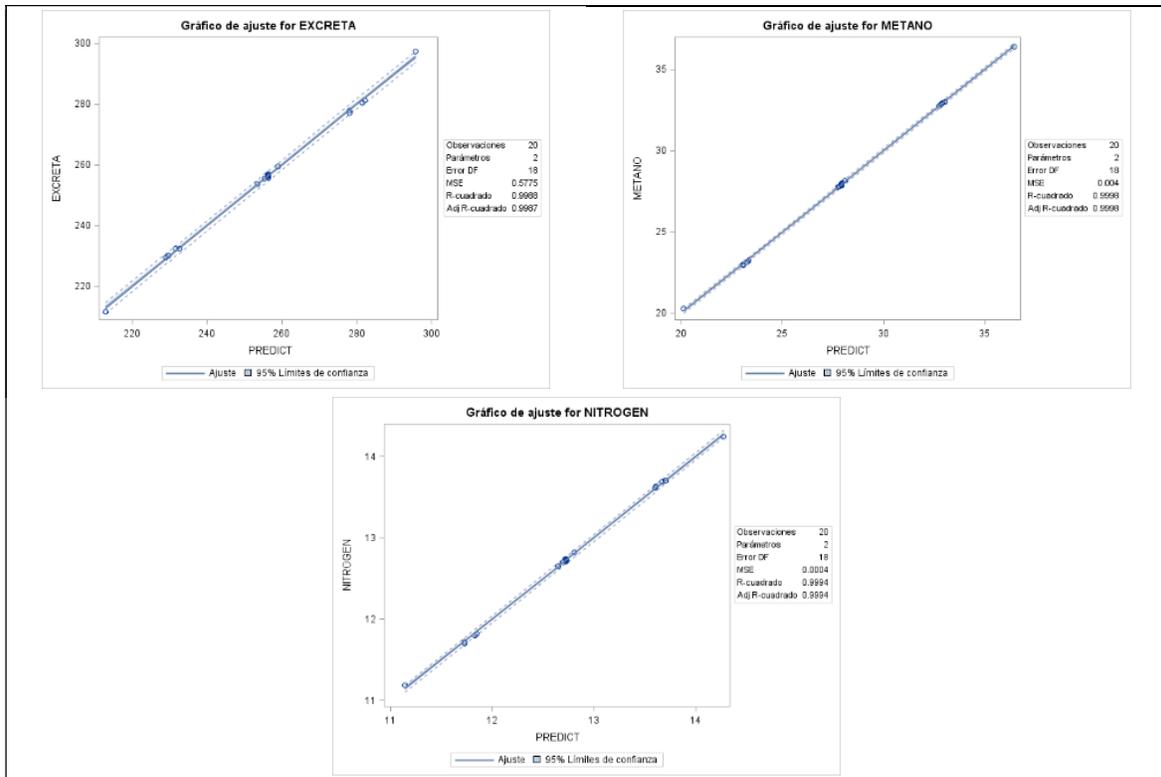


Figura 4. Ajuste del modelo para EXE, MET y NIT en el escenario MAY-AGO.

Los valores PREDICT (predichos) y los valores estimados por LIFE-SIM-BEEF para EXE (Figura 4) en donde se observa un punto “outlier” en la línea del límite de confianza superior, por lo que indicamos que el modelo lineal-cuadrático completo ajustó aceptablemente a los datos por sus valores de R^2 de 0,9988 y R^2 ajustado de 0,9987. Para MET, el modelo muestra valores de R^2 y R^2 ajustado de 0,9978 y 0,9977, respectivamente. Similar distribución se observa en NIT y los valores de R^2 y R^2 ajustado fueron 0,9965 y 0,9963, respectivamente.

En el escenario MAY-AGO, las mayores EXE se observaron a los altos niveles de CE y bajos niveles de CC con CA constante (Gráfica j) (Figura 5). Por otra parte, no mucho efecto se observa disminuyendo el CE y CA con CC constante (Gráfica k). Disminuir CC, tuvo mayores efectos que aumentar CA para aumentar EXE cuando CE estaba constante (Gráfica l). Con CA constante, aumentar el CC aumentó la MET a todos los niveles del CE (Gráfica m). En la Gráfica n, muestra que la producción de MET tiene una tendencia similar a la encontrada en la Gráfica k con CC constante; así aumentar CE o disminuir CA no tuvo mucho efecto 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/)

los niveles de MET (Gráfica n). Por otra parte, disminuir el CC disminuyó MET a todos los niveles de CA con CE constante (Gráfica o). En cuanto a NIT, la tendencia de la Gráfica p es similar a la Gráfica m con alta producción de NIT a altos niveles de CC a todos los niveles de CE con CA constante. Así, la tendencia de la gráfica q es similar a la de la Gráfica n con producciones de NIT similares a todos los niveles de CE y CA con CC constante. La tendencia de la Gráfica r es parecida con la gráfica o con mayores niveles de NIT a altos niveles de CC y a todos los niveles de CA con CE constante (Figura 5).

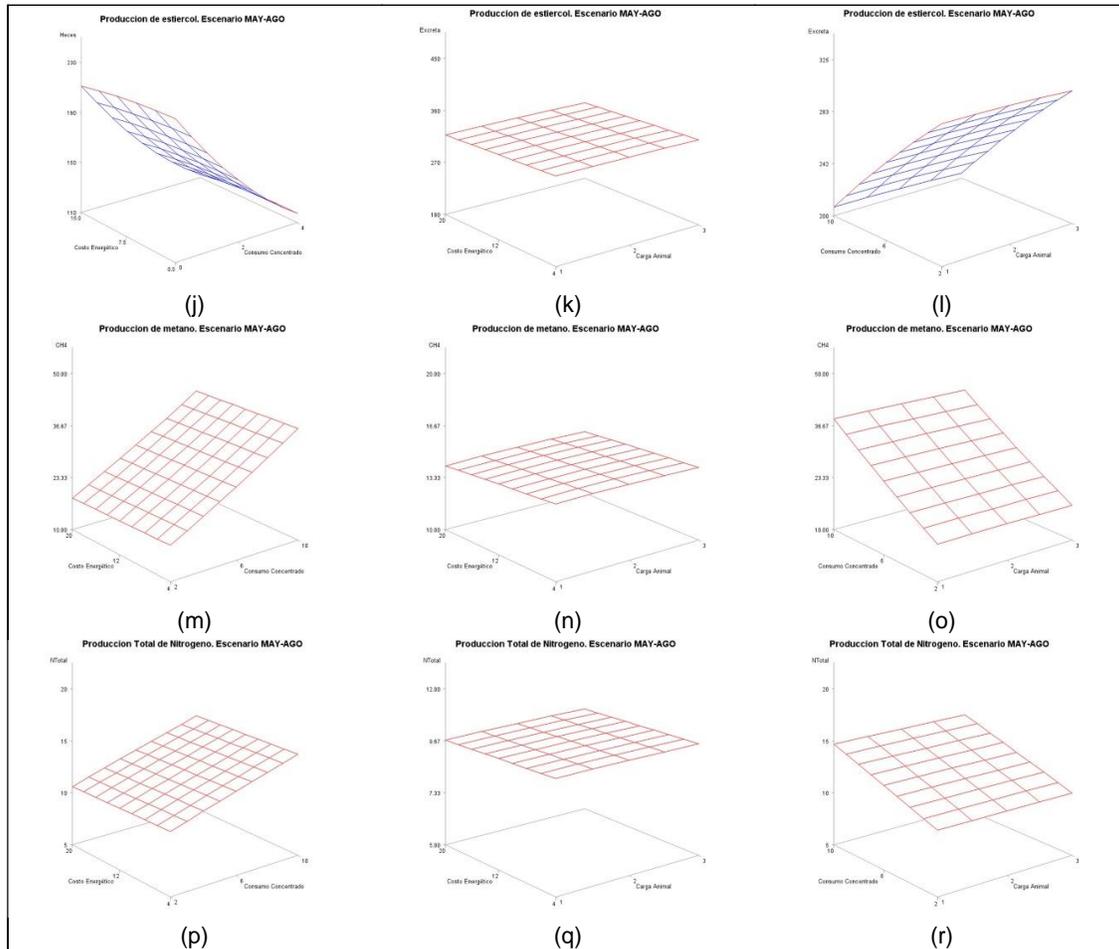


Figura 5. Respuestas predichas de la producción de excreta (EXE), producción de metano (MET) y producción de nitrógeno (NIT) de las interacciones CE*CC (j, m y p); CE*CA (k, n y q) y CC*CA (l, o y r) en el escenario MAY-AGO, respectivamente.

Escenario SEP-DIC: La falta de ajuste en EXE, MET y NIT fue altamente significativa ($P < 0,01$) en EXE y NIT y significativa ($P < 0,05$) en MET, por lo que indica que hay suficiente



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

evidencia para concluir que hay una falta de ajuste en el modelo lineal-cuadrático. Por lo tanto, en la predicción hay una contribución significativa en su error atribuida a la falta de ajuste del modelo. La respuesta fue lineal-cuadrática en MET por la alta significancia de sus efectos lineales y cuadráticos ($P < 0,01$) y una tendencia cuadrática ($P < 0,10$) en EXE, no así en NIT, el cual es lineal ($P < 0,01$) en el escenario MAY-AGO (Cuadro 6). No se reportaron efectos significativos en las interacciones o productos.

Cuadro 6. Cuadrados medios del análisis de superficie de respuesta para EXE, MET y NIT en el escenario SEP-DIC.

FV	gl	CUADRADOS MEDIOS		
		EXE	MET	NIT
Lineal	3	2329,2409***	90,6742***	3,0455***
Cuadrático	3	16,5062*	0,0190	0,0139
Productos cruzados	3	2,4900	0,0189	0,0019
Total del Modelo	9	782,7457***	30,2374***	1,0204***
Falta de Ajuste	5	9,1206*	0,0295	0,0601***
Error Puro	5	2,0990	0,0227	0,0017
Total del error	10	5,6098	0,0261	0,0308
CV, %		0.94	0,55	1,41
Factor:				
• CE	4	5,6561	0,0259	0,0068
• CC	4	1755,7398***	68,0065***	2,2892***
• CA	4	1,1365	0,0146	0,0015

* $P < 0,10$; ** $P < 0,05$; *** $P < 0,01$

Los CV fueron muy bajos (0,21 a 0,40%) y, por otra parte, el efecto del factor CE y CC fueron altamente significativo ($P < 0,01$) en las tres variables (Cuadro 6), pero el efecto de CA no afectó en la predicción a las tres características ($P > 0,05$).

Las funciones de predicción para EXE, MET y NIT en el escenario SEP-DIC resultaron ser las siguientes:

$$\hat{Y}_{EXE} = 325,2486^{***} - 1,0709CE^{ns} - 7,2872CC^{**} - 8,8015CA^{ns} - 0,0010CE^2^{ns} + 0,0725CCxCE^{ns} - 0,4491CC^2^{***} + 0,2200CAxCE^{ns} + 0,3250CAxCC^{ns} + 1,1045CA^2^{ns}$$

$$\hat{Y}_{MET} = 17,6579^{***} - 0,0986CE^{ns} + 2,2374CC^{***} - 1,0953CA^{ns} + 0,0005CE^2^{ns} + 0,0055CCxCE^{ns} - 0,0104CC^2^{ns} + 0,0220CAxCE^{ns} + 0,0325CAxCC^{ns} + 0,1662CA^2^{ns}$$

$$\hat{Y}_{NIT} = 10,4283^{***} - 0,0097CE^{ns} + 0,2437CC^{ns} + 0,1158CA^{ns} - 0,0010CE^2^{ns} + 0,0020CCxCE^{ns} + 0,0104CC^2^{ns} + 0,0060CAxCE^{ns} + 0,0100CAxCC^{ns} - 0,0599CA^2^{ns}$$



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 gráficas de ajuste de entre los valores predichos de EXE, MET y NIT y sus valores reales en el escenario SEP-DIC (Figura 6).

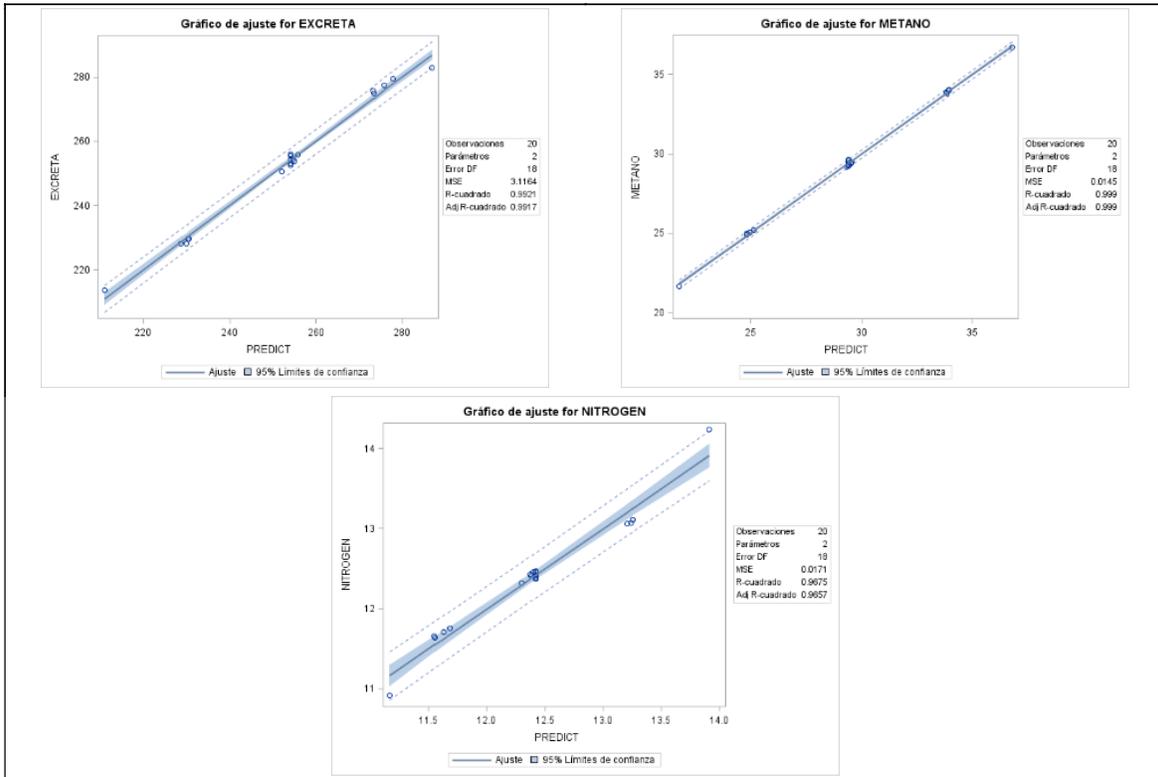


Figura 6. Distribución de los residuales versus valores PREDICT y ajuste del modelo para EXE, MET y NIT en el escenario SEP-DIC.

En las tres gráficas de la Figura 6 no se observan “outliers”. Los R^2 y R^2 ajustados para ECE, MET y NIT fueron 0,992 y 0,991; 0,999, 0,999 y 0,968 y 0,966, respectivamente.

Con CA constante, disminuir el CC disminuye EXE con todos los niveles de CE con CA constante (Gráficas). Disminuir CE y CA con CC constante se observa una tendencia ligeramente curvilínea aumentándose EXE muy ligeramente en los extremos (Gráfica t). Disminuir CC a todos los niveles de CA, la EXE tiende a aumentar con CE constante (Gráfica u).



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

Con CA contante, mayores valores de MET se observan al aumentar CC a todos los niveles de CE (Gráfica v). Cambios en los niveles de CE y CA con CC constante no produce cambios marcados en la MET (Gráfica w). Disminuciones en MET se encontraron al disminuir los niveles de CC a todos los niveles de CA con CE constante (Gráfica x). Aumentar CC aumenta NIT en todos los niveles de CE con CA constante (Gráfica y). Tampoco se observa aumentos marcados al disminuir el CE y aumentar la CA con CC constante (Gráfica z). Aumentar los niveles de CC aumenta el NIT en todos los niveles de CA con CE constante (Gráfica α) (Figura 7). Finalmente y resumiendo, se observa que las tendencias de MET son similares en las gráficas d, e, f ; m, n, o y v, w, x; así como las tendencias de las gráficas g, h, i; p, q, r y y, z, α con respecto a NIT.

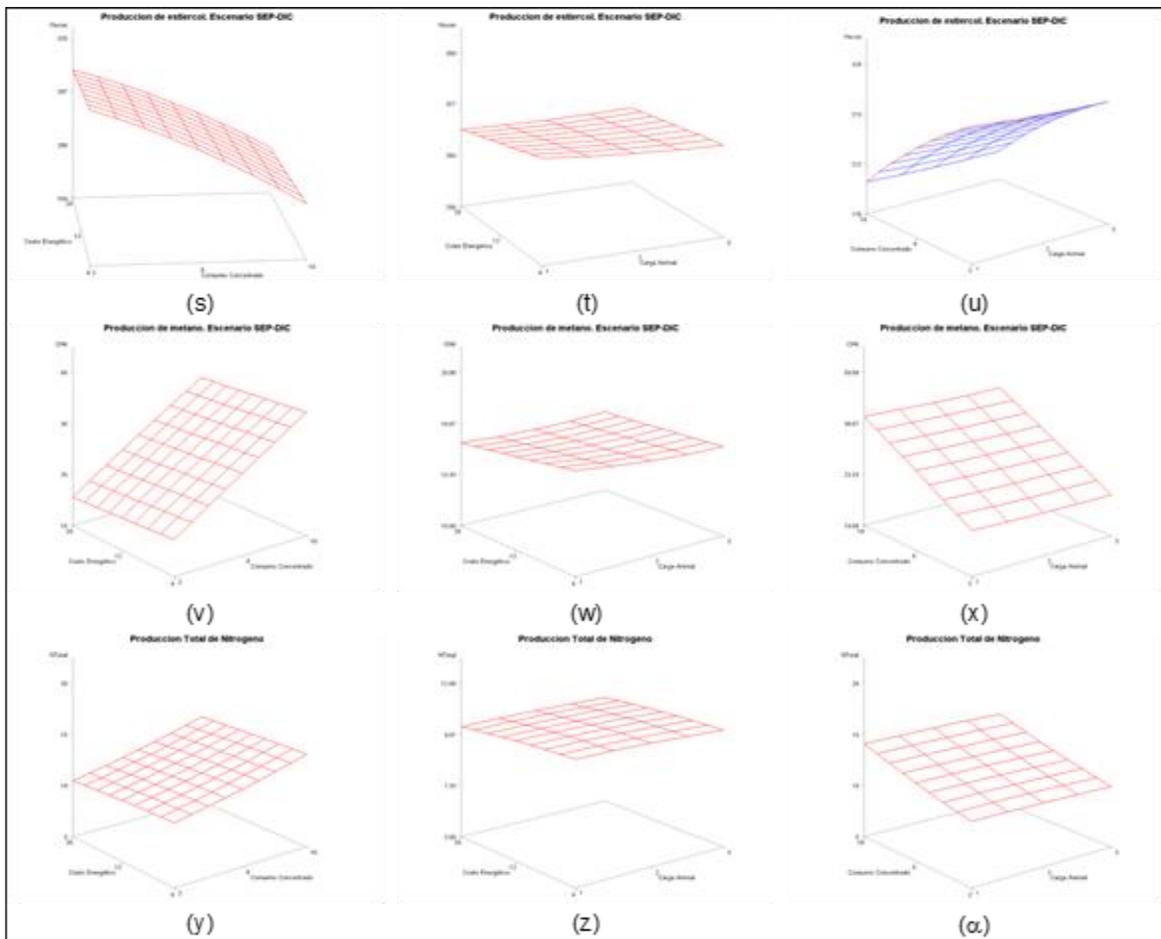


Figura 7. Respuestas predichas de la producción de excreta (EXE), producción de metano (MET) y producción de nitrógeno (NIT) de las interacciones CE*CC (s, v e y); CE*CA (t, w y z) y CC*CA (u, x y α) en el escenario SEP-DIC, respectivamente.



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

Combinaciones de 10% de CE, 9,36 kg concentrado/animal/día de CC y CA de 2,0 UA/ha produjeron más MET y NIT en ENE-ABR con 32,50 kg y 13,48 kg, respectivamente, y en SEP-DIC fue 36,71 kg y 14,24, respectivamente. Sin embargo, para estos escenarios la máxima producción de EXE (274,5 y 282,9 kg, respectivamente) se obtuvo con la combinación de 10% de CE, 2,64 kg concentrado/animal/día y 2,0 UA/h.

Por otra parte, la combinación de 10% de CE, 9,36 kg concentrado/animal/día y CA de 2,0 UA/ha se obtuvo mayor producción de EXE (297,4 kg), EXE (36,37 kg) y NIT (14,25 kg) en el escenario de MAY-AGO.

En vacas lecheras producciones diarias de metano de hasta 400 g/día cuando se alcanzó el pico de lactación, manteniéndose así hasta el final de ésta (De Hass et al., 2011). Yan et al. (2010) indican que la producción de metano depende de la calidad de la dieta, de tal manera que alimentar con dietas altas en concentraciones de energía metabolizable se considera un método eficaz para reducir las emisiones de metano entérico de las vacas lecheras, con sistemas de producción normales. Berndt y Tomkins (2013) reportan medias diarias (\pm EE) de emisiones de CH₄ en un rango que va de 136 \pm 21,5 g/animal/día para novillos Brahman pastoreando pasto Rhodes irrigado hasta 281 \pm 22,3 g/animal/día para vacas Brahman pastoreando mezclas de Buffel (*Cenchrus ciliaris*) y Sabi (*Urochloa mosambicensis*). Canesin et al. (2014) evaluaron la producción de CH₄ con diferentes frecuencias de suplementación mientras pastoreaban *Brachiaria brizantha* cv. Marandú en Joboticabal, SP, Brasil y observaron diferencias en la producción entérica de metano en diferentes meses, con 176,8 g/día y 84,5 g/día de CH₄/kg consumido de energía bruta en septiembre y 311,0 g/día y 123,4 g/día de CH₄/kg consumido de energía bruta en noviembre. Además, suplementar en días alternados se produjo 252,5 g/día, 253,3 g/día suplementar diariamente excepto sábados y domingos y 226,0 g/d una vez al día. Primavesi et al. (2004) también obtuvieron resultados similares de producción de metano en novillas lecheras cruzadas brasileñas pastoreando pastos *Brachiaria* spp., sin fertilizantes de 181 g/día y 295 g/día en vacas secas pastoreando en pasto Tobiatã fertilizada en el verano. Las más bajas emisiones han sido asociadas con novillos jóvenes pastoreando pasturas mejoradas fertilizadas con urea e irrigadas y manejadas intensivamente (Tomkins et al., 2011). De acuerdo con Johnson y Johnson (1995), cuando carbohidratos altamente disponibles son suplidos a consumos



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

limitados, ocurren altas pérdidas de metano fraccional, en contraste con altos niveles de consumo de dietas altamente digestibles, bajas pérdidas de metano fraccional ocurren. Además, agregan que la suplementación de forraje de baja calidad incrementará las pérdidas de CH₄ proporcionalmente al mejoramiento en la digestibilidad y que las pérdidas totales de CH₄ por unidad de producto (mantenimiento, lactación o desarrollo) decrecería con la suplementación proteica.

Nuestros resultados no llegaron a alcanzar los niveles de producción diaria de metano de De Hass et al. (2011) en los tres escenarios de ceba, pero si hay que indicar que el ganado lechero es mucho más exigente en sus nutrimentos diarios que el ganado de carne. Johnson y Johnson (1995) indican que la producción de metano se incrementa con la digestión de la fibra, debido al aumento en la cantidad de ácido acético en relación con el ácido propiónico, así que los forrajes más digestibles y fibras de calidad generan mayor cantidad de metano. Se pudiera inducir que con la *Brachiaria humidicola*, un forraje de mediana a baja calidad dependiendo del manejo y de la época del año, junto con la pica de arroz pudieran contribuir al aumento en la producción de metano cuando se aumentó su oferta en base fresca en ambos niveles de costo energético. Por otra parte, el aumento en el ofrecimiento de almidón a través de la pulidura de arroz, harina de soya y maíz no tuvo el suficiente beneficio en disminuir la producción de metano por su fermentación y su efecto en el cambio del pH ruminal y no propició un estímulo en las bacterias amilolíticas de acuerdo con lo propuesto por Van Kessel y Russell, (1996). Además, por diferencias entre componentes de carbohidratos no fibrosos, la inclusión de pectinas es capaz de generar cantidades de ácido acético (Mauronek et al., 1985) y por consiguiente aumento en la producción de metano, mientras que los azúcares solubles, como los presentes en la melaza, generan butirato (Schultz et al., 2013) con menor generación de metano.

Las relaciones descritas por Charmly et al. (2008) y Kennedy and Charmly (2012) para pasturas, forrajes y leguminosas tropicales indican que producciones de CH₄ podrían ser predichas como 19,6 g/kg MS consumida, o 8,6% a 13,4% de la energía digestible consumida, y 5,2% a 7,2% de la energía bruta consumida. Por otra parte, los valores defectos (default values) provistos por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2001,



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

2006) para América Latina son 63 kg CH₄/cabeza por año para vacas lecheras y 56 kg CH₄/cabeza por año para los otros tipos de ganado. En la revisión de Berndt y Tomkins (2013) se encontraron que con la alimentación a base de ensilado más granos el factor de emisión de CH₄ fue 50,7±4,5 kg/cabeza/año, con Caña de Azúcar más granos de 49,2±8,5 kg/cabeza/año (Pedreira et al., 2009), con heno de *Brachiaria* más ionóforos de 26,2±6,6 kg/cabeza/año (Balieiro Neto et al., 2009), y pasto más mineral más suplementos energéticos y proteicos de 41,9±1,0 kg/cabeza/año (Fontes et al., 2011).

Las intensidades de emisiones de CH₄ del ganado pastando extensivamente pasturas tropicales son reconocidas ser más altas que las emisiones características del ganado pastando pasturas templadas o mejoradas (Berndt y Tomkins, 2013). La digestibilidad del forraje influye en la emisión de metano. De acuerdo con Hegarty (1999a, b) y Hegarty et al. (2007) mejorar la calidad del forraje en animales en pastoreo es la manera práctica de reducir las emisiones de metano por unidad de producto generado. La digestibilidad de la *Brachiaria humidicola* está entre 43,6% en marzo y 57,4% en septiembre (Cuadro 2), por lo que pudo ser un factor en aumentar la emisión de metano en los tres escenarios de ceba y los dos niveles de costo energético. Sin embargo, Wittenberg (2008) señala que incrementar la digestibilidad de un forraje se mejora su consumo y esto generalmente se asocia al aumento en CH₄ por animal, pero menor producción por kg de alimento consumido. Sejian et al. (2011) sostienen que la reducción en la emisión de metano se podría realizar mediante el mejoramiento genético de los forrajes u optimizando la dieta forrajera con suplementos tipos concentrados.

El estiércol bovino es el mayor desecho producido en los agroecosistemas y sostiene que un uso inapropiado puede crear problemas tales como olor, producción de nitratos y otros elementos contaminantes dependiendo del tipo de dieta y aditivos, de acuerdo con Rodríguez (2002) y de Wit et al. (1997). Además, indica que se acepta de forma general una producción media diaria de deyecciones sólidas y líquidas, equivalente al 7% del peso vivo del animal, también sometida a numerosos factores que inciden en una alteración del valor citado. Rodríguez (2002) agrega que la vaca cárnica y la lechera pueden producir, en base fresca, 28 y 45 kg/día de heces más orina, respectivamente. De acuerdo con Vera-Romero et al. (2014) la producción de excretas bovinas de acuerdo con



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 tamaño va de 15, 10, 8 y 4 kg/día en base fresca para el ganado grande, mediano, pequeño y ternero, respectivamente. Por otra parte, Nennich et al. (2003) reportan que la producción de estiércol fresco en el bovino es de 22 kg/día en el bovino de engorda y 68 kg/día en la vaca lactante. Estos valores reportados en la literatura indican mucha variación dependiendo de factores como el tipo de alimentación, contenido bromatológico de la ración, época del año, entre otros.

CONCLUSIONES

- De nueve análisis corridos, cinco ajustaron al modelo lineal, uno al modelo cuadrático y tres al modelo lineal-cuadrático y mostraron una tendencia significativa.
- El factor consumo de concentrado (CC) fue de más alta significancia ($P < 0,01$) en todas las variables de respuesta y en los tres escenarios estudiados.
- En los tres escenarios se observó que:
 - EXE disminuye cuando aumenta el CC.
 - MET y NIT aumenta cuando CC.
 - CE y CA tuvieron muy pocos efectos en la producción de EXE, MET y NIT en los tres escenarios.

REFERENCIAS

Aguilar-Zalzano, E., y Rojas-Bourrillon, A. (2014). Métodos utilizados para reducir la producción de metano endógeno en rumiantes. Revisión de literatura. *Nutrición Animal Tropical*, 8(2), 72-90.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/nutrianimal/article/view/17582/17082>

Baliero Neto, G., Berndt, A., Nogueira, J. R., Demarchi, J. J. A., and Nogueira Filho, J.C.M. (2009). Monensin and protein supplements on methane production and rumen protozoa in bovine fed low quality forage. *South African Journal of Animal Science*, (Supplement) 39, 280-283. <https://doi.org/10.4314/sajas.v39i1.61240>



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

- Berndt, A., and Tomkin, N.W. (2013). Measurement and mitigation of methane emissions from breed cattle in tropical grazing systems: a perspective from Australia and Brazil. *Animal*, 7(2), 363-372. <https://doi.org/10.1017/s1751731113000670>
- Canesin, R. C., Berchielli, T. T., Messana, J. D., Baldi, F., Pires, A. V., Frighetto, R. T. S., Fiorentini, G., and Reis, R. A. (2014). Effects of supplementation frequency on the ruminal fermentation and enteric methane production of beef cattle grazing in tropical pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(11), 590-600. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/DY7F7z4nMSnvXq8hc75dqGq/?lang=en>
- Cambra López, M., García Rebollar, P., Estellés, F. y Torres, A. 2008. Estimación de las emisiones de los rumiantes en España: El factor de conversión de metano. *Archivo de Zootecnia*, 57, 89-101. https://www.researchgate.net/publication/284758056_Estimacion_de_las_emisiones_de_los_rumiantes_en_Espana_El_factor_de_conversion_de_metano
- León-Velarde, C., Quiróz, R. A., Caña, R., Osorio, J., Guerrero, J., and Pezo, D. 2006. *Life-Sim: Livestock feeding strategies simulations models*. International Potato Center (CIP). Natural Resources Management Division. Lima, Peru. 47p. [Archivo PDF]. <https://www.researchgate.net/publication/290799540>
- Charmly, D., Stephens, M. L., and Kennedy, P. M. (2008). Predicting livestock productivity and methane emissions in northern Australia: development of a bio-economic modelling approach. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 48(2), 109-113. <https://doi.org/10.1071/EA07264>
- de Hass, Y., Windig, J., Calus, M., Dijkstra, J., De Haan., M., Bannik, A., and Veerkamp, R. (2011). Genetic parameters for predicted methane production and potential for reducing enteric emission through genomic selection. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 6122-6134. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4439>



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 Wit, J., van de Meer, H. G., and Nell, A. J. (1997). Animal manure: ¿asset or liability? *Revista Mundial de Zootecnia (FAO)*, No. 88.
<https://www.fao.org/4/w5256t/w5256t05.htm>

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.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/01-costo_energetico_de_actividad_en_pastoreo_efecto.pdf

Draper, N. R., and Smith, H. (1981). *Applied regression analysis*. 2nd Edition. John Willey and Sons. New York, USA. 709p.
https://books.google.com.pa/books/about/Applied_Regression_Analysis.html?id=6NsDwAAQBAJ&redir_esc=y

Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. (IMHPA). (1 de junio de 2018). *Hidrometeorología. Clima. Datos Climáticos Históricos*. Instituto de Meteorología e Hidrología de Panamá. Panamá, Panamá. <https://www.imhpa.gob.pa/es/clima-historicos>

Fontes, C. A. A., Costa, V. A. C., Berndt, A., Frighetto, R. T. S., Valente, T. N. P., y Processi, E. F. (18-21 de julio de 2011). *Emissão de metano por bovinos de corte, suplementados ou não, em pastagem de campin mombaça (Panicum maximum cv. Mombaça)* [Conferencia]. Proceedings of the 48th Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Sociedade Brasileira de Zootecnia, Belém, Brazil.
<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/40196/1/PROCI-2011.000083.pdf>

Guerra M, P., Quiel B, R. A., Rodríguez, G., y De Gracia, M. M. (2002). Evaluación bioeconómica de cuatro sistemas de ceba en pastoreo, suplementación energética proteica y estimuladores del consumo y crecimiento. 1999. *Ciencia Agropecuaria*,



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

12, 191-222. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/348>

Guerra M., P., Ono, T., Chacón P, O., Quiel B, R. A., De Gracia V, M. M., González M, R. A., y Bernal R., J. L. (2012). *Características cárnicas y de la canal de animales Brahman, Criollos y cruzados de acuerdo con el sistema de alimentación*. Boletín Técnico. IDIAP.CIA Chiriquí, Panamá.

<http://www.idiap.gob.pa/download/caracteristicas-carnicas-y-de-la-canal-de-animales-brahman-criollos-y-cruzados-de-acuerdo-al-sistema-de-alimentacion/>

Hobson, P., and Stewart, C. (Editors). (1997). *The rumen microbial ecosystem*. 2nd Edition. Blackie Academic and professional. An Imprint of Chapman and Hull. London, UK.

<https://www.amazon.com/Rumen-Microbial-Ecosystem-P-N-Hobson/dp/0751403660>

Howden, S., and Reyenga, P. (1999). Methane emissions from Australian livestock: implications the Kyoto protocol. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(8), 1285-1292. <https://doi.org/10.1071/AR99002>

Hungate, R. E., Smith, W., Bauchop, T., Yu, I., and Rabinowitz, J. C. (1970). Format as an intermediate in the bovine rumen fermentation. *Journal of Bacteriology*, 102(2), 389-397. <https://doi.org/10.1128/jb.102.2.389-397.1970>

Hegarty, R. S. (1999a). Mechanisms for competitively reducing ruminal methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(8), 1299-1306.

<https://doi.org/10.1071/AR99007>

Hegarty, R. S. (1999b). Reducing rumen methane emissions through elimination of rumen protozoa. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(8), 1321-1328.

<https://doi.org/10.1071/AR99008>



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

Hegarty, R. S., Goopy, J. P., Herd, R. M., and McCorkell, B. (2007). Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal of Animal Science*, 85, 1479-1486. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-236>

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). *Climate change 2001. The scientific basis*. In: J.T. Houghton *et al.* (Eds). IPCC. Cambridge University Press. Ginebra, Switzerland.
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). *Guidelines for national greenhouse gas inventories. Vol. 4. Agriculture, forestry and other land use*. IPCC. Hayama, Japan. [Archivo PDF]. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/>

Johnson, K., and Johnson, D. (1995). Methane emission from cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 2483-2492. <https://doi.org/10.2527/1995.7382483x>

Kennedy, P. M., y Charmley, E. (2012). Methane yields from Brahman cattle fed tropical grasses and legumes. *Animal Production Science*, 52(4), 225-239.
<https://doi.org/10.1071/AN11103>

Khalil, M. (2000). *Atmospheric methane: An introduction*. In: M. Khalil, Editor. Atmospheric methane, its role in the global environment. Springer-Verlag. Berlin, Germany. p. 1-8.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-04145-1>

Mader, T., Davis, S., Gaughan, J., and Brown-Brandl, T. (2005). *Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index*. [Conference] In: Proceeding of the 16th Conference on Biometeorology and Aerobiology. Meeting Abstract 6B.3. Vancouver, British Columbia, Canada.
https://www.academia.edu/89662618/Wind_speed_and_solar_radiation_adjustments_for_the_temperature_humidity_index



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

Mauronek, M., Bartos, S., and Brezina, P. (1985). Factors influencing the production of volatile fatty acids from hemicellulose, pectins and starch by mixed cultures of microorganisms. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 53, 50-58.

<https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.1985.tb00006.x>

Monteny, G. J., Groenestein, C. M., and Hillshorts, R. B. (2001). Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrition Cycling Agroecosystem*, 60, 123-132. <https://doi.org/10.1023/A:1012602911339>

Myers, R. H. (1976). Response surface methodology. Virginia Polytechnic Institute and State University. USA. <https://www.amazon.com/Response-surface-methodology-Raymond-Myers/dp/B0007AN604>

National Oceanic and Atmospheric Administration. (1976). *Livestock Hot Weather Stress*. Operations Manual Letter C-31-76, Department of Commerce, NOAA, National Weather Service Central Region, Kansas City.

National Research Council. (2000). *Nutrient requirements of beef Cattle*. NRC 7th Edition. NRC. National Academy Press. Washington, DC. USA.

<https://nap.nationalacademies.org/catalog/9791/nutrient-requirements-of-beef-cattle-seventh-revised-edition-update-2000>

Nennich, T., Harrison, J. H., Meyer, D., Weiss, W. P., Heinrichs, A. J., Kincaid, R. L., Powers, W. J., Koelsch, R. K., and Wright, P. E. (12 – 15 October 2003). *Development of standard methods to estimate manure production and nutrient characteristics from dairy cattle* [Conference presentation abstract]. Ed. R. T. Burns. Symposium. Ninth International Animal, Agricultural and Food Processing Wastes Proceedings. American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE) Publication Number 701P1203. Pp 263-268. Research Triangle Park. North Carolina, USA. Digital Communications. University of Nebraska-Lincoln. Conference with White Papers: Biological System Engineering.

<https://digitalcommons.unl.edu/biosysengpres/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/)

- Pedreira, M. S., Primavesi, O., Lima, M. A., Frighetto, R. T. S., Oliveira, S. G., and Berchielli, T. T. (2009). Ruminal methane emission by dairy cattle in southeast Brazil. *Scientia Agricola*, 66(6), 742-750. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162009000600004>
- Pinos Rodríguez, J. M., García López, J. C., Peña Avelino, L. Y., Rendón Herrera, J. A., González González, C., y Tristán Patiño, F. (2012). Impactos y regulaciones ambientales del estiércol generado por los sistemas ganaderos de algunos países de América. *Agrociencia*, 46(4), 359-370. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952012000400004
- Pinzón, B., y Montenegro, R. (2002). Potencial de producción de carne en pasturas de *Brachiaria* solas y asociadas con la leguminosa *Arachis pintoi*. 1994-1996. *Ciencia Agropecuaria*, 11, 129-157. www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/378
- Primavesi, O., Frighetto, R. T., Pedreira, M. S., Lima, M. A., Berchielli, T. T., y Barbosa, P. F. (2004). Metano entérico de bovinos leiteiros em condições tropicais brasileiras. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 39(3), 277-283. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2004000300011>
- Rodríguez, C. (2002). *Residuos ganaderos*. En. Curso de Introducción a la Producción Animal. FAV, UNRC. Sitio Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina. https://www.produccion-animal.com.ar/sustentabilidad/05-residuos_ganaderos.pdf
- Rubio-Aguirre, F. A., Echavarrí-Cháirez, F. G., y Castañeda-Orozco, A. (2012). *Uso de zeolita para captura de nitrógeno en estiércol bovino*. Desplegable Informativa No. 23. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional del Norte-Centro. Centro Experimental Zacatecas. México. [Archivo 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/)

<http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/usoZeolita.pdf>

Sejian, V., Lai, R., Lakritz, J., and Ezeji, T. (2011). Measurement and prediction of methane enteric emissions. *International Journal of Meteorology*, 55, 1-16.

<https://doi.org/10.1007/s00484-010-0356-7>

Shultz, E., Carnevali, A. A., Chicco, C. E., y Shultz, T. A. (2013). *Suplementación con urea-melaza y pulidura de arroz en bovinos alimentados con pastos de pobre calidad*. En: Sitio Argentino de Producción Animal. Buenos Aires, Argentina.

<https://www.produccion->

[animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/94-Suplementacion_con_urea.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion_proteica_y_con_nitrogeno_no_proteico/94-Suplementacion_con_urea.pdf)

Tomkins, N. W., McGinn, S. M., Turner, D. A., and Chamley, E. (2011). Comparison of open-circuit respiration chambers with a micrometeorological method for determining methane emissions from beef cattle grazing a tropical pasture. *Animal Feed Science and Technology*, 166, 240-247.

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.014>

Van Kessel, J. A., and Russell, J. B. (1996). The effect of pH on ruminal methanogenesis. *FEMS Microbiology Ecology*, 20(4), 205-210. [https://doi.org/10.1111/j.1574-](https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1996.tb00319.x)

[6941.1996.tb00319.x](https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.1996.tb00319.x)

Vargas, J., Cárdenas, E., Pabón, M., y Carulla, J. (2012). Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo. *Archivos de Zootecnia*, 61, 51-66.

<https://www.redalyc.org/pdf/495/49558825005.pdf>

Vera-Romero, I., Estrada-Jaramillo, M., Martínez-Reyes, J., y Ortiz-Soriano, A. (2014). Potencial de generación de biogás y energía eléctrica Parte I: excretas de ganado bovino y porcino. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(3), 429-436.

[https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70352-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70352-X)



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

Weiss, W. P., and St-Pierre, N. (2011). Estrategias de alimentación para disminuir la producción de estiércol de vacas lecheras. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Agroindustria. Rumiantes.

https://produccionanimal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/produccion_bovina_leche/191-reduccion_estiercol_32.pdf

Wittenberg, K. M. (2008). Enteric methane emissions and mitigation opportunities for Canadian cattle production systems [Archivo PDF]. University of Manitoba. Winnipeg, Manitoba. CAN.

https://www.researchgate.net/profile/Karin-Wittenberg/publication/237438998_Enteric_methane_emissions_and_mitigation_opportunities_for_Canadian_cattle_production_systems/links/5630c48e08aef3349c29f524/Enteric-methane-emissions-and-mitigation-opportunities-for-Canadian-cattle-production-systems.pdf

Yan, T., Mayne, C., Gordon, F., Porter, M., Agnew, R., Patterson, D., Ferris, C., and Kilpatrick, C. (2010). Mitigation of enteric methane emissions through improving efficiency of energy utilization and productivity in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 93(6), 2630-2638. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2929>



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

HELICONIINAE (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) DEFOLIADORES DE PASSIFLORACEAE Y SUS ENEMIGOS NATURALES EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ¹

*Rubén D. Collantes G.*²; *Alonso Santos-Murgas*³; *Javier E. Pittí C.*⁴;
*Jahzeel Samaniego*⁵

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue identificar las especies de larvas defoliadoras de granadilla (*Passiflora ligularis*) y curuba o tumbo (*Passiflora tripartita*), así como sus enemigos naturales. Se seleccionó como área de estudio los terrenos de la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), ubicada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Se revisó aleatoriamente el follaje de ambas especies vegetales, colectando de forma manual larvas y pupas para su análisis e identificación en el laboratorio, así como para la posible recuperación de adultos y parasitoides, consultando literatura especializada. Complementariamente, se revisó vegetación silvestre aledaña. Según los resultados, se identificaron dos especies de larvas defoliadoras, *Dione juno* (Cramer, 1779) y *Agraulis vanillae* (L., 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae); ambas con coloración apocemática (negro y naranja, principalmente) y de amplia distribución desde el sur de Norteamérica, América Central, el Caribe y Suramérica; siendo reportadas como plagas de Passifloraceae en otros países. Sin embargo, los especímenes adultos son polinizadores, desempeñando un rol de vital importancia en la sostenibilidad de la biodiversidad vegetal. En cuanto a los enemigos naturales, en campo se observó la presencia de huevos de crisopas (Neuroptera: Chrysopidae), arañas cazando larvas y en laboratorio se recuperaron cuatro pupas de Tachinidae (Diptera), de las cuales pudo emerger un adulto de *Lespesia archippivora* (Riley, 1871), la cual ha sido reportada previamente como parasitoide de *D. juno*. En conclusión, las larvas defoliadoras que afectan Passifloraceae en Cerro Punta corresponden a dos especies de Heliconiinae, las cuales tienen al menos tres enemigos naturales en dicho agroecosistema.

Palabras clave: Cultivos hortícolas, curuba, defoliación, frutales, granadilla.

¹Recepción: 24 de julio de 2023. Aceptación: 26 de abril de 2024. Proyecto IDIAP: Investigación e innovación en el manejo del cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí.

²IDIAP, CIA-Chiriquí. Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Ph.D. Biología. Docente.

e-mail: santosmurgasa@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

⁴IDIAP, CIA-Chiriquí. Ph.D. Biología de Organismos. Investigador. e-mail: pittjavier28@hotmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

⁵IDIAP, CIA-Chiriquí. Licenciado en Biología. Asistente de Investigación.

e-mail: samaniegojahzeel@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0002-2524-950X>



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

HELICONIINAE (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) DEFOLIATORS OF PASSIFLORACEAE AND THEIR NATURAL ENEMIES IN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ

ABSTRACT

The aim of this research was to identify the species of defoliating larvae of passion fruit (*Passiflora ligularis*) and curuba or tumbo (*Passiflora tripartita*), as well as their natural enemies. The land of the Experimental Station of the Institute of Agricultural Innovation of Panama (IDIAP), located in Cerro Punta, Chiriquí, Panama, was selected as the study area. The foliage of both plant species was randomly reviewed, manually collecting larvae and pupae for analysis and identification in the laboratory, as well as for the possible recovery of adults and parasitoids, consulting specialized literature. Additionally, surrounding wild vegetation was reviewed. According to the results, two species of defoliating larvae were identified, *Dione juno* (Cramer, 1779) and *Agraulis vanillae* (L., 1758) (Lepidoptera: Nymphalidae: Heliconiinae); both with apocemantic coloration (mainly black and orange) and widely distributed from southern North America, Central America, the Caribbean and South America; being reported as pests of Passifloraceae in other countries. However, adult specimens are pollinators, playing a vitally important role in the sustainability of plant biodiversity. As for natural enemies, in the field the presence of lacewing eggs (Neuroptera: Chrysopidae) and spiders hunting larvae were observed, and in the laboratory four pupae of Tachinidae (Diptera) were recovered, from which an adult of *Lespesia archippivora* (Riley, 1871) could emerge, which has been previously reported as a parasitoid of *D. juno*. In conclusion, the defoliating larvae that affect Passifloraceae in Cerro Punta correspond to two Heliconiinae species, which have at least three natural enemies in said agroecosystem.

Keywords: Curuba, defoliation, fruits, horticultural crops, sweet granadilla.

INTRODUCCIÓN

Cerro Punta es una de las principales zonas productoras de cultivos hortícolas en Panamá, destacando rubros importantes para la cadena agroalimentaria como papa, cebolla y hortalizas de hoja; sobre los cuales el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), continúa desarrollando investigación e innovación al servicio de los productores y de la sociedad panameña (Instituto de Innovación Agropecuaria [IDIAP], 2022a, b, d), incluyendo el micro encapsulado de microorganismos para el control de plagas insectiles (IDIAP, 2022c).

Los frutales también están presentes en Cerro Punta y representan un potencial importante como alimento funcional, al poseer vitaminas, minerales, azúcares y otros



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

nutrientes; los cuales pueden ser consumidos frescos o mediante alimentos elaborados, contribuyendo con la buena salud de las personas, la seguridad alimentaria y la diversificación productiva sostenible de los agroecosistemas (Collantes et al., 2021).

Como parte de los frutales que se pueden encontrar en esta región del país, se tienen la curuba o tumbo (*Passiflora tripartita* [Juss.] Poir. 1811) y la granadilla (*Passiflora ligularis* Juss., 1805) (Passifloraceae). Además de ser frutas importantes para el consumo local, nacional e internacional, brindan beneficios para la salud por su contenido de vitaminas (A, C y niacina), minerales (potasio, fósforo, magnesio, sodio, cloro y hierro), carbohidratos, antioxidantes, entre otros (Chaparro-Rojas et al., 2014).

Se ha observado recientemente en plantas de granadilla y curuba afectaciones por larvas defoliadoras (Lepidoptera) (Figura 1), por lo que el objetivo del presente estudio fue identificar dichas especies de insectos y sus enemigos naturales.

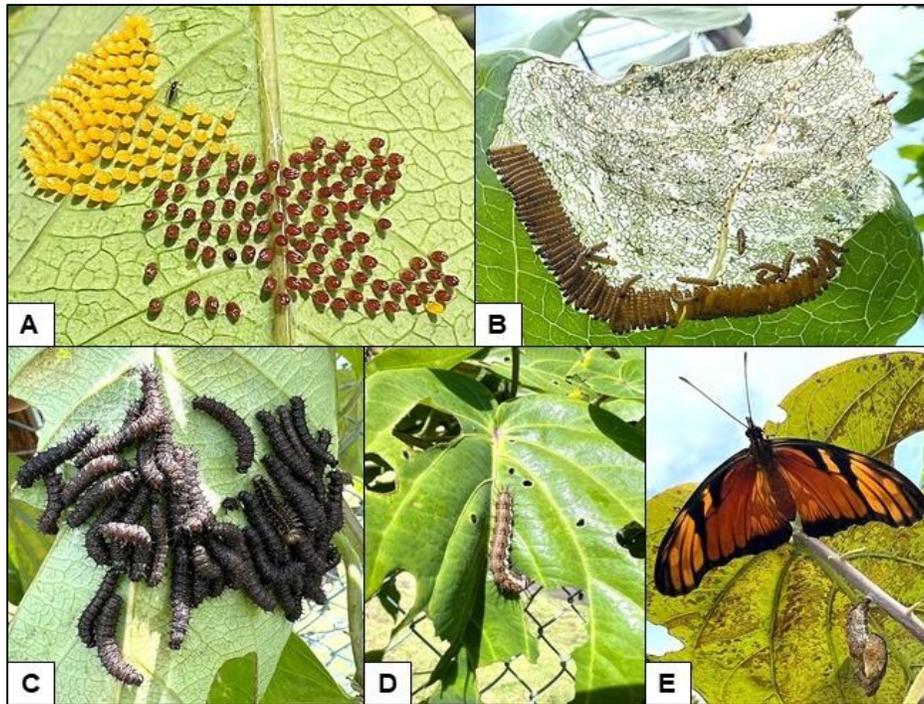


Figura 1. Lepidoptera afectando Passifloraceae, Cerro Punta: A) Huevos frescos y por eclosionar; B) Larvas de segundo estadio; C) Larvas oscuras; D) Larva clara; E) Adulto emergido.



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 entre febrero de 2022 y julio de 2024 en los terrenos de la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta, Tierras Altas, Chiriquí, Panamá (8°51'13" N 82°34'16" O, 1949 msnm). Se realizaron muestreos periódicos al azar en el follaje de pasifloráceas y plantas silvestres, llevando un registro fotográfico. Se recolectó 15 larvas por especie y seis pupas, mediante pinzas y un recipiente de vidrio.

En el laboratorio, las larvas se colocaron en agua caliente (Figura 2A), para mantener mejor sus caracteres morfológicos y se depositaron en etanol al 70% para preservarlas y se observaron mediante un estereoscopio (Figura 2B). Las pupas se colocaron el 18 de junio de 2024 en platos Petri a $22\pm 1^{\circ}$ C, mantenidas hasta la emergencia de adultos o parasitoides. Para identificar las especies, se consultó literatura especializada (Dau, 1970; O'Hara, 2013; Ríos, 2016; Samaroo, 2016).

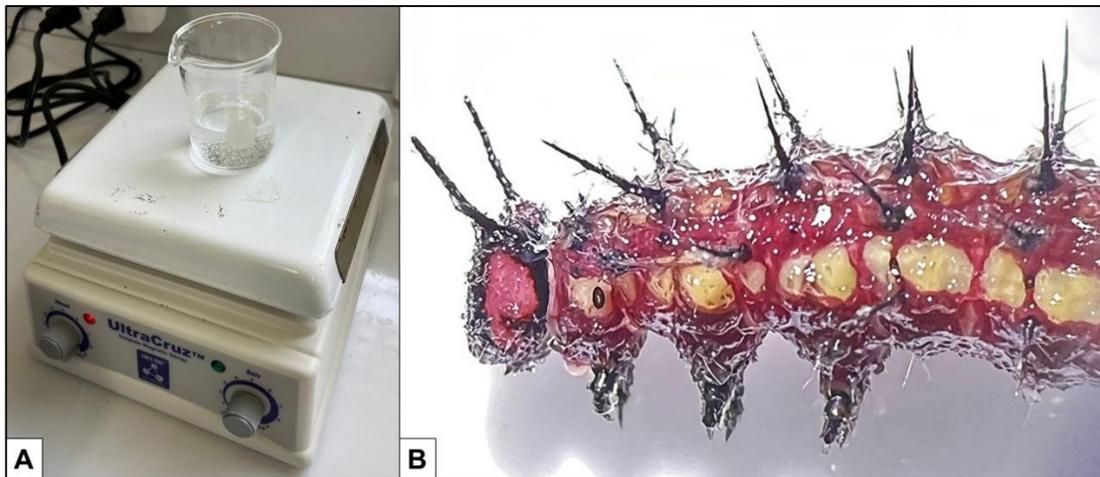


Figura 2. Fase de laboratorio: A) Agua caliente; B) Larva observada mediante el estereoscopio.

RESULTADOS

Se identificaron dos especies de larvas de Lepidoptera que afectan a los cultivos de Passifloraceae en Cerro Punta: *Agraulis vanillae* (L., 1758) (Figuras 1D y 2B) y *Dione juno* (Cramer, 1779) (Figuras 1A-C y 1E) (Nymphalidae: Heliconiinae); la primera con coloración predominantemente marrón rojizo y ocre con tubérculos y patas negras,



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

mientras que la segunda es mayormente marrón negruzco con manchas pequeñas y dispersas de color naranja. Ambas especies están distribuidas desde el sur de Norteamérica, América Central, el Caribe y Suramérica, siendo migratorias y reportadas como plagas de Passifloraceae en otros países.

En lo que respecta a enemigos naturales, en campo se observó la presencia de huevos de crisopas (Neuroptera: Chrysopidae) y arañas cazando larvas. De las seis pupas recolectadas, en laboratorio se recuperaron dos adultos de *D. juno* (27 de junio de 2024) y cuatro crisálidas parasitadas por Tachinidae (Diptera), de las cuales emergió un adulto cuyos caracteres morfológicos corresponden a *Lespesia archippivora* (Riley, 1871) (10 de julio de 2024) (Figura 3) (O'Hara, 2013); reportado previamente como parasitoide de *D. juno* (Santos-Murgas et al., 2020).

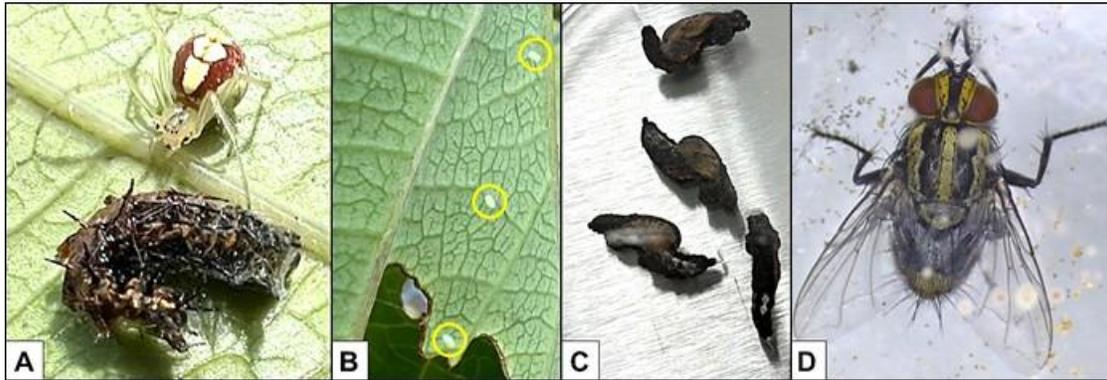


Figura 3. Enemigos naturales de Heliconiinae que afectan Passifloraceae: A) Araña cazando larva; B) Huevos de Chrysopidae; C) Crisálidas parasitadas; D) *L. archippivora*.

DISCUSIÓN

En Costa Rica se ha encontrado que las larvas de *A. vanillae* se alimentan de cuatro especies de *Passiflora*: *P. biflora*, *P. bicornis*, *P. menispermifolia* y *P. foetida*; siendo esta última su preferida (Ríos, 2016). Esto confirma lo referido por Dau (1970), respecto a la especificidad de este insecto por las Passifloraceae, remarcando su importancia como plaga de *P. edulis* y *P. ligularis* en Colombia.



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 durante el estudio no se observó presencia de larvas ni pupas en otras especies vegetales silvestres, Ríos (2023), refirió que se recuperaron crisálidas de *D. juno* de plantas como *Erblichia* sp. (Malpighiales: Tumeraceae), *Maclura tinctoria* (Rosales: Moraceae) y *Cordia panamensis* (Lamiales: Boraginaceae); sin embargo, Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe (2020), señaló que en Brasil se han encontrado registros en 15 especies de Passifloraceae afectadas por *D. juno*. Esto sugeriría que, si bien ambas especies de Heliconiinae son oligófagas respecto al género *Passiflora*, en determinadas circunstancias pueden ocupar otras especies vegetales para garantizar su supervivencia.

Como alternativas de control biológico, se recomiendan depredadores como los chinches *Zelus* (Hemiptera: Reduviidae), de los cuales Collantes et al. (2023), reportaron las especies *Z. longipes* y *Z. renardii* asociados a cultivos de uchuva y cítricos en Cerro Punta; mientras que, Santos-Murgas et al. (2020), reportaron a *Mormidea notulata* (Herrich-Schaeffer, 1844) (Hemiptera: Pentatomidae), *Solenopsis giminata* (Fabricius 1804) (Hymenoptera: Formicidae) y *Mischocyttarus angulatus* Richards, 1945 (Hymenoptera: Vespidae) en cultivos de maracuyá (*Passiflora edulis*).

Sobre parasitoides, además de *L. archippivora*, Ríos (2023), señaló especies del género *Chetogena* (Diptera: Tachinidae). Por otro lado, la posibilidad de emplear hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* también representa un potencial interesante para desarrollar (Malpartida-Zevallos et al., 2013); considerando que el IDIAP está realizando investigación e innovación sobre la materia (IDIAP, 2022a, c).

En cuanto la distribución conocida en Panamá, *D. juno* está presente en varias locaciones a lo largo del territorio nacional (Smithsonian Tropical Research Institute [STRI], 2024) y de *A. vanillae* se tienen reportes de Gamboa-Colón y Arraiján-Panamá Oeste (STRI, 2023). Sin embargo, dada la amplia distribución de ambos insectos en América y el establecimiento de nuevas áreas con cultivos de pasifloráceas (Samaroo, 2016), es muy probable que continúe expandiendo su rango de distribución.

Sumado a lo anterior, Drewniak et al. (2020), indicaron que la flexibilidad de estas especies de mariposa es el resultado de una adaptación de sus preferencias al asociar 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/)

coloración roja con una mayor recompensa de néctar. Además, los adultos son polinizadores de especies vegetales como *Lantana camara* (L.) (Amela et al., 2019; Huiñapi, 2019). Dichos hallazgos reflejan el rol importante que desempeña estas mariposas en la sostenibilidad de la biodiversidad vegetal.

Respecto a los mecanismos de defensa de las larvas contra sus depredadores, los más importantes son las espinas que revisten su cuerpo (Figura 2B) y su coloración apocemática (negro y naranja, principalmente), la cual puede ser variable (Dau, 1970). Estos insectos no son peligrosos para los humanos si la persona no es alérgica y si no se ingieren; lo último es importante desatacar porque las larvas y los adultos contienen cardiotoxinas, producidas a partir de metabolitos secundarios que ingieren de algunas especies de plantas de las cuales se alimentan (Picture Insect, 2023).

CONCLUSIÓN

Las larvas de Lepidoptera defoliadoras que afectan los cultivos de Passifloraceae en Cerro Punta corresponden a dos especies: *Agraulis vanillae* y *Dione juno* (Nymphalidae: Heliconiinae); las cuales forman parte de la biodiversidad funcional en los agroecosistemas productivos de Tierras Altas. Como enemigos naturales, se identificaron dos depredadores y la mosca parasitoide *L. archippivora*; de la cual existen reportes previos sobre su acción parasítica sobre las plagas en cuestión.

RECOMENDACIONES

Si bien existen alternativas de manejo que podrían implementarse, como el uso de depredadores y hongos entomopatógenos, es meritorio desarrollar futuros estudios sobre el impacto que ocasionaría la desaparición de *A. vanillae* y *D. juno*, por los múltiples roles que desempeña durante su desarrollo desde huevo hasta adulto; porque, además de la polinización, pueden servir como alimento para depredadores como crisopas y arañas, los cuales contribuyen con la estabilidad del ecosistema.



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

- Amela, M., Aquino, D., Bouza, A., Grohar, M., Herrera, A., Lafuente, M., Miguez, M., Scorza, V., y Chamer, M. (2019). Sistema reproductivo y biología floral de *Lantana camara* (Verbenaceae) en una población ribereña del Río de la Plata. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 54(1), 29-42. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v54.n1.23578>
- Chaparro-Rojas, D., Maldonado, M., Franco-Londoño, M., y Urango-Marchena, L. (2014). Características nutricionales y antioxidantes de la fruta curuba larga (*Passiflora mollissima* Bailey). *Perspectivas en Nutrición Humana*, 16(2), 203-212. <http://dx.doi.org/10.17533/udea.penh.v16n2a07>
- 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
- Collantes, R., Santos-Murgas, A., Pittí, J., Atencio, 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>
- Dau, J. (1970). Biología y morfología del *Agraulis vanillae* (Linn) como enemigo del maracuyá (*Passiflora edulis* var. *Flavicarpa*. D.). [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de Magdalena, Facultad de Agronomía-Santa Marta, Colombia]. 21 p. <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/visorpdf/get/73a7d30d-63a6-439a-bb57-99ba9b58c82a/dmld2VyLUZyaSBPY3QgMTggMjAyNCAMzo1MDo0NCBHTVQtMDUwMCAoaG9yYSBlc3ThbmRhciBvcmlbnRhbCk>
- Drewniak, M., Briscoe, A., Cocucci, A., Beccacece, H., Zapata, A., y Moré, M. (2020). From the butterfly's point of view: learned colour association determines differential pollination of two co-occurring mock verbains by *Agraulis vanillae* (Nymphalidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 130(4), 715-725. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blaa066>



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

Huñapi, P. (2019). Interrelación de especies de mariposas diurnas con especies de plantas en condiciones naturales, Loreto-Perú- 2015. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de la Amazonía Peruana - Iquitos, Perú]. 60 p.

https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/7228/Percy_Tesis_Titulo_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022a). *Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas*. Iniciativas y Proyectos, IDIAP.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/alternativas-tecnologias-biocontrol-hortalizas/es>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022b). *Investigación e innovación en el manejo del cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí*. Iniciativas y Proyectos, IDIAP.

https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion_e_innovacion_en_el_manejo_del_cultivo_de_cebolla_en_Tierras_Altas_Chiriqui/es

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022c). *Microencapsulación de microorganismos para el control de plagas de hortalizas en tierras altas, Chiriquí*. Iniciativas y Proyectos, IDIAP.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/microorganismos-hortalizas/es>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022d). *Obtención y desarrollo de variedades de papa y camote de alto desempeño agronómico y calidad nutricional*. Iniciativas y Proyectos, IDIAP.

https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Obtencion_y_desarrollo_de_variedades_de_papa_y_camote_de_alto_desempeno_agronomico_y_calidad_nutricional/es

Malpartida-Zevallos, J., Narrea-Cango, M., y Dale-Larraburre, W. (2013). Patogenicidad de *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill., sobre el gusano defoliador del maracuyá *Dione juno* (Cramer) (Lepidoptera: Nymphalidae) en laboratorio. *Ecología Aplicada*, 12(2), 75-81.

<http://dx.doi.org/10.21704/rea.v12i1-2.440>



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

O'Hara, J. (2013). *Key to Tachinid Genera*. Tachinidae Resources, Tachinids of Bertha Armyworm. <https://www.uoquelp.ca/nadsfly/Tach/Nearctic/Bertha/Key1.html>

Picture Insect. (2023). *Espejitos*. Picture Insect. https://pictureinsect.com/es/wiki/Agraulis_vanillae.html

Ríos, L. (2016). *Agraulis vanillae (Nymphalidae)*. Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. <https://www.acguanacaste.ac.cr/paginas-de-especies/insectos/104-nymphalidae/3507-i-agraulis-vanillae-i-nymphalidae>

Ríos, L. (2023). *Dione juno (Nymphalidae)*. Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. <https://www.acguanacaste.ac.cr/paginas-de-especies/insectos/104-nymphalidae/5779-i-dione-juno-i-nymphalidae>

Samaroo, D. (2016). *Agraulis vanillae (Silver Spotted Flambeau)*. The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago. <https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/Agraulis%20vanillae%20-%20Silver%20Spotted%20Flambeau.pdf>

Santos-Murgas, A., Martínez, A., y Rodríguez, L. M. (2020). Enemigos naturales de *Dione juno* (Cramer, 1779) (Lepidoptera: Nymphalidae) en cultivo de *Passiflora edulis* Sims, J. (1818) Centro Regional Universitario de Coclé, Universidad de Panamá. *Tecnociencia*, 22(1), 97-108. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v22n1a7>

Staatliches Museum für Naturkunde Karlsruhe. (2020). *Dione juno (Cramer, 1779)*. Butterflies of the Amazon. https://www.amazonian-butterflies.net/families/?S=1&tx_psbfieldguide_fg%5Baction%5D=show&tx_psbfieldguide_fg%5Bcontroller%5D=Species&tx_psbfieldguide_fg%5Bspecies%5D=83&cHash=a43d253b22090fce623dec761864ab83



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

Smithsonian Tropical Research Institute). (2023). *Agraulis vanillae*. Panama Biota.
<https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?tid=80611&taxauthid=1&clid=0>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2024). *Dione juno*. Panama Biota.
<https://panamabiota.org/stri/taxa/index.php?tid=31160>

AGRADECIMIENTOS

Al IDIAP y al Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá, por el apoyo constante brindado a los autores. A Ingrid Saira, por ayudar con la recolección de las larvas 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/)

PREVALENCIA DE HEMOPARÁSITOS EN TERNEROS DE DOBLE PROPÓSITO DE LA REGIÓN CENTRAL DE PANAMÁ¹

Rita González-Herrera²; Marcelino Jaén-Torrijos³; Selma Franco-Schafer⁴

RESUMEN

Con el objetivo de conocer la prevalencia y dinámica de infección de *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* y *Anaplasma marginale*, se recolectaron muestras de sangre a 11 terneros desde recién nacidos hasta el destete, en dos fincas de doble propósito del arco seco de Panamá. Las muestras analizadas por Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), mediante cebadores específicos, correspondían a los 3, 5 y 7 meses de edad de los terneros. El hemoparásito con mayor presencia en las muestras estudiadas fue *A. marginale*, seguido de *B. bigemina* y *B. bovis* con 31/33, 24/33 y 4/33 muestras positivas para la Finca El Ejido; y con 30/33, 15/33 y 7/33 muestras positivas para la Finca El Jaguito, respectivamente. La implementación de protocolos de biología molecular permitió la detección de bovinos portadores de hemoparásitos, lo cual es clave para establecer medidas de control eficaces y oportunas en las fincas estudiadas.

Palabras clave: *Anaplasma marginale*, *Babesia bigemina*, *Babesia bovis*, identificación molecular, PCR.

¹Recepción: 02 de septiembre de 2024. Aceptación: 21 de octubre de 2024. Proyecto Manejo de la garrapata tropical del ganado bovino *Rhipicephalus microplus* en los sistemas de producción bovina, Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), 2014-2019

²IDIAP, Divisa, Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Biotecnología.
e-mail: ritacarolinagonzalez@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-6772-4038>

³IDIAP, Divisa, Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. Ciencia Veterinaria Tropical.
e-mail: mjaen06@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2003-9706>

⁴IDIAP, Divisa, Laboratorio de Salud Animal. M.Sc. en Epidemiología Veterinaria.
e-mail: pkfranco91@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1526-2938>



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

PREVALENCE OF HEMOPARASITES IN CALVES FROM DUAL PURPOSE FARMS IN THE CENTRAL REGION OF PANAMA

ABSTRACT

To determine the prevalence and dynamics of *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* infection, blood samples were collected from 11 calves from newborn to weaning on two dual-purpose farms in the Dry Arch of Panama. The samples analyzed by Polymerase Chain Reaction (PCR), using specific primers, corresponded to calves at 3, 5 and 7 months of age. The hemoparasite with the highest presence in the samples studied was *A. marginale*, followed by *B. bigemina* and *B. bovis* with 31/33, 24/33 and 4/33 positive samples for the El Ejido Farm; and with 30/33, 15/33 and 7/33 positive samples for the El Jagüito Farm, respectively. The implementation of molecular biology protocols allowed the detection of cattle carrying hemoparasites, which is key to establish more effective and timely control measures on the farms studied.

Keywords: *Anaplasma marginale*, *Babesia bigemina*, *Babesia bovis*, molecular identification, PCR.

INTRODUCCIÓN

En las regiones tropicales y subtropicales del mundo las enfermedades hemoparasitarias como anaplasmosis y babesiosis bovina, tienen como principal vector a la garrapata del bovino *Rhipicephalus microplus* (Parola & Raoult, 2001; Ravindran et al., 2006), aunque se ha demostrado que la anaplasmosis también es transmitida por otros géneros de garrapatas como *Dermacentor* e *Ixodes* (Kocan et al., 2004; Estrada-Peña et al., 2022) y mecánicamente por picadura de moscas o fómites contaminados con sangre (Kocan et al., 2003; Bock, et al., 2006; Reinbold et al., 2010).

La babesiosis bovina es una enfermedad parasitaria febril causada por los protozoarios intracelulares *Babesia bovis* y *Babesia bigemina*, los cuales producen lisis eritrocítica extensiva lo que conlleva a anemia, hemoglobinuria y riesgo de muerte del bovino (Bock et al., 2004). La anaplasmosis bovina en América es causada por *Anaplasma marginale*, una rickettsia que parasita los eritrocitos produciendo enfermedad hemolítica 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/)

leve a severa, incluyendo signos como anemia, ictericia y abortos en bovinos (Bock et al., 2006; Aubry & Geale, 2011).

Las enfermedades hemoparasitarias representan un desafío para la industria láctea y de carne, ya que causan pérdidas en términos de morbilidad, mortalidad, pérdidas de producción, costo de servicios veterinarios y costo de tratamiento (Brown, 1997; Grisi et al., 2002).

El diagnóstico tradicional de hemoparásitos en bovinos requiere establecer la condición clínica de los animales y contrastarla con el grado de parasitemia y el nivel de hematocrito (Benavides Ortíz et al., 2012). Para el diagnóstico rutinario directo, se realiza la observación microscópica de frotis de sangre capilar teñidos con Giemsa. Este tipo de diagnóstico en animales persistentemente infectados es difícil y muchas veces errático, debido a la baja tasa de eritrocitos infectados en sangre periférica (Figuroa et al., 1992). Por ese motivo, la técnica de PCR (reacción en cadena de la polimerasa) surge como una alternativa diagnóstica con mayor sensibilidad, especificidad y ahorro de tiempo que las técnicas tradicionales (Figuroa et al., 1993; Bock et al., 2004).

En Panamá se han realizado investigaciones previas sobre la transmisión de *B. bovis* y *A. marginale* en bovinos mediante la evaluación de anticuerpos IgG, y se encontró una prevalencia por encima del 80% para ambos parásitos (Jaén, 2007; 2009). Sin embargo, existen pocos estudios que evidencien la presencia de *B. bigemina* en bovinos. Con lo anterior expuesto, el objetivo de este trabajo fue conocer la prevalencia de *Babesia bigemina*, *Babesia bovis*, y *Anaplasma marginale*, en dos fincas del sistema doble propósito de Coclé y Los Santos, en terneros de 3 a 7 meses de edad, mediante herramientas moleculares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo, zona y población de estudio

Se realizó estudio descriptivo de cohorte longitudinal. Se seleccionaron dos fincas del sistema doble propósito de las localidades del Ejido en Los Santos (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP]) y en el Jaguito de Aguadulce (productor). Ambas fincas



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

pertenecen a la zona 1 del arco seco de Panamá, que se caracteriza por tener una precipitación anual de aproximadamente 1 500 mm, una altura de 1 100 msnm y los suelos son del tipo aluvión de costa (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA] 2024a)

Durante el periodo de abril del 2015 a mayo del 2016 se escogieron de cada finca 11 terneros (*Bos taurus* x *Bos indicus*) machos y hembras, los cuales fueron muestreados desde el nacimiento cada 30 días hasta el destete. Los bovinos estuvieron naturalmente expuestos a la infestación por garrapatas, bajo las prácticas de manejo específicas de cada finca. Para este estudio se analizaron las muestras correspondientes a las edades de 3, 5 y 7 meses, para un total de 33 muestras por finca.

Toma de muestra

En cada finca se obtuvo muestras de sangre completa de la vena yugular de los terneros. Las muestras fueron colectadas en tubos con EDTA de 3 ml y transportadas refrigeradas al Laboratorio de Salud Animal del IDIAP en Divisa. En el laboratorio las muestras de sangre se refrigeraron hasta su procesamiento.

Detección por Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR)

La técnica de PCR ha demostrado ser una herramienta rápida, reproducible y con una alta sensibilidad y especificidad para el diagnóstico de hemoparásitos. En el presente trabajo, se validó una metodología que permite identificar la infección aguda o persistente mediante la detección directa del ADN de dichos parásitos. A continuación, se describe la metodología. El aislamiento de ADN de cada muestra se realizó con el kit comercial Wizard® Genomic DNA Purification, siguiendo las recomendaciones del fabricante. La calidad y cantidad de ADN se verificó mediante espectrofotometría. Para la identificación de *B. bigemina*, *B. bovis* y *A. marginale* se utilizaron los cebadores específicos BilA/BilB, BoF/BoR y 1773F/2957R, respectivamente. Las referencias de los cebadores se describen en el Cuadro 1. Para las reacciones de PCR se utilizó el kit comercial Taq PCR Master Mix, el cual contiene 2,5 unidades de Taq polimerasa, 1,5 mM de MgCl₂, 1X de búfer de Taq y 200 µM de cada desoxinucleótido en un solo mix. Se adicionó 0,5 µM de cada iniciador y 100 ng de ADN de cada muestra en un volumen final de 25 µl.



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. Secuencia de cebadores utilizados para las PCR individuales.

Cebador	Secuencia (5'-3')	Patógeno	Referencia
BiIA	CATCTAATTTCTCTCCATACCCCTCC	<i>Babesia bigemina</i>	Figuroa et al., 1992
BiIB	CCTCGGCTTCAACTCTGATGCCAAAG		
BoF	CACGAGGAAGGAACTACCGATGTTGA	<i>Babesia bovis</i>	Suarez et al., 1991
BoR	CCAAGGAGCTTCAACGTACGAGGTCA		
1773F	TGTGCTTATGGCAGACATTTCC	<i>Anaplasma marginale</i>	Lew et al., 2002
2957R	AAACCTTGTAGCCCCAATTATCC		

El programa de amplificación fue igual para los tres parásitos y consistió en una desnaturalización inicial de 5 minutos a 95° C, seguido de 35 ciclos de desnaturalización a 95° C por 1 minuto, anillamiento a 58° C por 1 minuto y extensión a 72° C por 1 minuto. Adicional un ciclo de extensión final por 10 minutos a 72° C.

Las reacciones se repitieron dos veces para cada muestra y cada cebador. Para controles positivos se utilizaron muestras de animales con síntomas clínicos y confirmados positivos a hemoparásitos mediante evaluación microscópica de frotis sanguíneo. Como control negativo se utilizó agua ultrapura.

Los productos obtenidos de la PCR fueron analizados mediante electroforesis en geles de agarosa al 2% teñidos con SYBR Safe y visualizados con un sistema de documentación de geles. El tamaño de los productos de PCR fue estimado mediante un marcador de peso molecular de 100 pares de base.

Prevalencia

Con los registros por muestreo de positivos y negativos obtenidos en la prueba de PCR para *B. bigemina*, *B. bovis* y *A. marginale*, se calculó la prevalencia mensual de cada parásito en cada finca; definida la prevalencia como la proporción de bovinos positivos sobre el total de bovinos analizados.



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

En la finca El Ejido, el hemoparásito con mayor presencia en las muestras analizadas fue *A. marginale* (93,9 %; 31/33), seguido de *B. bigemina* (72,7%; 24/33) y *B. bovis* (12,1%; 4/33). Se encontró que el 12% (4/33) de las muestras analizadas presentaron una triple infección con *B. bigemina* + *B. bovis* + *A. marginale*; un 61% (20/33) mostraron coinfección de *B. bigemina* + *A. marginale*; un 21% (7/33) tuvo infección individual de *A. marginale* y un 6% (2/33) de las muestras resultaron negativas a los tres hemoparásitos. Es importante indicar que en el Ejido se han presentado casos clínicos esporádicos de estas enfermedades y con este estudio se confirma la presencia de estos parásitos.

La infección de *Babesia bigemina* se observó de la siguiente manera: para la finca El Ejido, la prevalencia más alta se ubicó en el mes 7 (81,8%; 9/11) y la más baja en el mes 5 (63,6%; 7/11). Para la finca el Jaguito, en los meses 5 y 7 se encontraron las prevalencias más altas (54,55%; 6/11) y en el mes 3 la prevalencia más baja (27,3%; 3/11) (Figura 1). El promedio de muestras positivas a *B. bigemina* para la finca El Ejido fue de 72,5% y para El Jaguito de 45,5%; y la prevalencia general de este parásito en el estudio fue de 58,9%.

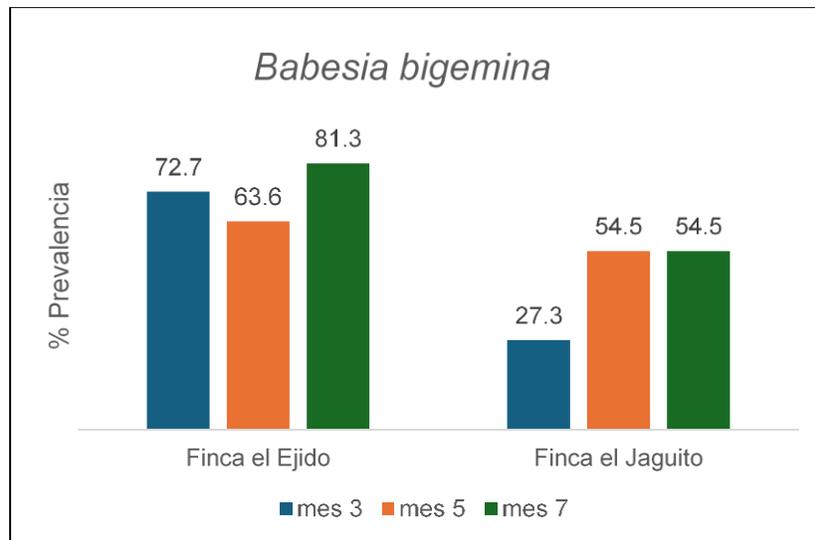


Figura 1. Prevalencia de *Babesia bigemina* en terneros de dos fincas del sistema doble propósito de Coclé y Los Santos, a los 3, 5 y 7 meses de edad, entre abril de 2015 y mayo de 2016.



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 la Finca El Jaguito, el hemoparásito con mayor frecuencia fue *A. marginale* (90,9%; 30/33), seguido de *B. bigemina* (45,4%;15/33) y *B. bovis* (21,2%;7/33). Se observó que el 9% (3/33) de las muestras analizadas presentaron una triple infección de *B. bigemina* + *B. bovis* + *A. marginale*; en un 33% (11/33) se observó coinfección de *B. bigemina* + *A. marginale* y en un 12% (4/33) coinfección de *B. bovis* + *A. marginale*. Del total de muestras en esta finca, 36% (12/33) y 3% (1/33) mostraron infección individual para *A. marginale* y *B. bigemina*, respectivamente; y un 6% (2/33) resultaron negativas a los tres hemoparásitos.

En cuanto a la infección de *Babesia bovis*, para la finca El Ejido la prevalencia más alta se observó en el mes 3 (27,3%; 3/11) y la más baja en el mes 5 (0%). En la finca El Jaguito, la prevalencia más elevada se ubicó en el mes 3 (27,3%; 3/11); y en los meses 5 y 7 se encontraron las prevalencias más bajas (18,2%; 2/11) (Figura 2). El promedio de muestras positivas a *B. bovis* para la finca el Ejido fue de 12,1% y para El Jaguito de 21,2%; y la prevalencia general de este parásito en el estudio fue de 16,6%.

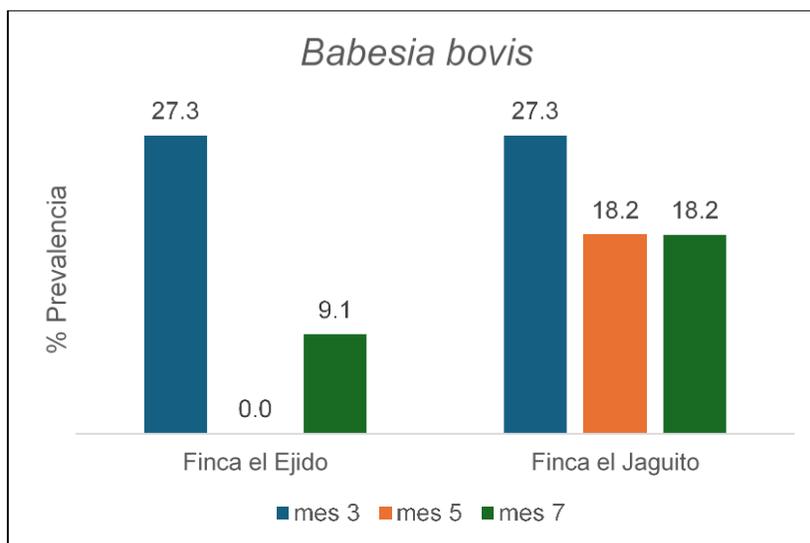


Figura 2. Prevalencia de *Babesia bovis* en terneros de dos fincas del sistema doble propósito de Coclé y Los Santos, a los 3, 5 y 7 meses de edad, entre abril de 2015 y mayo de 2016.



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

Respecto a la infección de *Anaplasma marginale*, en el mes 3 se observó un 81,8% (9/11) y 72,7% (8/11) de prevalencia para la Finca El Ejido y Jaguito respectivamente; y en los meses 5 y 7 se encontró la totalidad de los terneros positivos (100%; 11/11) en ambas fincas (Figura 3). El promedio de muestras positivas a *A. marginale* para la finca El Ejido fue de 93,9% y para El Jaguito de 90,9%; y la prevalencia general de este parásito en el estudio fue de 92,4%.

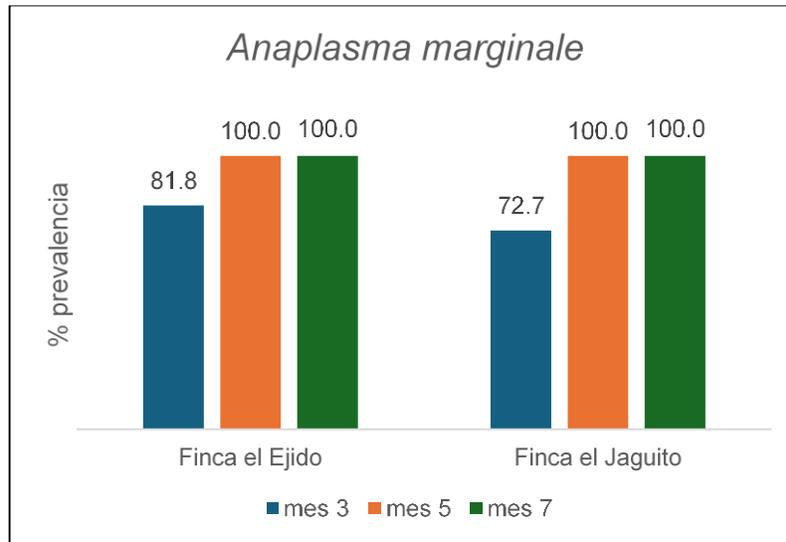


Figura 3. Prevalencia de *Anaplasma marginale* en terneros de dos fincas del sistema doble propósito de Coclé y Los Santos, a los 3, 5 y 7 meses de edad, entre abril de 2015 y mayo de 2016.

Anaplasma marginale se transmite biológicamente por diferentes especies de garrapatas (Kocan et al., 2004) y se ha demostrado la transmisión transestadial, donde las garrapatas secretan formas infecciosas de la rickettsia en su saliva mientras se alimentan (Ueti et al., 2007). Hay estudios que también demuestran la transmisión transovárica de la rickettsia (Amaro Estrada et al., 2020). *A. marginale* se transmite además por insectos hematófagos como los *Tabanus*, los cuales están presentes en Panamá (Smithsonian Tropical Research Institute [STRI], 2024); y también se da la transmisión mecánica mediante el uso de material e instrumental utilizado en las prácticas de manejo sanitario que contengan sangre contaminada y que no hayan sido desinfectados apropiadamente



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

entre animales (Aubry & Geale, 2011). Por lo anterior, *A. marginale* es reportado con mayor frecuencia que las babesias y estos resultados son similares a lo que ha encontrado en países como Brasil (Costa et al., 2018), Ecuador (Medina-Naranjo et al., 2017) y Colombia (Herrera et al., 2008).

En Panamá, Jaén (2009), reportó en un estudio de tipo prospectivo en seis fincas de leche de las provincias de Herrera y Los Santos, entre los años 2006 – 2007 y mediante serología, una alta incidencia (80%) de *Anaplasma marginale* en 631 muestras de suero a la edad del destete de los terneros (210 días), independientemente del sistema de producción al cual pertenecían los bovinos, con lo cual se corrobora la presencia de esta rickettsia en bovinos del país.

Reportes de casos clínicos de anaplasmosis y babesiosis bovina son confirmados en forma rutinaria por pruebas de tinción de frotis sanguíneos por los Laboratorios de Diagnóstico del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). Según el boletín epidemiológico, para anaplasmosis bovina se reportaron 14/20 muestras positivas (70%) en las provincias de Panamá y Chiriquí en el año 2019; 2/2 muestras positivas (100%) en la provincia de Panamá en el año 2020 y 1/3 muestra positiva (33%) en Chiriquí para el año 2022 (MIDA, 2024b).

Rhipicephalus microplus es el vector principal de *B. bigemina* y *B. bovis*, sin embargo, otras especies de garrapatas también pueden ser transmisoras (Organización Mundial de Sanidad Animal [OMSA], 2021). La infección por babesias se produce cuando en las etapas de ninfa y adulta (en el caso de *B. bigemina*) y larvaria (en el caso de *B. bovis*), las garrapatas se alimentan del hospedador (bovino) (Smith, 1978). Las babesias luego se transmiten a los ovarios de las garrapatas y, por lo tanto, las larvas emergentes son portadoras de la infección (Claudio S. L. & Rafael, 2008). Sin embargo, la capacidad de *B. bigemina* de permanecer a través de generaciones de garrapatas en ausencia de reinfección, lo cual no es una característica de *B. bovis*, generalmente resulta en una mayor positividad de *B. bigemina* en comparación con *B. bovis* (Ríos-Tobón et al., 2014) y esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio.



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 serológicos en Panamá han demostrado la presencia de anticuerpos (IgG) contra *Babesia bovis* en bovinos. En un estudio realizado en bovinos de fincas de Leche de área de Capira, en la provincia de Panamá Oeste, se reportó una prevalencia general de 84,9 % para *Babesia bovis* en 252 muestras entre los años 1995 – 1996 (Jaén, 2007). La presencia de *B. bovis* también fue reportada para esos mismos años en la región de Arenas, provincia de Veraguas, en un estudio prospectivo, donde se encontró en 10 terneros de la raza Brahman, una incidencia del 80% del parásito a los 360 días de edad, y se concluyó que existía una buena inoculación de *B. bovis* en campo por la garrapata *R. microplus* (Jaén et al., 2009).

Según el boletín epidemiológico del MIDA en el año 2019, para babesiosis bovina se encontraron 2/61 muestras positivas (3%) en la provincia de Panamá, siendo éste el último reporte para babesiosis en los últimos 5 años en el país, según (MIDA, 2024b).

Debido a sus similitudes morfológicas no siempre es posible distinguir a *B. bovis* de *B. bigemina*, con lo cual la PCR ha demostrado ser de utilidad para la detección de babesias en bovinos portadores debido a su alta sensibilidad y especificidad en comparación con la observación microscópica de frotis de sangre (Awad et al., 2011; Mosqueda et al., 2012; Oliveira et al., 2008).

En Panamá, el diagnóstico de hemoparásitos se basa en técnicas parasitológicas y poco se ha investigado sobre la epidemiología de estas enfermedades. En áreas donde las garrapatas son endémicas, los bovinos desarrollan inmunidad a las infecciones por hemoparásitos luego del primer contacto y se mantienen como portadores sanos. Sin embargo, pueden ocurrir brotes de las enfermedades si se interrumpe la exposición de los animales jóvenes a las garrapatas y/o si se introducen garrapatas infectadas con babesias y anaplasma en áreas previamente libres de garrapatas (Aubry & Geale, 2011; OMSA, 2021).

La epidemiología de estas enfermedades se ha estudiado tradicionalmente mediante la identificación de anticuerpos IgG en bovinos de 3 a 9 meses de edad, y el cálculo de tasa de inoculación. Sin embargo, existen otros factores tales como una inmunidad pasiva insatisfactoria, estrés, estado nutricional, época del año, manejo, tipo 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/)

pasto o altas tasas de infestación de pastos y ganado por el vector, que son importantes para comprender el comportamiento de los hemoparásitos y la clasificación de un estado como enzoóticamente estable o inestable (Amorim et al., 2014).

Es conocido que el uso de acaricidas altera la prevalencia de hemoparásitos, ya que la presencia permanente de garrapatas durante todo el año, permite en las fincas la inoculación continua de los patógenos en los bovinos desde el momento de su nacimiento; sin embargo, en este estudio no se realizó una medida de la frecuencia de baños garrapaticidas y tampoco se midió la carga de garrapatas en las fincas estudiadas, lo que hubiese permitido inferir sobre los factores que inciden en la presencia de *Babesia* spp. y *Anaplasma marginale* en estas dos fincas.

Este trabajo es el primer estudio en el que se utilizó la técnica de PCR para detectar la presencia de hemoparásitos en bovinos en Panamá. Sin embargo, existen reportes de trabajos donde se identifican molecularmente hemoparásitos en garrapatas. En el 2022, en una tesis de maestría, se encontró un 18,3% (15/82) de muestras de ADN de garrapatas positivas a *Anaplasma marginale*, y 0% para *B. bovis* y *B. bigemina*, en seis fincas ubicadas en las provincias de Chiriquí, Veraguas, Los Santos, Ngäbe-Buglé, Bocas del Toro y Panamá (Bernal López, 2022). En 2024, Bermúdez C et al. detectaron ADN de especies de *Anaplasmataceae* (*Ehrlichia minasensis* y *A. marginale*) en 21% (3/14) hembras de *R. microplus* que fueron recolectadas en una vaca en la provincia de Chiriquí.

EL diagnóstico de hemoparásitos en Panamá se realiza en campo, generalmente de manera clínica; no hay programas de control basados en estudios de inmunidad de las fincas, ni manejo integral de la garrapata ni vacunas; por lo tanto, es importante continuar con estudios epidemiológicos que permitan identificar las zonas en riesgo de ocurrencia de brotes y el impacto económico de estas enfermedades en la producción ganadera.



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

- La técnica de PCR permitió el diagnóstico de *Babesia bigemina*, *B. bovis* y *A. marginale* en bovinos aparentemente sanos, demostrando ser una herramienta útil y replicable para estudios posteriores. El análisis bioinformático de productos de PCR permite caracterizar los genes de los parásitos, facilitando la identificación del potencial inmunogénico, lo cual es clave para la búsqueda de nuevas estrategias de control de los hemoparásitos. El siguiente objetivo de nuestras investigaciones consiste en la caracterización molecular de los parásitos de distintas áreas geográficas, para diferenciar cepas panameñas de las extranjeras, diferenciar fenotipos locales de patogenicidad, identificar haplotipos y ocurrencias de coinfección.
- En ambas fincas se detectó la presencia de los tres hemoparásitos, siendo *A. marginale* el más prevalente, seguido de *B. bigemina* y *B. bovis*, mostrando la necesidad de realizar más investigaciones epidemiológicas en otras regiones del país, con el fin de determinar los niveles de estabilidad enzoótica que existen en los sistemas ganaderos y el riesgo de desarrollar brotes de las enfermedades.

REFERENCIAS

- Amaro Estrada, I., García-Ortiz, M. A., Preciado de la Torre, J. F., Rojas-Ramírez, E. E., Hernández-Ortiz, R., Alpírez-Mendoza, F., & Rodríguez Camarillo, S. D. (2020). Transmisión de *Anaplasma marginale* por larvas no alimentadas de garrapata *Rhipicephalus microplus* bajo condiciones experimentales. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 116-131. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V11I1.5018>
- Amorim, L. S., Wenceslau, A. A., Carvalho, F. S., Carneiro, P. L. S., & Albuquerque, G. R. (2014). Bovine babesiosis and anaplasmosis complex: diagnosis and evaluation of the risk factors from Bahia, Brazil. *Revista brasileira de parasitologia veterinária*, 23(3), 328-336. <https://doi.org/10.1590/S1984-29612014064>
- Aubry, P., & Geale, D. W. (2011). A review of Bovine Anaplasmosis. *Transboundary and Emerging Diseases*, 58(1), 1-30. <https://doi.org/10.1111/J.1865-1682.2010.01173.X>



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

- Awad, H., Antunes, S., Galindo, R. C., do Rosário, V. E., de la Fuente, J., Domingos, A., & El Hussein, A. M. (2011). Prevalence and genetic diversity of Babesia and Anaplasma species in cattle in Sudan. *Veterinary Parasitology*, 181(2-4), 146-152. <https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2011.04.007>
- Benavides Ortíz, E., Polanco Palencia, N., Vizcaíno Gerdt, O., & Betancur Hurtado, Ó. (2012). Criterios y protocolos para el diagnóstico de hemoparásitos en bovinos. *Revista Ciencia Animal*, 1(5),31-39. <https://revistas.lasalle.edu.co/index.php/ca/article/view/3652>
- Bermúdez C, S. E., Félix, M. L., Domínguez A, L., Araúz, D., & Venzal, J. M. (2024). Molecular screening of tick-borne microorganisms in ticks from rural areas of Panama, with the first record of *Ehrlichia minasensis* in *Rhipicephalus microplus* from Central America. *Veterinary Research Communications*, 48(2), 1301-1308. <https://doi.org/10.1007/S11259-024-10306-2>
- Bernal López, K. J. (2022). *Identificación molecular de garrapatas y detección de sus patógenos asociados en fincas de ganado bovino, Panamá* (Tesis de Maestría, Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). Repositorio institucional. <http://up-rid.up.ac.pa/id/eprint/7994>
- Bock, R., Jackson, L., De Vos, A., & Jorgensen, W. (2004). Babesiosis of cattle. *Parasitology*, 129(S1), S247-S269. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005190>
- Bock, R. E., de Vos, A. J., & Molloy, J. B. (2006). Tick-borne diseases of Cattle. *Australian and New Zealand Standard Diagnostic Procedures*, 1-29. <https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/animal/health/laboratories/procedures/anzsdp/tick-borne-diseases>
- Brown, C. G. (1997). Dynamics and impact of tick-borne diseases of cattle. *Tropical Animal Health and Production*, 29,(S4),1S-3S. <https://doi.org/10.1007/BF02632905>



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

Costa, V. M.M, Ribeiro, M. F. B., Duarte, G. A.F. P, Soares, J. F., Azevedo, S. S., Barros, A. T. M., Riet-Correa, F., & Labruna, M. B. (2018). Incidência de *Anaplasma marginale*, *Babesia bigemina* e *Babesia bovis* em bezerros no semiárido paraibano. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 38(4), 605-612. <https://doi.org/10.1590/1678-5150-PVB-4786>

Claudio S. L., B., & Rafael, F. (2008). Babesiosis. In: Foreign animal diseases. 7th edition. *United States Animal Health Association*, 147-158. https://www.usaha.org/upload/Publication/Other/FAD_7th_Combined.pdf

Estrada-Peña, A., Mallón, A. R., Bermúdez, S., Fuente, J. de la, Domingos, A., García, M. P. E., Labruna, M. B., Merino, O., Mosqueda, J., Nava, S., Cruz, R. L., Szabó, M., Tarragona, E., & Venzal, J. M. (2022). One Health Approach to Identify Research Needs on *Rhipicephalus microplus* Ticks in the Americas. *Pathogens*, 11(10), 1180. <https://doi.org/10.3390/pathogens11101180>

Figuroa, J. V., Chieves, L. P., Johnson, G. S., & Buening, G. M. (1992). Detection of *Babesia bigemina*-infected carriers by polymerase chain reaction amplification. *Journal of Clinical Microbiology*, 30(10), 2576-2582. <https://doi.org/10.1128/JCM.30.10.2576-2582.1992>

Figuroa, J. V., Chieves. L.P, Johnson, G. S., & Buening, G. M. (1993). Multiplex polymerase chain reaction based assay for the detection of *Babesia bigemina*, *Babesia bovis* and *Anaplasma marginale* DNA in bovine blood. *Veterinary Parasitology*, 50(1-2) 69-81. [https://doi.org/10.1016/0304-4017\(93\)90008-B](https://doi.org/10.1016/0304-4017(93)90008-B)

Grisi, L., Massard, C. L., Moya Borja, G. E., & Pereira, J. B. (2002). Impacto econômico das principais ectoparasitoses em bovinos no Brasil. *A hora veterinária*, 21(125), 8-10. <https://www.scienceopen.com/document?vid=64b2ed5e-8178-4017-a178-3ac060feb7e3>

Herrera, M., Soto, Á., Urrego, V., Ribera, G., Zapata, M., & Rios, L. (2008). Frecuencia de hemoparásitos en bovinos del bajo Cauca y alto San Jorge, 2000-2005. *Revista*



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

MVZ Córdoba, 13(3), 1486-1494. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0122-02682008000300008&script=sci_arttext

Jaén T, M. (2007). Seroprevalencia de *Babesia bovis* en bovinos de leche del sistema doble propósito localizados en un Bosque húmedo tropical de Panamá. *Boletín de Parasitología*, 8(2), Impreso.

Jaén T, M. (2009). Estudio serológico prospectivo del *Anaplasma marginale* en terneros de fincas de producción de leche en la Región de Azuero. Panamá. 2007-2008. *Boletín de Parasitología*, 10(4). Impreso.

Jaén T, M., Vega B, V., & Vega, M. (2009). Incidencia de *Babesia bovis* en terneros Brahman en un bosque muy húmedo tropical de Panamá. 1996-1997. *Compendio de Resúmenes de Investigación En Salud Animal, Periodo 1980-2007*, 76. Impreso.

Kocan, K. M., De la Fuente, J., Guglielmono, A. A., & Meléndez, R. D. (2003). Antigens and alternatives for control of *Anaplasma marginale* infection in cattle. *Clinical Microbiology Reviews*, 16(4), 698-712.

<https://doi.org/10.1128/CMR.16.4.698-712.2003>

Kocan, K. M., De La Fuente, J., Blouin, E. F., & Garcia-Garcia, J. C. (2004). *Anaplasma marginale* (Rickettsiales: Anaplasmataceae): recent advances in defining host-pathogen adaptations of a tick-borne rickettsia. *Parasitology*, 129(S1), S285-S300.

<https://doi.org/10.1017/S0031182003004700>

Lew, A. E., Bock, R. E., Minchin, C. M., & Masaka, S. (2002). A *msp 1* a polymerase chain reaction assay for specific detection and differentiation of *Anaplasma marginale* isolates. *Veterinary Microbiology*, 86(4), 325-335.

[https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(02)00017-2)

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2024a). Dirección Nacional de Ganadería. *Proyecto de Planificación Del Desarrollo Agrícola (PAN 74005)*. Recuperado el 26 de agosto de 2024. <https://es.slideshare.net/slideshow/panama-9928748/9928748>



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 (2024b). *Dirección Nacional de Salud Animal (DINASA)*. Boletines Epidemiológicos.

Medina-Naranjo, V. L., Reyna-Bello, A., Tavares-Marques, L. M., Campos, A. M., Ron-Román, J. W., Moyano, J. C., ... & Chávez-Larrea, M. A. (2017). Diagnóstico de los Hemotrópicos *Anaplasma marginale*, *Trypanosoma* spp. y *Babesia* spp. mediante las técnicas de ELISAi y PCR en tres fincas ganaderas de la provincia de Pastaza, Ecuador. *Revista Científica*, 27(3), 162-171.

<https://www.redalyc.org/journal/959/95952010005/>

Mosqueda Gualito, J. J., Falcón Neri, A., Ramos Aragón, J. A., Canto Alarcón, G. J., & Camacho-Nuez, M. (2012). Estrategias genómicas y moleculares para el control de la babesiosis bovina. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3, 51-59.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242012000500007&lng=es

Oliveira, M. C. S., Oliveira-Sequeira, T. C. G. D, Regitano, L. C. A., Alencar, M. M. D, Néo, T. A., Silva, A. M., & Oliveira, H. N. D. (2008). Detection of *Babesia bigemina* in cattle of different genetic groups and in *Rhipicephalus (Boophilus) microplus* tick. *Veterinary Parasitology*, 155(3-4), 281-286.

<https://doi.org/10.1016/J.VETPAR.2008.04.022>

Parola, P., & Raoult, D. (2001). Ticks and tickborne bacterial diseases in humans: an emerging infectious threat. *Clinical Infectious Diseases: An Official Publication of the Infectious Diseases Society of America*, 32(6), 897-928.

<https://doi.org/10.1086/319347>

Ravindran, R., Rao, J. R., & Mishra, A. K. (2006). Detection of *Babesia bigemina* DNA in ticks by DNA hybridization using a nonradioactive probe generated by arbitrary PCR. *Veterinary Parasitology*, 141(1-2), 181-185.

<https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2006.04.033>



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

Reinbold, J. B., Coetzee, J. F., Hollis, L. C., Nickell, J. S., Riegel, C. M., Christopher, J. A., & Ganta, R. R. (2010). Comparison of iatrogenic transmission of *Anaplasma marginale* in Holstein steers via needle and needle-free injection techniques. *American Journal of Veterinary Research*, 71(10), 1178-1188.

<https://doi.org/10.2460/ajvr.71.10.1178>

Ríos-Tobón, S., Gutiérrez-Builes, L. A., & Ríos-Osorio, L. A. (2014). Assessing bovine babesiosis in *Rhipicephalus* (Boophilus) *microplus* ticks and 3 to 9-month-old cattle in the middle Magdalena region, Colombia. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 34(4), 313-319. <https://doi.org/10.1590/S0100-736X2014000400002>

Smith, R. D. (1978). Ciclo biológico de Babesia en la garrapata. *Ciencia Veterinaria*, 2, 233-264. <https://fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CVvol2/CVv2c9.pdf>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2024). Specimen Records Collections. <https://panamabiota.org/stri/collections/index.php>

Suarez, C. E., Palmer, G. H., Jasmer, D. P., Hines, S. A., Perryman, L. E., & McElwain, T. F. (1991). Characterization of the gene encoding a 60-kilodalton Babesia bovis merozoite protein with conserved and surface exposed epitopes. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 46(1), 45-52.

[https://doi.org/10.1016/0166-6851\(91\)90197-E](https://doi.org/10.1016/0166-6851(91)90197-E)

Ueti, M. W., Reagan, J. O., Knowles, D. P., Scoles, G. A., Shkap, V., & Palmer, G. H. (2007). Identification of Midgut and Salivary Glands as Specific and Distinct Barriers to Efficient Tick-Borne Transmission of *Anaplasma marginale*. *Infection and Immunity*, 75(6), 2959. <https://doi.org/10.1128/IAI.00284-07>

Organización Mundial de Sanidad Animal. (2021). *OIE Technical Disease Card: Bovine Babesiosis*. https://www.woah.org/en/document/bovine_babesiosis/



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

AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE LA MICROBIOTA DE SUELOS DEDICADOS AL CULTIVO DE TOMATE EN AZUERO¹

**Maryuri Estrada²; Julio Rachel³; Rito Herrera⁴; Lisbeth L. Rodríguez⁵
Dalila Montañez⁶; Gesabel Navarro⁷; Álex Martínez⁸**

RESUMEN

Los hongos antagonistas representan una alternativa ecológica ante la utilización de agroquímicos para el control de microorganismos fitopatógenos que afectan los cultivos. Este trabajo se realizó entre el 2016 y 2017, con el propósito de encontrar hongos del género *Trichoderma* y conocer la diversidad de hongos presentes en suelos dedicados al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Se seleccionaron ocho sitios de estudio ubicados en la península de Azuero. En total, se colectaron 200 muestras de suelo (25 por sitio) y se realizaron diluciones seriadas para el aislamiento. Se aislaron un total de 590 hongos, generando 576 inclinados (morfotipos). La identificación se realizó a nivel de género y morfoespecie, para los hongos que produjeron estructura vegetativa. Los datos se analizaron mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Se logró aislar 340 crecimientos fúngicos en platos Petri pequeños, agrupados en 15 géneros. El 75% de los aislamientos se identificó a nivel de género; 2% fueron levaduras; 23% micelio estéril. Los géneros más frecuentes fueron: *Aspergillus* y *Penicillium*. Además, se realizaron pruebas bioquímicas de respiración microbiana y actividad enzimática de la deshidrogenasa en los suelos de las cuatro fincas de mayor importancia agrícola, donde se determinó que el suelo que presentó mayor actividad microbiana xi (producción de CO₂) fue el de La Colorada, seguido por El Faldar y Tonosí; el que presentó menor actividad microbiana fue Tonosí Centro. Con el cálculo de las UFC se pudo determinar que la carga fúngica óptima se encuentra en la dilución 10⁻⁴.

Palabras clave: Alternativa ecológica, *Aspergillus*, hongos antagonistas, *Penicillium*, *Trichoderma*.

¹Recepción: 10 de septiembre de 2024. Aceptación: 01 de octubre de 2024. Trabajo de Graduación para optar por el título de Licenciatura en Biología con orientación en Microbiología y Parasitología, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.

²Universidad de Panamá (UP). Lic. Biología. e-mail: maryuseth11@gmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-1342-3298>

³UP. Lic. Biología. e-mail: shelli.060304@gmail.com

⁴IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos (CIARG) - Universidad de Panamá. Ph.D. Microbiología. e-mail: rito.herrera@up.ac.pa; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

⁵IDIAP. Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA). Licenciatura en Biología con orientación en Biología Ambiental. e-mail: lisbethlourdes20@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1750-9228>

⁶UP. Ph.D. Biología. e-mail: Dalmontz.crua@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-0218-5796>

⁷UP. Ph.D. Biología. e-mail: gnavarro_76@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2547-0052>

⁸UP. Ph.D. Biología. e-mail: amartinet13@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5001-6217>



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

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF MYCOBIOTA FROM SOILS DEDICATED TO TOMATO CULTIVATION IN AZUERO

ABSTRACT

Antagonist fungi represent an ecological alternative to the use of agrochemicals to control phytopathogenic microorganisms that affect crops. This work was carried out during 2016 and 2017 with the purpose of finding fungi of the genus *Trichoderma* and knowing the diversity of fungi present in soils dedicated to the cultivation of tomatoes (*Solanum lycopersicum*). Eight study sites located in the Azuero Peninsula were selected. In total, 200 soil samples were collected (25 per site) and serial dilutions were carried out for isolation. Thus, a total of 590 fungi were isolated, thus generating around 576 inclined fungi (morphotypes). The identification was carried out at the genus level, and at the morphospecies, for fungi that only produced vegetative structure. The data were statistically analyzed using Pearson's correlation coefficient. On the other hand, 340 fungal growths were isolated in small Petri dishes, grouped into 15 genera. 75% of the isolates were identified at the gender level; 2% were yeasts; 23% were sterile mycelium. The most frequent genera were: *Aspergillus* and *Penicillium*. In addition, biochemical tests of microbial respiration and enzymatic activity of dehydrogenase were carried out in the soils of the four farms of greatest agricultural importance, where it was determined that the soil that presented the highest microbial activity xi (CO₂ production) was that of La Colorada, followed by El Faldar and Tonosí; the one that presented the lowest microbial activity was Tonosí Centro. With the calculation of the CFU it was possible to determine that the optimal fungal load is found in the 10⁻⁴ dilution.

Keywords: Antagonistic fungi, *Aspergillus*, ecological alternative, *Penicillium*, *Trichoderma*.

INTRODUCCIÓN

Los hongos presentes en el suelo representan la micobiota edáfica, estos ocupan el mayor porcentaje de biomasa microbiana de dicho recurso. Además, desempeñan una serie de funciones claves para el funcionamiento de los ecosistemas, tales como la descomposición orgánica de la materia y el ciclaje de nutrientes. Estos procesos son esenciales para los suelos agrícolas, ya que si existe una diversidad de hongos benéficos que aumentan la productividad y el rendimiento de los cultivos (Landínez-Torres y Fagua, 2022).

Tradicionalmente, para el control de organismos fitopatógenos se utilizan los agroquímicos, sin embargo, el uso de hongos en la agricultura representa una alternativa



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 biocontrol eficiente ante los patógenos presentes en los suelos agrícolas, a la vez que se disminuye el uso de compuestos sintéticos y con esto los efectos negativos que ocasionan en el ambiente (Heflish et al., 2021).

En Panamá la mayor producción del cultivo de tomate industrial (*Solanun lycopersicum*) se da en la península de Azuero, específicamente en el distrito de Los Santos, provincia de Los Santos. Datos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA, 2014) indican que en el Arco Seco de Panamá se cultiva el 80% de este rubro. El cultivo se da principalmente durante la estación seca, reportando una superficie total de 147 hectáreas y un rendimiento promedio de 46,9 t/ha (NESTLÉ , 2017).

Las estrategias utilizadas tradicionalmente para el control de plagas han provocado: degradación de los agroecosistemas, contaminación del medio y daños a la salud de los productores y consumidores. Esto representa una amenaza para el desarrollo sostenible de cualquier región. En ese sentido, se presenta el reto de encontrar alternativas tecnológicas más eficientes para la producción agrícola (MacLaren et al., 2020).

El uso indiscriminado de agroquímicos también disminuye la calidad de los suelos, ya que con su aplicación se eliminan la mayoría de los organismos presentes, sin distinción entre patógenos y benéficos, por lo que es necesario que se dé un adecuado manejo del recurso, esto implica el mantenimiento de su estructura y composición. Además, en caso de que se requieran se adiciona nutrientes esenciales mediante la aplicación de abonos orgánicos según las recomendaciones de fertilización dada por los análisis físicoquímicos del suelo (Medina Mendoza y Vélez Medina, 2018).

En la actualidad, con el desarrollo tecnológico se han generado avances en la agroindustria y biotecnología, esto ha permitido conocer los beneficios que aportan los microorganismos para el desarrollo de la vida y calidad de los suelos. De manera que estos puedan aplicarse de manera eficiente. Esto es de gran importancia para el futuro alimenticio de la población en crecimiento que cada día demanda una mayor cantidad y calidad de alimentos (Rea-Sánchez et al., 2015).



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 objetivo principal de esta investigación fueron aislar e identificar hongos del género *Trichoderma* sp., el cual se ha reportado como un agente de biocontrol eficaz y conocer la diversidad fúngica presente en suelos dedicados al cultivo del tomate (*S. lycopersicum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

Para este trabajo se seleccionaron ocho sitios (Cuadro 1) ubicados en la provincia de Los Santos, distritos de Los Santos (cinco fincas) y Tonosí (tres fincas) (Figura 1). La principal característica para la selección de las fincas era que se hubiera sembrado tomate al menos un año antes o que se estuviera cultivando durante el transcurso de la investigación. Las muestras fueron tomadas a inicios de la estación lluviosa (mayo).

Cuadro 1. Coordenadas de los sitios de muestreo.

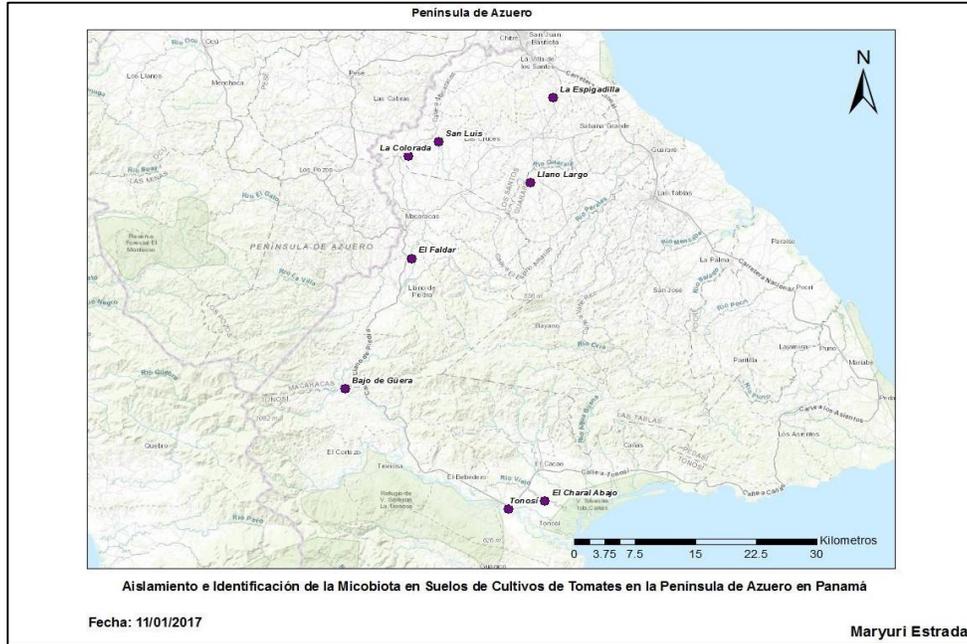
Sitios de muestreo	Latitud	Longitud
La Espigadilla	7,884642	-80,38874
Llano Largo	7,785507	-80,414192
El Faldar	7,69697574	-80,546342 106 msnm
Bajo de Güera	7,545002	-80,620354 115 msnm
El Charal Abajo	7,413587	-80,397996 8 msnm
Tonosí	7,404149	-80,438767 7 msnm
San Luis	7,83333	-80,5167
La Colorada	7,81667	-80,55

Colecta de muestra

En cada finca se trazó una parcela, en donde se seleccionaron cinco puntos para la colecta de muestra (Figura 2). Luego se tomaron aproximadamente 500 g de suelo a una profundidad de 20 cm, ya que esta es la profundidad que más o menos alcanzan las raíces. Las muestras se almacenaron en frío para su posterior análisis en Laboratorio.

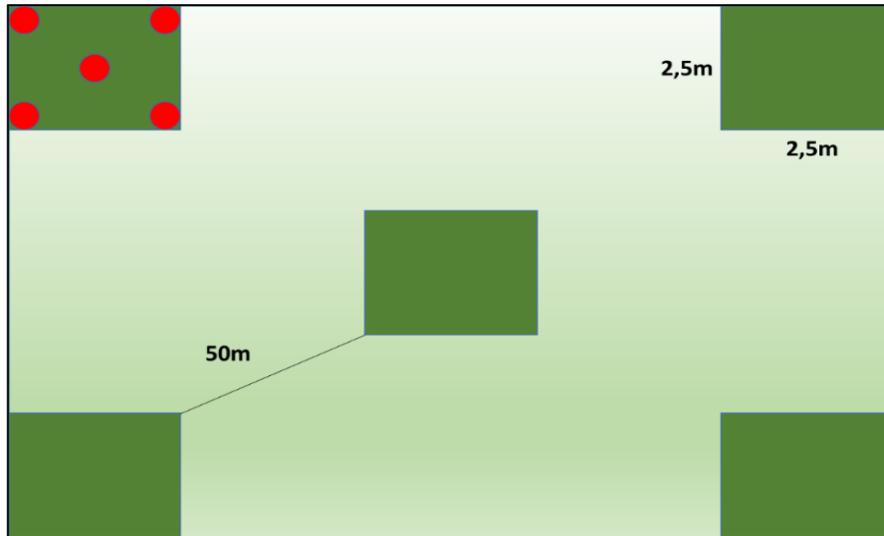


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Fuente: Google Earth, 2024.

Figura 1. Ubicación de las fincas de estudio.



Fuente: Hernández et al., 2016.

Figura 2. Esquema utilizado para la colecta de muestra.



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 estadístico

Se analizó el coeficiente de correlación de Pearson para variables cuantitativas (géneros de hongos filamentosos aislados y las Unidades Formadoras de Colonias) y el índice de Simpson para determinar la abundancia de géneros aislados.

Análisis de suelo

El análisis fisicoquímico del suelo se realizó únicamente en cuatro sitios (El Faldar, Tonosí, Tonosí Centro y La Colorada) por ser consideradas las fincas de mayor producción de tomate. El análisis fue realizado por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). También, se realizaron pruebas bioquímicas en Laboratorio para determinar la actividad biológica del suelo, las cuales se describen a continuación:

Actividad de la Enzima Deshidrogenasa

La determinación de la actividad de la enzima deshidrogenasa (ADH) en los suelos está relacionada con el contenido de Materia Orgánica (MO) y puede utilizarse como indicador biológico, e índice de Actividad Microbiológica (IAM). Para determinar dicha actividad se realizó el Método de Casida et al. (1967), descrito a continuación:

Se colocaron 6 g de suelo húmedo en tubos de ensayo suplementado con 50 mg de glucosa para acelerar el proceso de activación de los microorganismos. Luego se añadieron 2 mL de agua destilada y 1 mL de Cloruro de 2,3,5-trifeniltetrazolium (TTC) al 3%. Se homogeneizó la mezcla hasta obtener una consistencia lodosa. Cada tubo fue cubierto con papel aluminio e incubado en oscuridad, a una temperatura de $26^{\circ}\text{C}\pm 2$ por 8 días. Transcurrido este tiempo se añadió 25 mL de metanol a cada tubo. Se homogeneizó nuevamente y se dejó reposar hasta la precipitación de las partículas de suelo. Se filtró el sobrenadante con la ayuda de un sistema de filtrado al vacío y se colocó en un tubo hasta obtener un volumen de 25 mL. Finalmente, se tomó lectura por espectrofotometría a una absorbancia de 485 nm. Como blanco se utilizó una mezcla que contenía: 2 mL de agua, 1 mL de TTC y 25 mL de metanol.



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

Contenido de humedad en suelos

En análisis microbianos, para determinar el contenido de humedad es usualmente reportado como el porcentaje de humedad relativa. Este se define como:

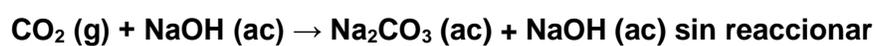
$$\% = \frac{m - d}{m} (100)$$

(m) es la masa de suelo húmedo antes del secado y (d) es la masa de suelo luego de secado al horno.

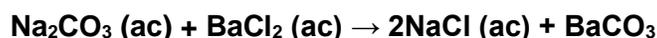
Respiración microbiana

Inicialmente se realizó la incubación de las muestras, para esto se seleccionó un frasco de vidrio de boca ancha con cierre hermético, en donde se añadieron 25 g de suelo húmedo. El cual se mantuvo en oscuridad a 26° C durante 10 días. Adicional, se utilizaron envases pequeños de plástico, los cuales contenían: 10 mL de NaOH 0,1M y 10 mL de agua destilada. Para el blanco o control se realizó el montaje con NaOH sin suelo. La solución de NaOH se cambió periódicamente, los días 1°, 2°, 4°, 7° y 10° de la incubación.

Se determinó la concentración de CO₂ capturado. Para ello, se procedió a tomar una alícuota de 2 mL de cada tratamiento y se le añadió agua destilada (1-2 mL aprox.). Siguiendo la siguiente reacción:



Previamente, a la titulación se adicionó 1 mL de BaCl₂ al 20%, para que los carbonatos que se formaron se precipitaran en forma de BaCO₃ de acuerdo con la siguiente reacción:



La técnica implicó calcular la cantidad de NaOH que queda sin reaccionar en el proceso de respiración (exceso), valorándolo con HCl 0,1 M en una bureta, utilizando azul de timol 1% como indicador. El CO₂ emitido por el suelo se calculó como la diferencia entre



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

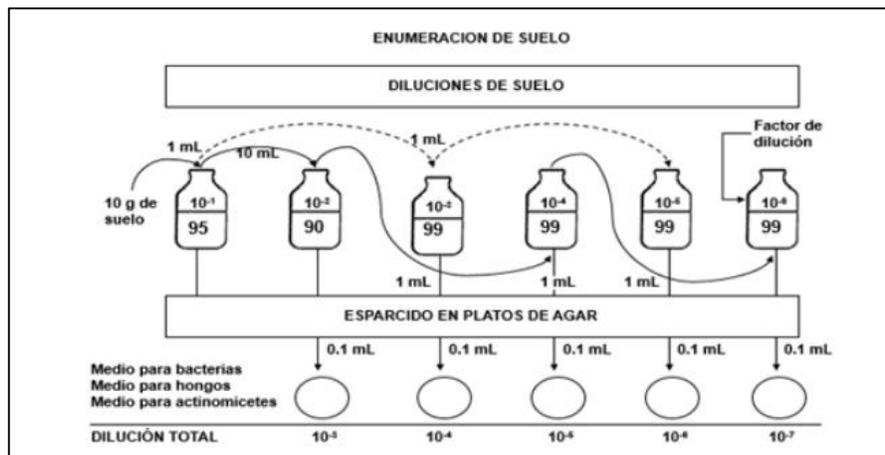
el valor de titulación de un blanco sin suelo (NaOH) y el de cada muestra expuesta a la actividad microbiana (NaOH + CO₂ [suelo]). La cantidad de CO₂ desprendido de la mineralización se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CO}_2 = (\text{B}-\text{M}) \times \text{NHCl} \times \text{Peq} \times \text{A} \times 100 / [25(\text{ss}/\text{sh})]$$

Dónde: CO₂ = mg CO₂ • 100 g⁻¹ de suelo seco a 105° C; B = volumen de HCl consumido por el blanco; M= volumen de HCl consumido por la muestra; NHCl= concentración o normalidad exacta del ácido clorhídrico; Peq = peso equivalente del CO₂ emitido (44/2); A = alícuota de la muestra expuesta al suelo (10/2); Ss/sh = relación de suelo seco a 105° C Y suelo húmedo (en gramos).

Aislamiento microbiano

El análisis de las muestras de suelo se realizó en los Laboratorios de Microbiología y Parasitología de la Universidad de Panamá, durante los años 2016 y 2017. Siguiendo la metodología de Hernández et al. (2016) se realizaron diluciones seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁶. Posteriormente, se extendieron 100 µl de cada dilución en platos Petri de 20 mL con medio agar papa dextrosa (PDA) + ácido tartárico (1,4%) previamente preparado (Figura 3). Este procedimiento se realizó con sus correspondientes réplicas.



Fuente: Hernández et al., 2016.

Figura 3. Esquema utilizado para la dilución seriada de las muestras 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/)

Identificación

Los aislamientos se transfirieron a viales de 10 mL, conteniendo 5 mL de agar (PDA) inclinado y se incubaron a 25-28° C. El criterio empleado para la identificación fue la categoría morfotipo para estructura vegetativa, mientras que aquellos aislamientos que desarrollaron estructuras reproductivas se identificaron mediante las claves de (Watanabe, 2010).

Las características empleadas para la agrupación morfológica fueron las siguientes: tasa de crecimiento (lento, moderado o rápido), presencia o ausencia de micelio aéreo, textura del micelio (18 categorías), forma del margen (liso, irregular, flecos entre otros), elevación o profundidad de la colonia (convexo, plano, tubo cubierto de micelio entre otros) presencia de cuerpos fructífero, color del agar y del micelio aéreo (Moller et al., 1995). La caracterización taxonómica se realizó con la comparación y agrupamiento de los aislamientos por cada muestra de suelo.

Caracterización de morfotipos mediante el método de microcultivo

Este método de microcultivo es el más preciso, ya que permite observar las estructuras fúngicas *in situ*. Para su realización se utilizó un plato Petri con un caballete de vidrio en forma de U. Inicialmente se depositaron 5 mL de agua estéril en el plato y se colocó un portaobjeto sobre el caballete, luego con una pipeta estéril se vertió una capa de agar en la superficie de la lámina (Arenas, 1983).

Se inoculó el centro con un fragmento del cultivo y se fijó con un cubreobjeto estéril. Se incubo a la temperatura seleccionada para cada aislamiento. Pasado el tiempo se retiró el cubreobjeto y se añadió una gota de azul de lactofenol para su observación al microscopio (40X y 100X) (Arenas, 2003; Casas, 1989).

Técnica de cinta adhesiva

Esta técnica es una de las más utilizadas debido a que se conserva la yuxtaposición original de las esporas y el segmento de hifas (Koneman y Roberts, 1987). Además de permitir observar las estructuras fúngicas casi sin alteración (Arenas, 1993).



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 esta prueba se tomó cinta adhesiva de 4 cm con pinzas estériles y con el lado adhesivo hacia fuera, se presionó firmemente contra la superficie de las colonias de estudio. Posteriormente, la cinta se colocó en un portaobjeto con una gota de azul de lactofenol.

Preservación en glicerol y agua estéril

Los hongos se almacenaron en glicerol al 30%. Se realizó una suspensión para cada hongo, con el objetivo de obtener la mayor cantidad de esporas.

En los platos Petri se colocaron los aislamientos hasta que se cubriera en su totalidad el plato, luego se le añadió 2 mL de agua estéril y se procedió a frotar la superficie del plato para levantar la mayor cantidad de esporas.

Para cada aislamiento se tomaron dos crioviales, en uno se añadió 10 µL de la suspensión de esporas + 990 µL de agua estéril para efectuar una dilución 1/100 y efectuar el conteo de esporas. En el otro criovial se agregó 700 µL de la suspensión de esporas + 300 µL de glicerol, y se agitó por 1 min, para luego almacenarse a -80° C.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Propiedades fisicoquímicas de los sitios de muestreo

El suelo de las cuatro fincas seleccionadas presentó un color amarillento, con una textura franco-arenosa. En la zona del “Arco Seco” de Azuero, la evaporación supera la precipitación anual, lo que contribuyó a que los suelos de estudio presentaran (0,10 cmol/kg) (Villarreal-Núñez et al.,2012) y consecuentemente presentaran un bajo nivel de saturación de aluminio.

Los análisis hechos por el IDIAP determinaron que los niveles de materia orgánica fueron bajos, manteniéndose en un rango entre 0,48%- 1,75%; estos suelos también presentaron niveles de pH poco ácidos (6,10 – 6,90), con la excepción de la Colorada que presento un pH de 5,60 (ácido); además se comparó la Capacidad de Intercambio Catiónico (CICE) (Cmol/kg) de las muestras. Estas se mantuvieron en niveles medio a excepción de la Colorada con 41,35 (Alto). Estos datos coinciden con lo planteado por



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-Núñez et al., 2012), en donde indican que en los últimos años ha habido una reducción en el contenido de MO en la península de Azuero.

En general, los suelos de Panamá están lavados o lixiviados, son de textura franco-arcillosa o de arcilla liviana, con pH ligeramente ácido, presentan bajos contenidos de fósforo y medianos o bajos contenidos de materia orgánica. El nivel deseable de MO en los suelos arcillosos medios es del 2%, pudiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en los arenosos, el cuál encaja con las muestras de nuestro estudio, sin embargo, los valores obtenidos fueron muy bajos (Gros y Domínguez, 1992)

Respiración microbiana

El suelo que presentó mayor tasa de respiración microbiana fue el de La Colorada, con $54,15 \text{ mg CO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Cabe señalar que este suelo también presentó el mayor porcentaje de humedad, con un 9,2%. En segundo lugar, El Faldar con $47,61 \text{ mg CO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ y un porcentaje de humedad de 5,2%. En Tonosí se presentó un $45,05 \text{ mg CO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ con un porcentaje de humedad de 4,8. El menor porcentaje de respiración fue Tonosí Centro con un $37,03 \text{ mg CO}_2 \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ con un porcentaje de humedad de 5,4% (Figura 4).

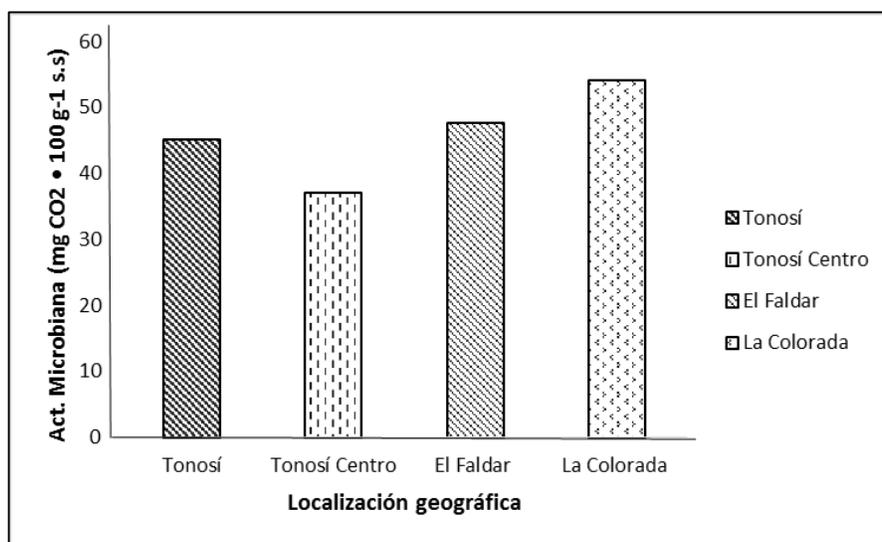


Figura 4. Valores de respiración microbiana en suelo.



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

Cuando existen condiciones aeróbicas en el suelo, gran parte del carbono que ingresa al mismo es lábil y solo una pequeña fracción se acumula en la fracción húmica estable. Según Sánchez-González et al. (2006) aunque el carbono del suelo es susceptible de perderse por deforestación o alteraciones, el suelo puede ser un almacén de carbono o bien convertirse en una fuente de emisiones de CO₂. Lo segundo puede estar ligado al cambio en el uso de la tierra y factores ambientales. En nuestro caso esto se presenta debido a la acción antropogénica realizada con el objetivo de producir cultivares de tomates para la venta.

Actividad deshidrogenasa en suelos

La finca de Tonosí Centro presentó una mayor absorbancia, mientras que La Colorada mostró menor valor. La actividad de la enzima deshidrogenasa (ADH) está relacionada con la tasa de MO y puede utilizarse como indicador biológico tal como señala la Norma de suelos de Panamá en el Decreto Ejecutivo # 2 de 14 de enero de 2009 (gaceta oficial 26201).

Los porcentajes de humedad del 18%, obtenidos en este trabajo, registraron una mayor actividad deshidrogenasa (Figura 5). Mientras que Brzezińska et al. (1998) reportan que con un incremento de agua en el suelo hay una mayor ADH, ya que se reduce el estado de aireación por la disminución del espacio de los poros para la difusión de gases. En nuestro caso, las condiciones de estudio no alcanzan ni la mitad de los valores de porcentajes de humedad que se establecieron en los trabajos anteriormente mencionados. Por lo cual, no pueden compararse. En ese sentido, se requiere de más estudios en suelos agrícolas con menores porcentajes de humedad.

Valoración de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

Se encontró que las diluciones de 10⁻³ a 10⁻⁴, se mantuvieron constantes en la presencia de colonias en casi todos los sitios de muestreo, con excepción de la muestra de Llano Largo, donde la dilución más efectiva fue 10⁻⁶ (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/)

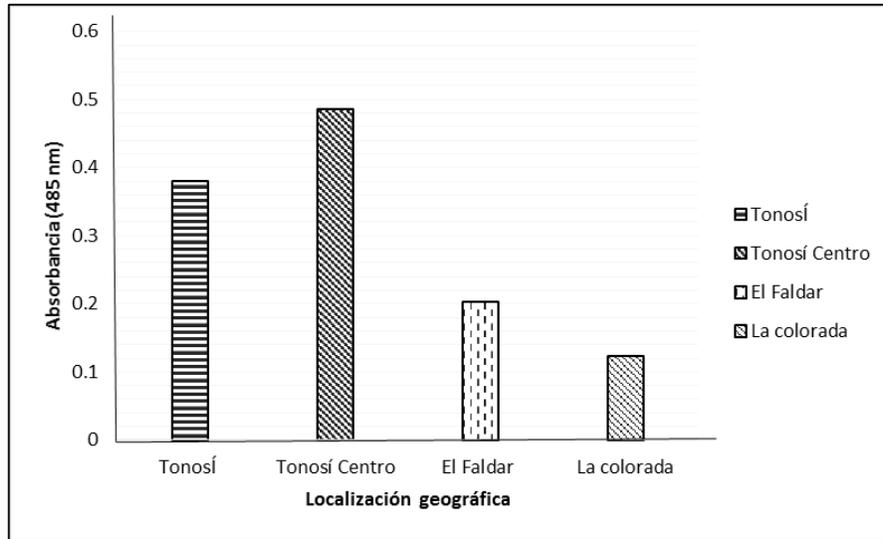


Figura 5. Valores de la actividad deshidrogenasa en suelo.

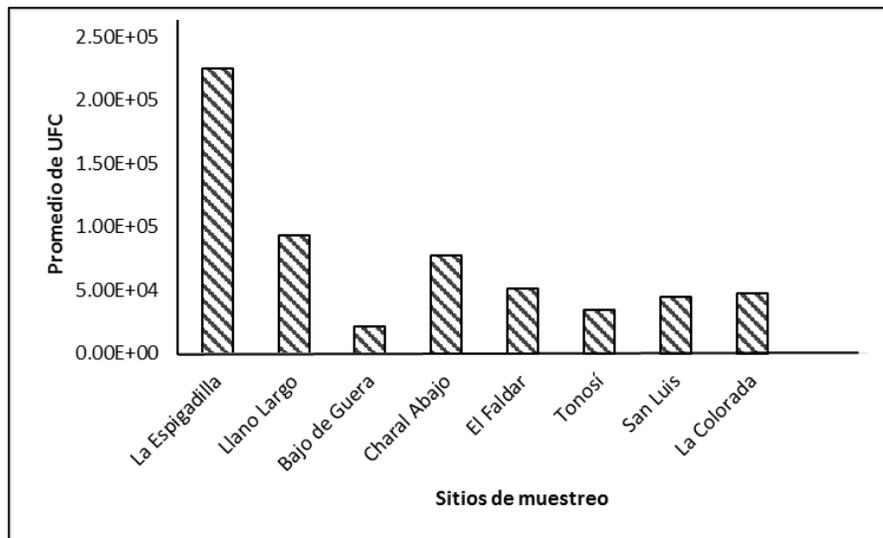


Figura 6. Promedio de Unidades Formadoras de Colonias (UFC) con relación a su carga fúngica por sitio de muestreo.

La interacción de las variables de los géneros de hongos filamentosos aislados y las UFC tuvo un coeficiente de correlación de Pearson de -0,7, lo que indica que ambas variables tienen una relación lineal negativa ($-1 < r < 0$) inversa, a medida que aumentan los valores de x disminuyen los de y donde se obtuvo $r = 0,72748$; y el $r^2 = 0,5292$. Esto no es



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

significativo, ya que el coeficiente de determinación es $r^2 = 53\%$, $p > 0,05$. El r^2 significa que las unidades formadoras de colonias son responsables del 53% de la variabilidad en el número de géneros de hongos filamentosos (Figura 7).

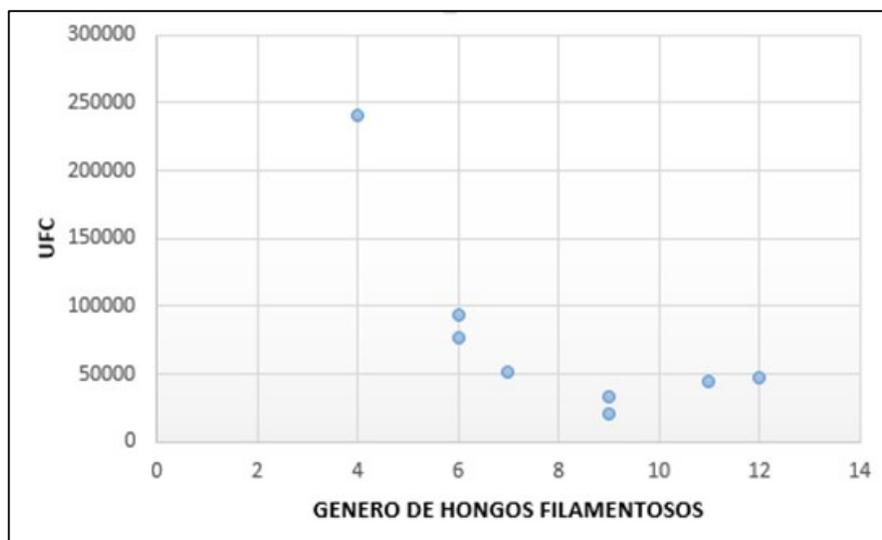


Figura 7. Grado de relación que existe entre el número de géneros de hongos filamentosos aislados y las Unidades Formadoras de Colonias (UFC).

Para medir la abundancia de géneros de hongos filamentosos, se calculó el índice de Simpson, el cual permite medir la dominancia y diversidad. De acuerdo con nuestro grupo de datos, el índice de dominancia de Simpson fue un valor de 0,13769531, lo que indica que la dominancia es baja, mientras que el índice de diversidad de Simpson dio un valor de 0,86230469 indicando una alta diversidad (Cuadro 2).

De la interacción entre las variables de géneros de hongos filamentosos aislados y las UFC, se obtuvo un coeficiente de correlación de Pearson de -0,7, lo cual indica que tienen una relación lineal negativa, coincidiendo este resultado con el estudio realizado por Pacasa-Quisbert et al. (2017) utilizando este estadístico, donde se buscaba la relación entre las UFC y factores físicos (% de MO) que influyen en el número de géneros de hongos filamentosos aislados.



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. Relación entre el área de muestreo y la abundancia de géneros

Área de muestreo	Géneros de hongos filamentosos	Abundancia relativa	P ²
La Espigadilla	4	0,0625	0,00390625
Llano Largo	6	0,09375	0,00878906
Charal Abajo	6	0,09375	0,00878906
El Faldar	7	0,109375	0,01196289
Bajo de Güera	9	0,140625	0,01977539
Tonosí	9	0,140625	0,01977539
San Luis	11	0,171875	0,02954102
La Colorada	12	0,1875	0,03515625

Los géneros de mayor incidencia fueron: *Aspergillus* sp. con 34%, *Penicillium* sp. con 20% y un 23% de micelio estéril. Mientras que los de menor incidencia fueron: *Paecilomyces* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Ramichloridium* sp., *Rhizopus* sp., *Scopulariopsis* sp., *Geotrichum* sp., *Cladosporium* sp., *Pythium* sp., *Mucor* sp., *Trichoderma* sp., *Cunninghamella* sp., *Curvularia* sp., levaduras y micelio estéril, con porcentajes menores al 4%.

A pesar de que muchos de los géneros aislados actúan como saprófitos, algunas especies son fitopatógenas bajo ciertas condiciones, pero en zonas de sabana tropical como las estudiadas en este trabajo, las cuales son similares a las zonas semi áridas o áridas, existen hongos característicos, como *Aspergillus* y *Penicillium* (Silverio et al., 1991). Hay que acotar que las especies presentes pueden variar según la acidez o basicidad que se presente el suelo.

Características macroscópicas de los aislamientos

Las colonias de los géneros aislados en este estudio se presentan en la Figuras 8 y las características macroscópicas de cada uno se describen en el Cuadro 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 8. Desarrollo macroscópico de las colonias en el anverso del plato Petri.



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 3. Descripción macroscópica de hongos filamentosos sembrados en agar PDA.

N° de plato	GÉNERO	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS
1	<i>Aspergillus</i>	Anverso: Colonias de margen irregular, color verde caña, de rápido crecimiento y textura granulosa densa. Reverso: color verde claro.
2	<i>Aspergillus</i>	Anverso: Colonias de margen irregular, bordes externos blancos, seguido de un color marrón y en el interior, de color verde oscuro. Las esporas son de rápido crecimiento y textura granulosa densa. Reverso: de textura rugosa en forma de raíz, de color blanco con líneas amarillas.
3	<i>Penicillium</i>	Anverso: Colonia de margen redondeado suave, borde blanco 5mm, de color verde claro presenta un degradado hacia el centro blanco a rosado con un aro amarillo claro y un punto de exudado color naranja en el centro, moderado crecimiento y textura aterciopelada. Reverso: con textura liza y de color claro.
4	<i>Penicillium</i>	Anverso: Colonia de margen redondeado suave, de color rojo claro con aros internos de color rojo vino, textura aterciopelada, crecimiento moderado. Reverso: de color rojo, medio de cultivo cambia a rojo oscuro al pasar las semanas.
5	<i>Ramichloridium</i>	Anverso: Colonia presenta un margen irregular, de color chocolate oscuro hacia el centro, pequeños parches y bordes chocolate con tonalidad más clara, textura aterciopelada, crecimiento moderado. Reverso: de color chocolate oscuro, textura lisa.
6	<i>Colletotrichum</i>	Anverso: Colonia de margen redondeado, de borde como raíz, color blanco, textura lanosa, micelio aéreo de crecimiento rápido. Reverso: de color amarillo claro con textura lisa.
7	<i>Trichoderma</i>	Anverso: Colonia de margen redondeado con textura aterciopelada, de color blanco aros internos, de color verdoso aros externos que se tornan verde oliva con el tiempo formándose anillos concéntricos de color amarillo, de crecimiento rápido. Reverso: color blanco de textura lisa.
8	<i>Aspergillus</i>	Anverso: Colonia de margen irregular suave, superficie densamente aterciopelada, presenta centro de color verde caña, sin exudados. Micelio joven de color blanco textura algodonosa hacia los bordes, con crecimiento rápido. Reverso: de color que va en una tonalidad de blanco-crema.
9	<i>Aspergillus</i>	Anverso: Colonia de margen irregular suave, de color blanco y centro de color amarillo claro, de textura aterciopelada, crecimiento moderado. Reverso: de textura poco rugosa de color amarillo.
10	<i>Rhizopus</i>	Anverso: Colonia de margen irregular liso, de color blanco tornándose a café con el tiempo, micelio aéreo alcanzando altura de 1cm en el agar de crecimiento rápido, de textura algodonosa. Reverso: de color blanco de textura lisa.



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

Continuación

Cuadro 3. Descripción macroscópica de hongos filamentosos sembrados en agar PDA.

11	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonia de margen redondeado suave, de color blanco y centro naranja con textura aterciopelada y decrecimiento moderado.</p> <p>Reverso: de color naranja claro y textura lisa.</p>
12	<i>Fusarium</i>	<p>Anverso: Colonia con margen redondeado suave, con borde aterciopelado, de color chocolate y un centro con textura serosa de color salmón, crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: de color salmón, textura lisa.</p>
13	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonia con margen redondeado de borde regular, superficie de la colonia con textura algodonosa, presenta un aro externo de tonalidad blanca, centro con aro de color rosado, crecimiento moderado.</p> <p>Reverso: es de color blanco hacia el borde, centro color crema, de textura lisa.</p>
14	<i>Aspergillus</i>	<p>Anverso: Colonias de margen irregulares suaves, de color chocolate oscuro y borde de 0.2 cm de color amarillo, textura granular densa.</p> <p>Reverso: de color amarillo con textura corrugado en forma de raíz.</p>
15	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonias con márgenes redondeados suave, superficie corrugada, de textura aterciopeladas, de color verde olivo y bordes de 0.2cm en color blanco, presenta exudados incoloros.</p> <p>Reverso: de color blanco con textura arrugada en forma de raíz.</p>
16	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonias con márgenes irregulares suave, presenta una superficie aterciopelada, de borde de color blanco y aros amarillo, centro de color verde oscuro, crecimiento rápido, Presenta exudados incoloros.</p> <p>Reverso: de color blanco, libera un pigmento de color rojo que cambia el medio de cultivo al pasar el tiempo.</p>
17	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonias con márgenes redondeados, superficie irregular, textura aterciopelada compacta, de color blanco inicialmente se torna a rosado y rojo vino, presenta exudados de color rojo oscuro dispersos en todo el centro, con un crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: de color rojo cambia el medio de cultivo a rojo oscuro.</p>
18	<i>Fusarium</i>	<p>Anverso: Colonia de margen redondeado, superficie con textura aterciopelada, micelio en las paredes, de color blanco y con un aro de color lila, crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: de color crema claro y de textura lisa.</p>
19	<i>Rhizopus</i>	<p>Anverso: Colonia de margen redondeado liso, de color blanco tornándose a grisáceo con el tiempo, micelio aéreo alcanzando altura de 1cm en el agar, de crecimiento rápido, de textura algodonosa.</p> <p>Reverso: de color blanco, textura lisa.</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/)

Continuación

Cuadro 3. Descripción macroscópica de hongos filamentosos sembrados en agar PDA.

20	<i>Curvularia</i>	<p>Anverso: Colonia de margen redondeado, con superficie presenta textura felpa densa, de color café oliva que al pasar el tiempo se torna de un color negro grisáceo, de crecimiento rápido y no presenta exudados.</p> <p>Reverso: torna de color azul oscuro a negro el medio de cultivo.</p>
21	<i>Aspergillus</i>	<p>Anverso: Colonias de márgenes irregulares, de color chocolate oscuro, textura granular densa similar a tierra.</p> <p>Reverso: de color amarillo claro, con textura corrugado en forma de raíz.</p>
22	Micelio estéril	<p>Anverso: Colonias de márgenes redondeados suave, inicialmente de color blanco cambiándose rápidamente a un tono anaranjado vibrante, textura aterciopelada, de crecimiento moderadamente rápido.</p> <p>Reverso: de color amarillo claro, de textura lisa.</p>
23	<i>Aspergillus</i>	<p>Anverso: Colonias de márgenes redondeados, presenta una textura similar sémola, color chocolate claro, de rápido crecimiento.</p> <p>Reverso: de color amarillo claro y libera un pigmento amarillo, cambia el medio de cultivo a una tonalidad amarillenta.</p>
24	<i>Aspergillus</i>	<p>Anverso: Colonias sin márgenes visibles, superficie plana, presenta una cubierta pulverulenta, de color verde olivo, de crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: de color verde claro, sin presentar textura.</p>
25	<i>Aspergillus</i>	<p>Anverso: Colonias de márgenes irregulares, presentan una superficie con textura granulosa, de color chocolate, bordede color blanco y centro de color verde olivo, textura pulverulenta, de crecimiento rápido. Puede presentar exudados.</p> <p>Reverso: de color amarillo claro y textura lisa.</p>
26	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonias con margen irregular, de textura pulverulenta compacta, de color verde olivo y en el centro presenta exudados incoloros y crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: de color amarillo claro y textura corrugada.</p>
27	<i>Penicillium</i>	<p>Anverso: Colonia con margen de forma irregular, de textura aterciopelada, de color blanco, presenta muchos exudados en el centro de color amarillo y naranja, de lento crecimiento.</p> <p>Reverso: con textura lisa, de color chocolate oscuro, libera pigmento que cambia el medio cultivo a un tono amarillento.</p>
28	<i>Trichoderma</i>	<p>Anverso: Colonia de margen no visible con textura serosa en los bordes en el centro aterciopelada, de color blanco verdoso que se tornan verde oliva con el tiempo formándose anillos, de crecimiento rápido.</p> <p>Reverso: color blanco de textura lisa.</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/)

Continuación

Cuadro 3. Descripción macroscópica de hongos filamentosos sembrados en agar PDA.

29	<i>Paecilomyces</i>	Anverso: Colonia de margen irregular suave, borde redondeado, de color verde caña y con el tiempo el centrose torna de color verde olivo, textura aterciopelada, crecimiento moderado. Reverso: de color crema con centro rojo y textura corrugada.
30	<i>Penicillium</i>	Anverso: Colonias de márgenes irregular suave, presenta una superficie con textura aterciopelada, de color verde caña y con exudados de color verde claro en el centro, de crecimiento rápido. Reverso: textura corrugada de color verde claro.
31	<i>Cladosporium</i>	Anverso: Colonia con margen redondeado suave, de color verde olivo al pasar el tiempo cambia a color café, de textura aterciopelada, presenta exudados incoloros en el centro, crecimiento moderado. Reverso: de color café a una tonalidad negra, textura lisa.
32	<i>Aspergillus</i>	Anverso: Colonias de bordes redondeados suave, superficie aterciopelada, de color blanco con el centro ligeramente de color grisáceo, De crecimiento rápido. Reverso: de color amarillo claro centro textura deprimida en el Agar.
33	<i>Geotrichum</i>	Anverso: Colonia sin margen visible, toda la superficie contextura lanosa, de color blanco y de rápido crecimiento. Reverso: de color blanco.
34	Micelio estéril	Anverso: Colonia sin margen visible, textura aterciopelada con micelio, de color blanco al pasar el tiempo se forma un aro con las puntas de los micelios de color negro y centro decolor grisáceo, de rápido crecimiento. Reverso: de color crema.
35	Micelio estéril	Anverso: Colonia con margen redondeado, bordes en forma de raíz, de textura aterciopelada, color crema presentando gránulos duros en el centro de color marrones, rápido crecimiento. Reverso: de color crema textura lisa.
36	Micelio estéril	Anverso: Colonia sin margen visible, micelio aéreo en las paredes del plato, textura lanosa, de color crema y en el centro forma un aro de color chocolate claro, rápido crecimiento. Reverso: de color blanco.

Características microscópicas

Las estructuras reproductivas de los hongos aislados se presentan en la Figuras 9 y cabe destacar que algunas cepas mostraron un escaso crecimiento y no hubo generación de dichas estructuras.



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

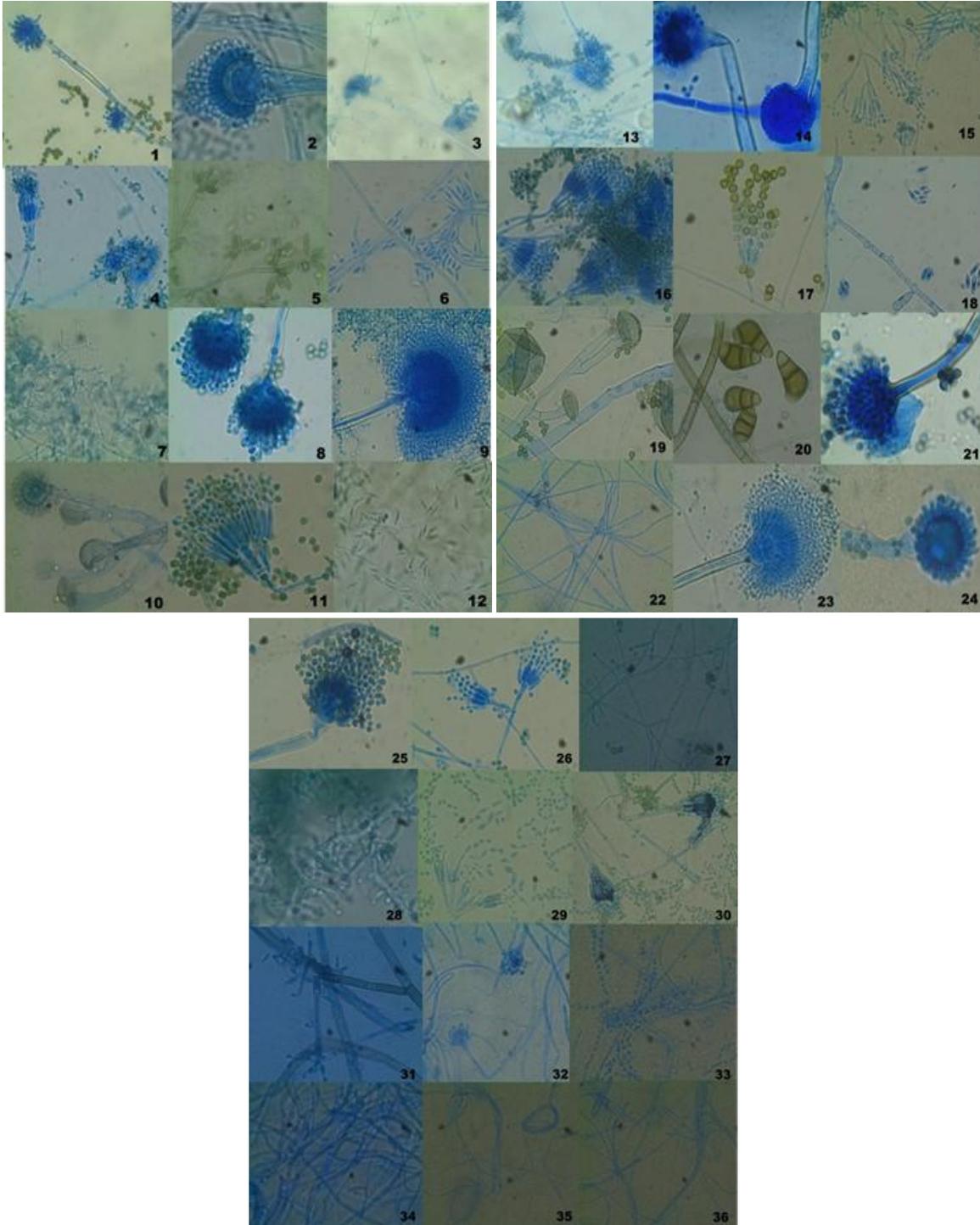


Figura 9. Colonias de hongos filamentosos.



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 un total de 340 hongos aislados en platos Petri; alrededor de 576 inclinados (morfortipos).
- Con el cálculo de las UFC se pudo determinar que la carga fúngica óptima se encuentra en la dilución 10^{-4} .
- Los aislamientos de hongos se agruparon en un total de 15 géneros, basados en sus características morfológicas y microscópicas. Los cuales fueron: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Paecilomyces* sp., *Fusarium* sp., *Colletotrichum* sp., *Ramichloridium* sp., *Rhizopus* sp., *Scopulariopsis* sp., *Geotrichum* sp., *Cladosporium* sp., *Phytium* sp., *Mucor* sp., *Trichoderma* sp., *Cunninghamella* sp., *Curvularia* sp.

REFERENCIAS

- Arenas, R. (1993). *Micología Médica ilustrada* (Primera ed.). México D.F: McGraw Hill.
[\(PDF\) Micologia Medica Ilustrada ARENAS 5e | Helmuth Guillen - Academia.edu](#)
- Arenas, R. (2003). *Micología Médica ilustrada*. (Segunda ed.). México D.F.: McGraw Hill.
[\(PDF\) Micologia Medica Ilustrada ARENAS 5e | Helmuth Guillen - Academia.edu](#)
- Brzezińska, M., Stępniewska, Z., y Stępniewski, W. (1998). Soil oxygen status and dehydrogenase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(13), 1783-1790.
[https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(98\)00043-1](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(98)00043-1)
- Casas, G. (1989). *Micología general*. Caracas, Venezuela. 448 pp. [TEXTO Micología general; generalidades, humana, animal, vegetal, industrial, contaminantes, procesos de laboratorio - Casas Rincón, Guillermo](#)
- Casida, L., Klein, D., y Santoro, T. (1964). Soil Dehydrogenase Activity. *Soil Science*, 98, 371-376. <https://doi.org/10.1097/00010694-196412000-00004>.



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

Google Earth (9 de noviembre de 2024). Provincia de Los Santos, República de Panamá.

<https://earth.google.com/web/search/Los+Santos,+Panam%c3%a1/@7.61761332,-80.36428498,121.9641596a,147504.97238914d>.

Gaceta Oficial 26201, República de Panamá. Decreto Ejecutivo # 2 de 14 de enero de 2009.

https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26201/GacetaNo_26201_20090114.pdf

Gros, A., y Domínguez, A. (1992). *Abonos guía práctica de la fertilización*. Madrid.:

Ediciones Mundi-Prensa. <http://catalogoweb.unab.edu.pe/cqi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=2392>

Heflish, A. A., Abdelkhalek, A., Al-Askar, A. A., y Behiry, S. I. (2021). Protective and curative

effects of *Trichoderma asperelloides* Ta41 on tomato root rot caused by *Rhizoctonia solani* Rs33. *Agronomy*, 11(6), 1162. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061162>

Hernández, B., Cornejo, H., y Mejía., F. (2016). *Manual de laboratorio del Curso de*

Microbiología Ambiental de suelos. Panamá: Universidad de Panamá.

Koneman, E., y Roberts, G. (1987). *Micología. Práctica de laboratorio*. Editorial médica

panamericana. 221 p. [Micología: práctica de laboratorio - Elmer W. Koneman, Glenn D. Roberts - Google Libros](#)

Landínez-Torres, A. Y., y Fagua, C. P. (2022). *La micobiota del suelo: estudios de caso en*

agroambientes altoandinos colombianos. 1er Congreso Colombiano de Micología,

(pág. 168). Bogotá. https://www.researchgate.net/profile/Nathali-Lopez-Cardona/publication/373329595_Reemergencia_del_hongo_Stenocarpella_sp_afectando_cultivos_de_maiz_en_el_departamento_del_Meta_Colombia/links/64e631ad0453074fbda952b1/Reemergencia-del-hongo-Stenocarpella-sp-afectando-cultivos-de-maiz-en-el-departamento-del-Meta-Colombia.pdf

[Reemergencia del hongo Stenocarpella sp afectando cultivos de maiz en el departamento del Meta Colombia/links/64e631ad0453074fbda952b1/Reemergencia-del-hongo-Stenocarpella-sp-afectando-cultivos-de-maiz-en-el-departamento-del-Meta-Colombia.pdf](#)

[ad0453074fbda952b1/Reemergencia-del-hongo-Stenocarpella-sp-afectando-cultivos-de-maiz-en-el-departamento-del-Meta-Colombia.pdf](#)

[ad0453074fbda952b1/Reemergencia-del-hongo-Stenocarpella-sp-afectando-cultivos-de-maiz-en-el-departamento-del-Meta-Colombia.pdf](#)

[ad0453074fbda952b1/Reemergencia-del-hongo-Stenocarpella-sp-afectando-cultivos-de-maiz-en-el-departamento-del-Meta-Colombia.pdf](#)



Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](#)

MacLaren, C., Storkey, J., Menegat, A., Metcalfe, H., y Dehnen-Schmutz, K. (2020). An ecological future for weed science to sustain crop production and the environment. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 40:24, 1-29.

<https://doi.org/10.1007/s13593-020-00631-6>

Medina Mendoza, S. A., y Vélez Medina, A. D. (2018). *Evaluación de la calidad del suelo por el empleo de agroquímicos, en sistemas productivos de arroz y plátano de la trocha cuatro del municipio de Granada (Meta)*. Doctoral dissertation, Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/13684>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2014). *Informe departamento de planificación. Panamá. Dirección de Agricultura - Ministerio de Desarrollo Agropecuario.*

Moller, C., Trujillo, M., Uetz, M., Dreyfuss, M., Sanglier, M., y Leuchter, C. (1995). *Manual Bioled Project*. 124 p.

NESTLÉ. (2017). *Informe final Campaña de Tomate Industrial 2016-2017*. Panamá.

Pacasa-Quisbert, F., Loza-Murguía, M. G., Bonifacio-Flores, A., Vino-Nina, L., y Serrano-Canaviri, T. (2017). Comunidad de hongos filamentosos en suelos del Agroecosistema de K iphak iphani, Comunidad Choquenaira-Viacha. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 8(1), 2-25.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942017000100002&script=sci_abstract

Rea-Sánchez, V., Maldonado-Cevallos, C., y Villao-Santos, F. (2015). Los Sistemas de Información para lograr un desarrollo competitivo en el sector agrícola. *Revista Ciencia Unemi*, 8(13), 122-129.

<https://www.redalyc.org/pdf/5826/582663827014.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/)

Sánchez-González, A., López-Mata, L., y Vibrans, H. (2006). Composición y patrones de distribución geográfica de la flora del bosque de oyamel del Cerro Tlaloc, México. *Boletín de La Sociedad Botánica de México*, (79), 67-68.

<https://www.redalyc.org/pdf/577/57707907.pdf>

Silverio, S. M., Sordo, R. N., y Alvarez, A. V. (1991). Introducción a la microbiología de suelo. Pueblo y Educación.

Villarreal-Núñez, J. E., Name-Tuñón, B., y García Espino, R. A. (2012). Monitoreo de cambios en la Fertilidad de Suelos por Medio de Análisis de Laboratorio. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 301-309.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43724664009>

Watanabe, T. (2010). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. Third Edition. Taylor and Francis Group, LLC.

<https://doi.org/10.1201/EBK1439804193>



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 FUNCIONAL DE MICROORGANISMOS DE MONTAÑA Y SUS EFECTOS EN EL RENDIMIENTO DE *Eryngium foetidum*¹

**Lisbeth L. Rodríguez²; Rito Herrera³; Betzaida Bernal⁴;
José Luis Causadías⁵; Joaquín López Zúñiga⁶; Octavio De La Cruz Sánchez⁷**

RESUMEN

Los microorganismos de montaña (MM), se han aplicado artesanalmente como fertilizantes orgánicos en los suelos agrícolas, obteniéndose resultados prometedores. Los objetivos de esta investigación fueron: caracterizar las bacterias presentes en un biol obtenido a partir de suelos de montaña, cuantificar el rendimiento como fertilizante del cultivo de culantro coyote (*Eryngium foetidum* L.) y determinar su dosis óptima. El trabajo de campo se realizó en la comunidad de Bajo Bonito, ubicada en Capira, Panamá Oeste. El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con seis tratamientos (dosis de biol) y cuatro bloques. Se evaluó el nivel de clorofila y rendimiento (kg/tratamiento). El análisis estadístico concluyó que el tratamiento 5 (100 ml biol/17,90 L agua) fue el más eficiente para la fertilización del culantro. El suelo de estudio, al no ser tratado con agroquímicos mantiene su estructura y función, por lo que resultó ser apto para la producción agrícola. En cuanto al trabajo de laboratorio, se lograron aislar 34 cepas, a las cuales se le realizó diferentes pruebas bioquímicas, resultando estas ser eficientes para la promoción del crecimiento vegetal, destacando entre todos los grupos las productoras de sideróforos. Adicionalmente, se identificaron las cepas: *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus kochii*, *Methylobacterium* sp. y *Bacillus velezensis*, mediante la secuenciación del gen 16S RNA ribosomal. La aplicación del biol se presenta como una alternativa sostenible para el ambiente, así como para los pequeños y medianos agricultores que buscan mejorar el rendimiento de sus cosechas y dar un producto de mayor calidad a los consumidores.

Palabras clave: Biol, culantro, fertilizante orgánico, promotores de crecimiento vegetal, secuenciación.

¹Recepción: 10 de septiembre de 2024. Aceptación: 11 de noviembre de 2024. Tesis de Licenciatura de Biología con orientación en Biología Ambiental.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Laboratorio de Análisis y Biología Molecular Aplicada (LABMA). Licda. en Biología Ambiental. e-mail: lisbethl.rodriguez@up.ac.pa;
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1750-9228>

³IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria en Recursos Genéticos (CIARG). Departamento de Genética y Biología Molecular, Universidad de Panamá. Ph.D. Microbiología. e-mail: rito.herrera@up.ac.pa;
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

⁴IDIAP, CIARG. M.Sc. en Recursos Genéticos Vegetales. e-mail: betzbiotech@gmail.com
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8670-5065>

⁵IDIAP, CIARG. M.Sc. Agricultura Sostenible. e-mail: jcausadias04@gmail.com;
ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8249-5497>

⁶Ministerio de Ambiente, CEDESAM. Lic. Recursos Naturales y Ambiente. e-mail: jlzuniga@ambiente.gob.pa;
ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-2864-4614>

⁷Ministerio de Ambiente, CEDESAM. Ing. Forestal. e-mail: odelacruz@miambiente.gob.pa;
ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-3299-6518>



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

FUNCTIONAL CHARACTERIZATION OF MOUNTAIN MICROORGANISMS (BIOLES) AND THEIR EFFECTS ON *Eryngium foetidum* YIELD

ABSTRACT

Mountain microorganisms (MM) have been applied artisanally as organic fertilizers in agricultural soils, obtaining promising results. The objectives of this research were: to characterize the bacteria present in a biol obtained from mountain soils, to quantify the performance as a fertilizer of the coyote culantro crop (*Eryngium foetidum* L.) and to determine its optimal dose. The field work was carried out in the community of Bajo Bonito, located in Capira, Panamá Oeste. The experimental design was a randomized complete block, with six treatments (biol dose) and four blocks. The chlorophyll level and yield (kg/treatment) were evaluated. The statistical analysis concluded that treatment 5 (100 ml biol/17.90 L water) was the most efficient for the fertilization of culantro. The soil studied, not being treated with agrochemicals, maintains its structure and function, so it turned out to be suitable for agricultural production. Regarding laboratory work, 34 strains were isolated, which were subjected to different biochemical tests, proving to be efficient in promoting plant growth, with siderophore producers standing out among all the groups. Additionally, the following strains were identified: *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus kochii*, *Methylobacterium* sp. and *Bacillus velezensis*, through 16S ribosomal RNA gene sequencing. The application of bioles is presented as a sustainable alternative for the environment, as well as for small and medium-sized farmers seeking to improve their crop yields and provide a higher quality product to consumers.

Keywords: Biol, culantro, organic fertilizer, plant growth promoters, sequencing.

INTRODUCCIÓN

La caracterización microbiológica ha permitido identificar y aplicar microorganismos benéficos de manera eficiente en la agricultura (Molina-Romero et al., 2015). El efecto positivo de estos en los cultivos dependerá de su capacidad para: fijar nitrógeno, solubilizar fósforo, secretar sideróforos y producir fitohormonas (Rodríguez-Chávez, 2020).

En los últimos años se ha destacado el papel de los biofertilizantes como alternativa tecnológica de fertilización sostenible (Tomer et al., 2016). El biol es un fertilizante orgánico líquido rico en microorganismos y nutrientes (Álvarez-Solís et al., 2010).



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 culantro coyote (*Eryngium foetidum* L.) es una planta aromática originaria de la región amazónica y centroamericana (Villachica, 1996) con gran importancia comercial debido a su uso en la gastronomía (Morales et al., 2013). En la comunidad de Bajo Bonito ubicada en Capira, Panamá Oeste, hay familias que se dedican al cultivo de este rubro en condiciones orgánicas (libre de agroquímicos), ya que como fertilizante utilizan un biol artesanal a base de microorganismos de montaña (MM), el cual es preparado por los agricultores del área.

Lo que distingue al biol de este estudio, es que dentro de sus ingredientes destacan los MM, los cuales están constituidos por colonias de hongos, bacterias y levaduras benéficas que se encuentran de manera natural en bosques que no han sido perturbados por las acciones antropogénicas. Estos microorganismos tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal y suprimir o controlar microorganismos fitopatógenos (Suchini-Ramírez, 2012).

El principal método utilizado para controlar las plagas y/o enfermedades, y aumentar el rendimiento de los cultivos es la aplicación de agroquímicos (Salazar y Aldana, 2011). Sin embargo, su uso desmesurado ha traído repercusiones en el ambiente, como lo son: la eutrofización, contaminación y pérdida de biodiversidad (Zepeda-Jazo, 2018). Adicional a esto, presentan precios bastante elevados, lo que no es sostenible para los pequeños y medianos productores, quienes en ocasiones se ven obligados a detener sus cosechas por falta de recursos.

El ingreso de compuestos sintéticos en el suelo afecta a los microorganismos presentes y su actividad, por consiguiente, ocasionan modificaciones en los procesos biológicos que son necesarios para la productividad y fertilidad de los cultivos (Cycon et al., 2013). En Panamá la contaminación por la actividad agropecuaria data desde 1960, con el incremento marcado en el uso de plaguicidas, producto de la revolución verde en América Latina y el Caribe (Espinosa-Tasón y Barba, 2014). En búsqueda de alternativas más amigables con el ambiente surgió esta investigación.



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

Preparación del biol

Se agregaron 12 kg de suelo de montaña en un saco y se amarró, posteriormente se sumergió en 180 L de agua junto con 4 L de melaza. Se introdujo este saco en un tanque con capacidad para 200 L y se procedió a tapar con una tela para evitar el ingreso de insectos, luego de esto se colocó el recipiente en un lugar fresco, sin exponer al sol y a temperatura ambiente durante 15 días. Esta fue la “solución madre” de donde se obtuvieron los Microorganismos de Montaña (MM) líquidos en condición aeróbica. La preparación fue realizada por los productores de la comunidad con la asesoría de los técnicos del Ministerio de Ambiente, específicamente del Centro de Desarrollo Sostenible Ambiental (CEDESAM). Finalmente se realizó la siembra de manera manual, según cantidad utilizada regularmente por los agricultores.

Diseño experimental

El área total del ensayo fue de 161 m², se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos (Cuadro 1). Las unidades experimentales fueron de 3x1 m separados por pasillos de 1 m.

Cuadro 1. Tratamientos aplicados

Tratamiento	Dosis del biol (ml)/ en agua (L)
1	1000 / 17
2	750 / 17,25
3	500 / 17,50
4	250/17,75
5	100 /17,90
6	18 L de agua (Testigo absoluto)

Aislamiento microbiano

El análisis del biol se realizó en el Laboratorio de Microbiología Agrícola del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) entre los meses de febrero y septiembre de 2022. La muestra utilizada se tomó el 17 de febrero del mismo año. Siguiendo la metodología de Hernández et al. (2016) se realizaron diluciones seriadas de 10⁻¹ a 10⁻⁶. Posteriormente se extendieron 100 µl de cada dilución en platos Petri de 20 ml, con sus correspondientes réplicas.



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 medios de cultivo seleccionados para este ensayo fueron: el agar tripticasa soya (TSA) por ser un medio nutritivo general con variedad de usos y el medio Ashby, libre de nitrógeno, ya que este se emplea para el aislamiento de microorganismos con capacidad de fijar nitrógeno atmosférico (Salazar y Ordoñez, 2013). La incubación fue a 28° C durante 48-72 horas.

CARACTERIZACIÓN FUNCIONAL DE MICROORGANISMOS

Producción de sideróforos

Este ensayo se basa en una competencia por el hierro entre el complejo férrico de un colorante indicador, cromoazurol S (CAS), y un sideróforo producido por el microorganismo (Milagres et al., 1999).

Siguiendo la metodología de (Schwyn y Neilands, 1987) se preparó la solución de CAS y se almacenó a 4° C hasta el momento de su uso. Para la estimación cualitativa se preparó medio TSA y se sirvió en platos Petri de 10 ml, luego se procedió a cortar en dos mitades y se retiró una de ellas. El espacio vacío se reemplazó con el Agar CAS preparado previamente. Se inocularon los aislados en la mitad con el medio TSA, teniendo en cuenta no sobrepasar el borde que divide ambos medios.

La incubación se realizó en la temperatura de crecimiento adecuada para cada cepa y se situaron en un lugar oscuro por dos semanas. Pasado este tiempo se observó el crecimiento de las cepas y se verificó la reacción CAS mediante el avance en el cambio de color del medio selectivo, iniciando a partir de la línea borde que divide ambos medios. Se tomaron mediciones al 5^{to}, 10^{mo} y 15^{vo} día.

La cuantificación de la producción de sideróforos se realizó siguiendo la metodología propuesta por (Arora y Verma, 2017). Para esto se cultivaron las cepas en medio TSA líquido durante 48 horas a 28° C. Después de la incubación, se tomó 1 ml de cada cepa y se colocó en un tubo de centrífuga de 1,5 ml, estos cultivos bacterianos se centrifugaron a 10 000 rpm durante 10 minutos. Luego se tomó el sobrenadante (0,5 ml) y se mezcló con 0,5 ml del reactivo CAS. Esto se incubó en oscuridad por 20 minutos, transcurrido este tiempo se realizó la lectura de la densidad óptica a 630 nm. El sideróforo



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

producido por las cepas se midió en unidad porcentual de sideróforo (psu) que se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula (Payne, 1993):

$$\frac{(A_r - A_s) \times 100}{A_r}$$

Ar

donde Ar = absorbancia de referencia (solución CAS y sin inocular caldo), y As= absorbancia de la muestra (CAS solución y sobrenadante libre de células de la muestra).

Solubilización de fosfatos

Esta prueba se realiza con la finalidad de encontrar microorganismos solubilizadores de fosfato, los cuales son reconocidos por ser promotores del crecimiento vegetal (Beltrán-Pineda, 2014). Siguiendo la metodología propuesta por (Cisneros-Rojas y Sánchez de Prager, 2015) se utilizó el medio de cultivo selectivo agar Pikovskaya (PVK), el mismo se agregó en platos petri de 20 ml.

Los aislados bacterianos se inocularon puntualmente en el centro de los platos manteniendo las técnicas de asepsia. Todas las placas se incubaron en oscuridad a 28° C±2 durante 7 días. Transcurrido este tiempo se midió el índice de solubilización de fosfato en aquellos que presentaron un halo claro alrededor de la colonia de crecimiento. Con estos resultados se calculó el índice de solubilización de fosfato (PSI): relación del diámetro total (colonia + zona de halo) a la colonia diámetro.

$$\text{PSI} = \frac{\text{Diámetro de la colonia} + \text{Diámetro de la zona de halo}}{\text{Diámetro de la colonia}}$$

Diámetro de la colonia

Concentración de ácido indolacético (AIA)

La metodología de Mantilla (2007) y Ozdal et al. (2017) se realizó inicialmente con una curva patrón a partir de diferentes concentraciones de (AIA) (Cuadro 2). A cada patrón se le adicionó 2 mL, del reactivo de Salkowski, esto se incubó en oscuridad durante 30 minutos y se determinó la absorbancia a 530 nm. Para el blanco se utilizó agua destilada sin adición del reactivo.



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. Soluciones para la curva patrón.

Soluciones patrón ($\mu\text{g/ml}$)	AIA en metanol μl	Agua destilada μl
0	0	1000
1	10	990
5	50	950
10	100	900
15	150	850
20	200	800
30	300	700
40	400	600
60	600	400

Se preparó un pre-cultivo bacteriano en medio (TSA), el mismo se colocó en un rotador a 150 rpm por 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo de crecimiento, se llevó cada cepa a una concentración conocida de 1×10^6 UFC/ml, en 20 ml de medio TSA (conteniendo 0,1 g/L de L-triptófano).

Los aislados se incubaron en oscuridad a 150 rpm, por 144 horas. Después del periodo de incubación, se procedió a tomar 1,3 ml de cada solución bacteriana y se colocó en tubos de 1,5 ml para su centrifugación a 12 000 rpm por 5 minutos. Se retiró 1 ml del sobrenadante y se mezcló con 2 ml del reactivo de Salkowski. Se agitó por inversión e incubó por 30 minutos a temperatura ambiente y en oscuridad. Transcurrido este tiempo se tomó la lectura en el espectrofotómetro a 530 nm.

La cantidad de AIA cuantificada se comparó con la curva estándar de AIA preparada previamente. Las lecturas se realizaron a las 24, 48, 72, 96, 120 y 144 horas. A partir de los datos de absorbancia y la ecuación de la recta de la curva de calibración, se determinó la concentración de AIA producida.



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

Fijación no simbiótica de nitrógeno

A partir de un cultivo bacteriano en medio sólido (TSA) se realizó un pre-cultivo de las bacterias seleccionadas en medio Ashby y TSA líquido. Con asa bacteriológica estéril, se tomó una pequeña porción y se inoculó en matraces con 25 ml de medio líquido. Luego, a partir del pre-cultivo, se estableció el cultivo bacteriano con una concentración inicial de 0,1 células por millón. Seguidamente, se monitoreo el crecimiento bacteriano por un periodo de 9 horas, haciendo mediciones cada 30 minutos a 540 nm. Con los datos obtenidos se realizó la curva de crecimiento.

Extracción y Cuantificación de ADN

Como material de muestra se utilizaron aproximadamente 40 mg de pellet de cultivo celular microbiano de peso húmedo. Para la extracción de ADN se utilizó un kit de extracción comercial. La cuantificación del ADN genómico total se realizó agregando 2 µl de cada muestra en un espectrofotómetro de microvolúmenes.

Caracterización Molecular de las cepas bacterianas

Para la identificación molecular se utilizaron las regiones 16S RNA ribosomal. Se realizó una reacción en cadena de la polimerasa (PCR) usando los siguientes cebadores: 9_F 5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3' y 1490R 5'-GGTTACCTTGTTACGACTT-3'. Las condiciones de PCR corresponden a (Bruner et al., 2013). La secuenciación de los productos de PCR se llevó a cabo por Next Generation Sequence (NGS) y se utilizó la base datos Gene Bank.

Análisis físico químico del suelo

En campo se tomó la muestra de suelo correspondiente para el análisis fisicoquímico, este se realizó en el Laboratorio de Nutrición y Suelos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de 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/)

Análisis estadístico

Los datos utilizados para el análisis estadístico se obtuvieron después de tres giras de campo, en donde se tomaron en cuenta el nivel de clorofila y peso (kg). Esto con la finalidad de determinar la dosis óptima del biol y cuantificar el rendimiento de este como fertilizante en el cultivo del culantro. Los datos fueron analizados por análisis de varianza (ANOVA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción de sideróforos

Los 34 aislados bacterianos se sometieron a la reacción de CAS para evaluar la producción de sideróforos de manera cualitativa y cuantitativa (Cuadro 4). La unidad porcentual de sideróforo más alta a las 24h está representada por la cepa 19 con un valor de $64,7 \pm 21,4$ mientras que la más baja que corresponde a la cepa 4 con un valor de $8,9 \pm 2,8$. Pasadas las 48h se observó un aumento del (psu) en el 64% de las cepas, obteniendo la unidad porcentual de sideróforo más alta en la cepa 6 con un valor de $57,8 \pm 4,7$ y la más baja de $12,9 \pm 5,3$ en el aislado 26.

Un estudio de rizobacterias productoras de sideróforos realizado por Barrera (2016) indica que la producción máxima de sideróforos después de 24h de cultivo fue de $22,8 \pm 2,5$ psu, el resto de los aislados se encontraron en un rango de 8,5-15,6. Mientras que Arora y Verma (2017) en una investigación para optimizar la metodología detección de sideróforos producidos por bacterias, obtuvieron como mayor psu $69,16 \pm 0,71$ a las 48h, oscilando el resto de las cepas entre 07,97 y 45,99. En nuestro caso la mayor producción de sideróforos a las 24h fue de $64,7 \pm 21,4$ en el aislado 19. A las 48h, 28 de las 34 cepas presentaron valores mayores a 30 psu, lo que se considera una alta producción de sideróforos (psu). Este tipo de bacterias implican un gran beneficio en los cultivos, ya que los sideróforos pueden secuestrar el hierro del ambiente rizosférico, impidiendo que sea disponible para los patógenos, siendo esto un mecanismo de control (Kloepper et al., 1980; Loper y Schroth, 1986).



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 3. Producción de sideróforos.

Cepa	Estimación cualitativa	Estimación cuantitativa (psu)	
		24h	48h
1	+	27,9±6,4	33,0±11,6
2	+	9,7±7,0	41,4±10,5
3	+++	13,1±1,9	36,7±24,4
4	++	26,6±1,6	46,2±18,2
5	++	8,9±2,8	50,2±12,8
6	+++	24,8±9,9	43,5±6,4
7	+++	25,4±10,8	57,8±4,7
8	+++	32,2±11,3	56,1±11,6
9	+++	13,8±0,5	55,0±5,1
10	+++	11,7±1,8	40,1± 3,3
11	+++	41,0±4,5	28,5±15,6
12	+++	38,3±2,5	24,5±20,9
13	+++	33,9±11,1	36,5±21,0
14	+++	29,0±12,1	36,1±4,3
15	+++	31,0±28,9	33,9±8,6
16	+++	54,2±13,7	43,5±14,9
17	+++	61,5±9,9	38,7±22,3
18	+++	33,4±12,5	48,0±2,6
19	+++	64,7±21,4	45,8±9,0
20	+++	51,9±12,0	48,5±7,0
21	+++	37,5±3,5	46,7±12,3
22	+++	34,5±11,8	49,2±9,1
23	+++	45,7±0,2	49,3±10,2
24	++	36,6±8,0	45,1±5,9
25	+++	44,3±27,2	52,3±3,9
26	+	18,1±11,8	12,9±5,3
27	++	9,4±15,6	22,0±1,2
28	+++	37,3±16,7	36,8±24,1
29	+++	43,0±24,1	41,2±25,2
30	++	41,3±21,5	28,7±4,7
31	+++	42,0±10,2	31,6±20,8
32	+	27,4±12,3	22,3±12,3
33	++	32,2±8,6	41,1±15,3
34	++	31,9±6,5	43,8±4,9

Los datos están representados por la media de tres repeticiones.

± desviación estándar.



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

Solubilización de fosfatos

De las 34 cepas analizadas dos presentaron la capacidad de solubilizar fosfato tricálcico en medio PVK (Figura 2). Con los resultados obtenidos se midió el índice de solubilización de fosfato (PSI) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Índice de solubilización (PSI) de las cepas.

Cepas	Diámetro halo (mm)	Diámetro colonia (mm)	Índice de solubilización (IS)
33	11,6±1,2	4,6±0,5	3,5±0,3
34	11,3±1,5	4,6±0,5	3,4±0,7

Los datos están representados por la media de tres repeticiones. ± desviación estándar

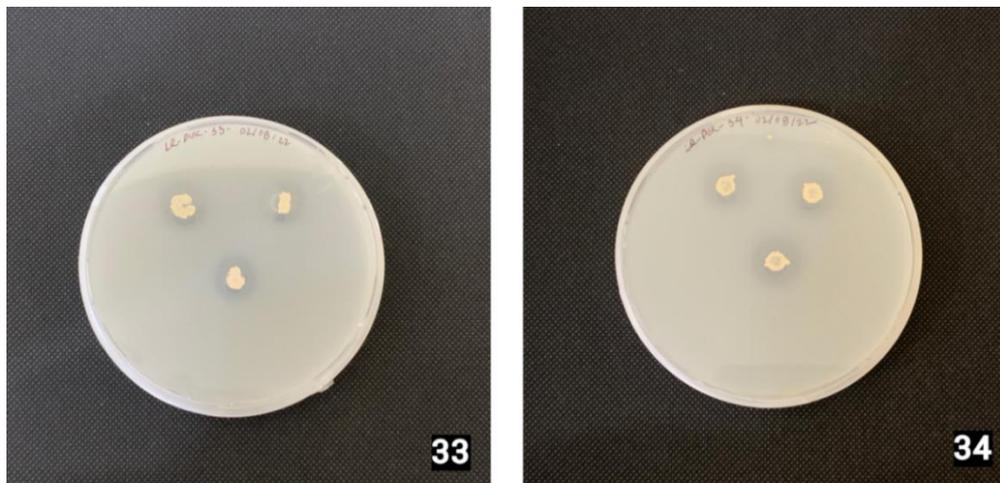


Figura 2. Halos de solubilización de fosfato a los 7 días. Medio PVK.

En los suelos ácidos se forman fosfatos de aluminio y de hierro (Parfitt y Kimble, 1989; Sanyal y De Datta, 1991), mientras que en suelos neutros-alcálinos predominan fosfatos de calcio (Lindsay et al., 1989). Estas formas de fosfato son insolubles, por lo que no son asimilables por las plantas.

La detección de cepas con capacidad de solubilizar fosforo insoluble se mide cualitativamente mediante el medio selectivo sólido de Pikovskaya, calculando así el índice de solubilización. En esa línea la tesis de Ibarra (2016) indica para *Sinorhizobium* spp.,



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

índices que van de 3,04 a 3,39. Por su parte Tripti et al. (2012) reportaron para *Pseudomonas* sp. y *Bacillus* sp. índices de solubilización de 3,1 a 3,0, respectivamente. Mientras que en cepas aisladas por Restrepo-Franco et al. (2015) en el cultivo de arroz los valores van de 2,14 a 2,61. En nuestro caso dos de las 34 cepas estudiadas mostraron la capacidad de solubilizar fosfato obteniendo IS de 3,04 a 3,05. En este trabajo no se realizó la estimación cuantitativa de fósforo por lo que no podemos asegurar que el resto de las cepas no presenten la capacidad de solubilizar fosfato insoluble.

Cuantificación de AIA

La producción más alta de ácido indolacético se dio a las 144h y corresponde a la cepa 27 con un valor de $27,9 \pm 10,8$, mientras que la más baja fue de $5,6 \pm 4,2$ para la cepa 25 a las 96h. Se observó un aumento en la producción de la fitohormona al día 6 en 70% de las cepas (Cuadro 4).

Varios factores pueden influir en la biosíntesis de esta auxina, tales como el pH y la concentración de triptófano (Lebrazi et al., 2020; Spaepen et al., 2009). En base a esto, Lebrazi et al. (2020) realizó un estudio donde determinó que el mejor pH para rizobacterias aisladas de *Acacia cyanophylla* es uno básico, ya que la máxima producción de AIA se detectó en un pH de 9 ($116,07 \mu\text{g ml}^{-1}$), para Mohite (2013) las mayores cantidades se produjeron en pH neutros-básicos (7-9), en cambio un pH de 6 resultó ser desfavorable para la producción. Chandra et al. (2018) indican resultados similares a lo mencionado por Mohite (2013), ya que la cantidad de AIA varió de $74,3 \mu\text{g ml}^{-1}$ a pH 5 a $91,7 \mu\text{g ml}^{-1}$ a pH 9. En nuestro trabajo de caracterización se utilizó un pH de 6,7 y el mayor valor fue de $27,9 \mu\text{g ml}^{-1}$, bastante inferior a lo reportado por otros autores. Con respecto al efecto de las concentraciones L-Trp en la síntesis de ácido indolacético, Patten y Glick (2002) utilizaron diferentes concentraciones, estas fueron: 0, 50, 100, 200 y 500 $\mu\text{g/ml}$ de triptófano, reportando que conforme aumentaba la concentración era mayor la producción de AIA. En cambio, Lebrazi et al. (2020) observó que a mayor concentración de L-Trp, menor la cantidad de AIA producido. En nuestro caso se utilizó 50 $\mu\text{g/ml}$ de triptófano. De manera general, Escobar et al. (2011) obtuvieron valores de 10,44; 11,99; 14,21 y 57,99 $\mu\text{g ml}^{-1}$ para cepas nativas de *Azotobacter* spp. aisladas del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Nuestros valores oscilaron entre 5,6 y $27,9 \mu\text{g ml}^{-1}$, manteniéndose principalmente



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 debajo de 20 µg ml⁻¹. En base a lo obtenido por otros autores le podemos atribuir este hecho a la baja concentración de triptófano y al pH ácido presente en el medio de cultivo.

Cuadro 4. Producción de AIA.

Cepa	24h	48h	72h	96h	120h	144h
1	8,4±3,3	9,3±1,8	8,5±3,4	9,0±4,2	7,7±4,9	13,2±2,3
2	16,7±14,1	15,1±7,8	14,1±4,0	15,5±5,8	15,8±3,9	21,5±10,9
3	10,6±3,3	13,4±3,6	13,4±3,9	21,0±4,9	14,4±5,4	23,2±3,1
4	8,2±4,2	11,9±5,0	13,6±9,4	16,2±9,1	15,0±9,5	19,2±6,2
5	8,4±4,0	8,6±4,6	16,1±6,8	23,0±6,7	24,9±15,3	23,5±8,2
6	9,8±1,4	10,6±4,5	12,2±2,9	15,8±1,5	14,3±2,9	15,9±2,2
7	9,5±1,4	10,9±4,9	10,2±4,9	14,5±1,6	15,5±1,6	14,4±2,6
8	17,2±13,0	10,9±4,0	14,5±4,1	15,0±1,9	16,7±3,9	16,0±2,2
9	11,1±5,5	10,2±4,0	13,0±4,6	13,1±4,2	12,5±2,9	13,9±2,5
10	8,3±3,9	8,9±5,7	16,3±10,8	13,6±2,4	12,6±3,1	17,8±3,0
11	9,2±2,5	9,9±3,2	12,5±6,4	11,6±5,5	14,9±5,7	12,5±0,5
12	9,4±3,5	9,5±5,2	13,5±5,2	14,3±1,0	11,8±3,6	13,6±3,4
13	9,0±4,2	10,7±3,8	13,0±6,2	18,4±6,6	16,8±1,3	15,6±1,3
14	7,6±2,4	10,7±3,6	9,7±4,6	11,2±5,3	12,9±4,3	13,8±3,4
15	6,7±2,9	9,0±4,7	11,3±3,1	11,1±3,1	12,7±4,0	16,7±3,8
16	6,0±1,5	8,0±4,4	11,5±2,6	10,6±1,8	14,2±4,6	14,6±0,3
17	16,2±16,3	10,5±2,7	8,9±1,2	10,3±3,2	12,1±0,6	14,1±1,3
18	8,3±1,5	10,4±4,8	8,6±0,3	8,4±2,9	8,2±4,2	11,2±6,0
19	9,2±1,4	12,3±3,0	13,1±5,4	15,3±9,3	14,2±1,6	16,0±3,1
20	7,1±3,7	12,7±8,4	10,4±2,7	10,0±1,1	10,6±5,1	12,9±2,7
21	6,7±2,6	12,2±5,3	17,8±9,8	16,6±7,4	14,6±3,0	23,2±3,7
22	7,2±3,3	12,9±9,4	15,3±2,0	17,2±10,9	13,9±3,0	24,5±7,4
23	7,1±1,8	10,8±1,1	14,9±4,2	14,7±3,9	20,3±5,7	21,1±3,0
24	8,1±2,6	9,8±3,0	10,3±2,9	8,4±5,0	18,4±7,7	13,9±0,8
25	5,9±1,9	11,5±6,9	7,9±0,9	5,6±4,2	11,9±3,4	9,6±5,6
26	13,2±14,8	10,6±2,9	10,8±1,0	15,5±1,7	16,3±4,0	15,4±1,4
27	8,2±4,8	11,9±2,4	15,4±3,3	16,1±2,3	18,6±4,0	27,9±10,8
28	7,8±3,3	10,3±1,5	15,8±3,3	18,5±2,4	21,4±5,9	18,3±6,5
29	7,7±3,0	10,4±3,0	11,8±3,2	12,9±3,0	14,0±5,8	23,4±6,8
30	7,3±4,2	9,6±1,0	8,9±4,8	13,9±4,3	10,5±5,5	18,1±4,9
31	9,0±4,0	10,4±2,3	13,5±2,0	16,5±1,6	15,8±1,3	24,9±1,6
32	10,8±4,8	10,7±1,5	14,2±2,4	15,5±1,7	21,3±5,1	23,4±1,5
33	5,7±1,9	15,5±8,2	10,5±1,5	18,2±9,1	14,6±5,6	21,9±3,6
34	6,8±3,4	16,1±8,8	17,9±1,5	16,1±4,3	18,3±4,2	21,9±1,5

Los datos están representados por la media de tres repeticiones. ± desviación estándar



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

Fijación no simbiótica de nitrógeno

Para esta prueba se seleccionaron cinco de los 34 aislados bacterianos. En la Figura 3 se presenta el promedio de las densidades ópticas a 540 nm de las cepas 7, 15, 30, 32 y 34, en función del tiempo (h).

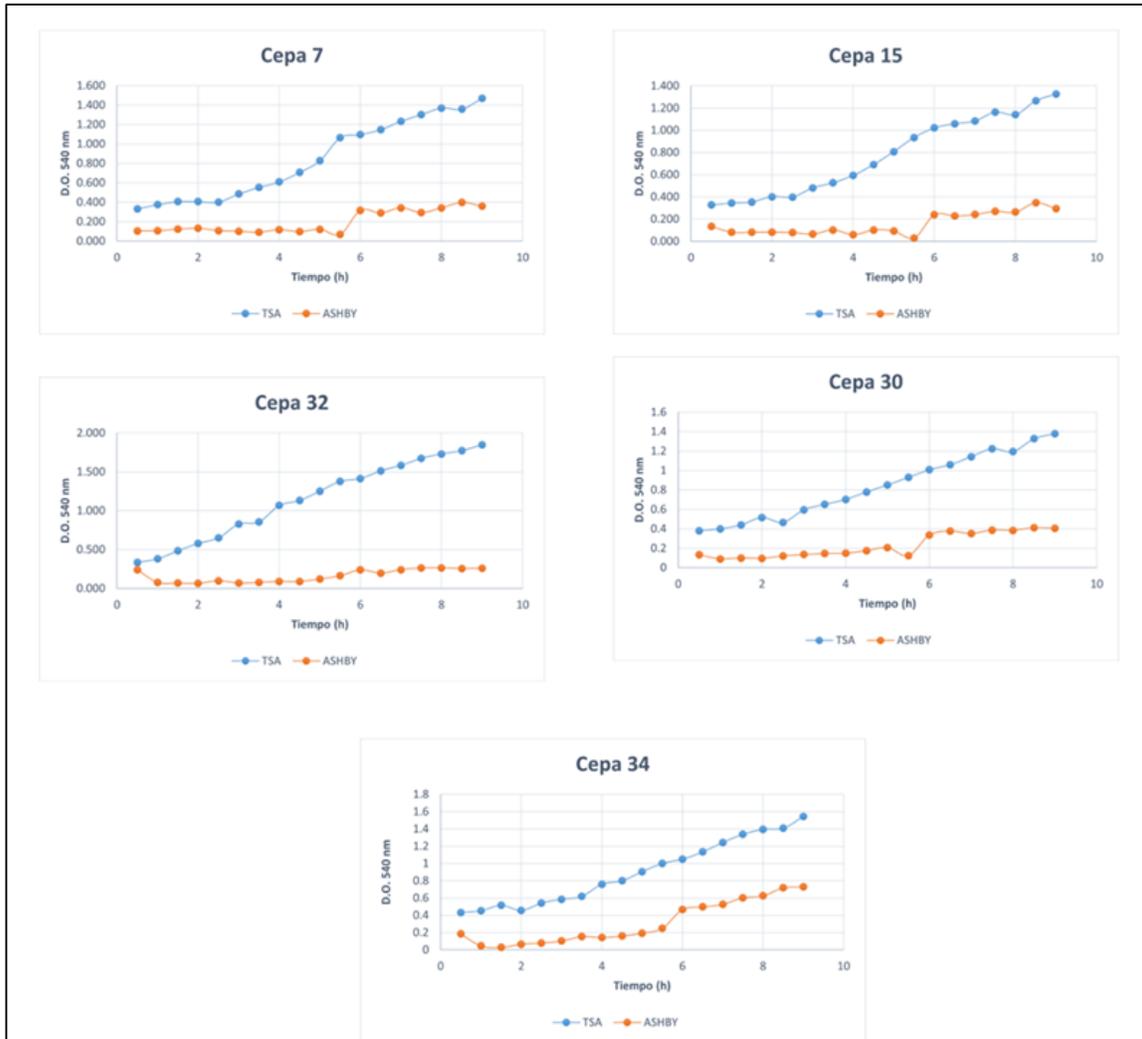


Figura 3. Curva de crecimiento de las cepas 7,15, 30, 32 y 34.

Identificación Molecular

Se identificaron mediante secuenciación del gen 16S RNA ribosomal las cepas *Lysinibacillus fusiformis*, *Bacillus kochii*, *Methylobacterium* sp., *Bacillus velezensis*.



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 suelo

Se presentó un alto contenido de Fósforo - P (115 ppm), Calcio - Ca (24,55 meq/100g), Magnesio - Mg (1,99 meq/100g), Manganeso - Mn (103 ppm) y Zinc - Zn (43 ppm). En un rango medio se ubica la Materia Orgánica - MO (3,04%) y el Hierro - Fe (40 ppm). Finalmente, en concentraciones bajas se encuentra el Potasio - K (43 ppm), Sodio - Na (38 ppm), Aluminio - Al (0 meq/100g) y Cobre - Cu (2 ppm) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Análisis de suelo.

Parámetro	Contenido
Textura (Arena-Limo-Arcilla %)	26-31-43
pH en Agua (1:2:5)	6,31
Fósforo (ppm)	115
Potasio (ppm)	43
Sodio (ppm)	38
Calcio (meq/100g)	24,55
Magnesio (meq/100g)	1,99
Acidez (meq/100g)	0,2
Aluminio (meq/100g)	0
Materia Orgánica (%)	3,04
Hierro (ppm)	40
Cobre (ppm)	2
Manganeso (ppm)	103
Zinc (ppm)	43

En el corregimiento de Río Hato se encuentran diferentes fincas dedicadas a la producción agrícola, estudios de estos suelos indican una baja materia orgánica, bajo contenido de nutrientes y un pH ácido. Reportando así suelos francos-arenosos, valores de MO de 0,66% y 0,48%; Fe: 16,90 y 14,70 (ppm); P: 3,0 y 7,0 (ppm) y pH de 5,80 y 5,80 para fincas en las comunidades de Santa Cruz Isidro y Los Aleo, respectivamente. Nuestro sitio de estudio, ubicado en la comunidad de Bajo Bonito, presentó un suelo arcilloso con un pH de 6,31 por lo que se considera poco ácido, en cuanto a los nutrientes esenciales tenemos alto contenido de fósforo y medio de materia orgánica y hierro.

Análisis estadístico

Para evaluar el rendimiento del biol se tomó el peso acumulado de cada tratamiento en tres cosechas. En el gráfico caja y bigotes Figura 4 se muestra que 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/)

tratamiento 5 (T5) presenta la mediana Q2 por arriba del valor promedio (1,048) kg y en la Figura 5 se compara el T5 vs el control.

El tratamiento 4 (T4) resulto ser el más eficiente para aumentar la concentración de clorofila en las hojas de culantro, ya que presento la mediana por encima del valor promedio (40,81), tal y como se muestra en el gráfico de caja y bigotes Figura 6 y en la Figura 7 se compara el T4 vs el control (T6).

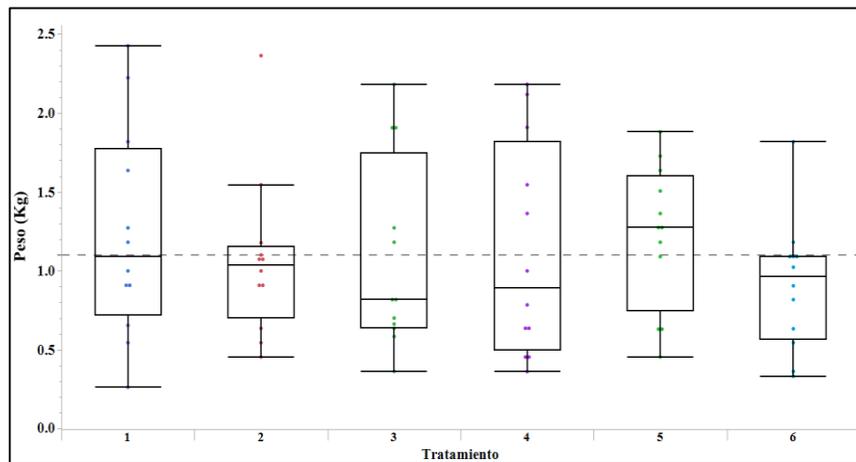


Figura 4. Rendimiento de los tratamiento y control (T6).

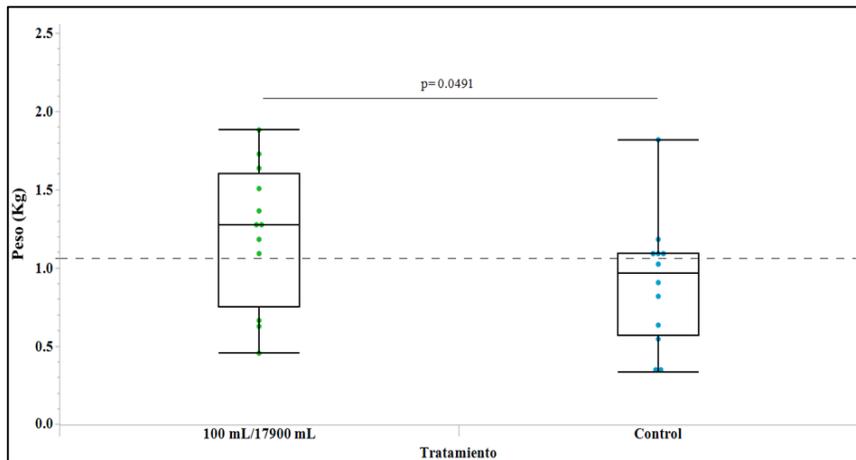


Figura 5. Rendimiento del tratamiento 5 vs control (T6).



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

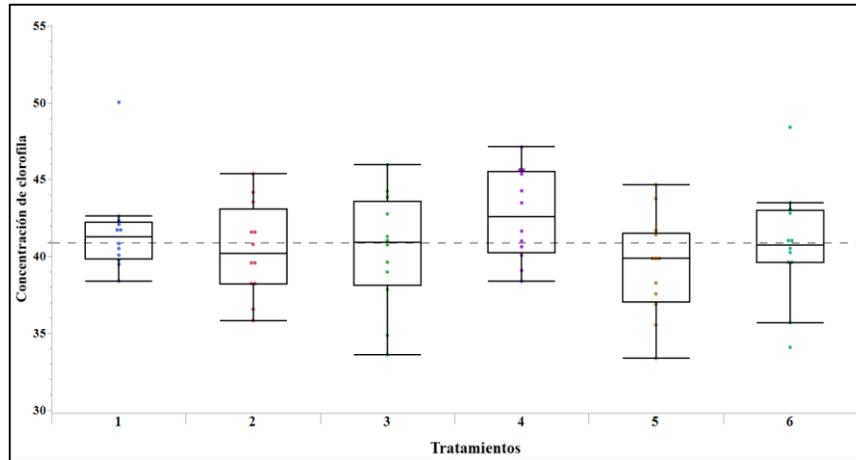


Figura 6. Concentración de clorofila de los tratamientos.

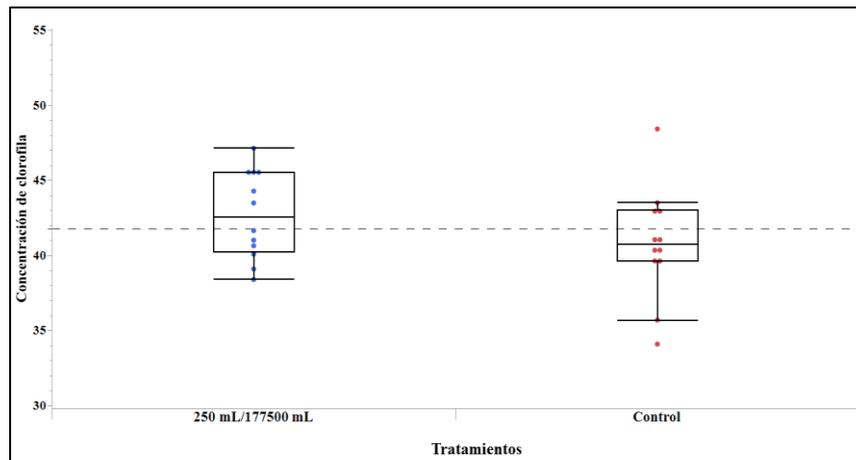


Figura 7. Concentración de clorofila del tratamiento 4 vs control (T6).

Determinar la dosis óptima del biol para el cultivo del culantro permite una mayor optimización de los recursos para los productores. Cárdenas y Hondoy (2017) estudiaron para su trabajo de graduación el efecto del biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de *Pennisetum purpureum*, llegando a la conclusión de que el uso de biol en combinaciones de Urea 25% o Urea 50% resultan ser combinaciones más eficaces que el uso de biol 100%. Presentando así aproximaciones cercanas a nuestros resultados, ya que una mayor cantidad de biol no asegura un mejor rendimiento por cosecha. De igual manera, es importante tener en consideración que para nuestro estudio se trabajó con un suelo libre



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 agroquímicos y las cepas encontradas en el biol son nativas del área, lo que explica porque con el tratamiento 6 correspondiente al control (18 L de agua) se obtuvo un buen rendimiento.

CONCLUSIONES

- Las 34 cepas aisladas mostraron la capacidad de ser promotoras de crecimiento vegetal en diferentes pruebas, resaltando en la producción de sideróforos.
- Los tratamientos mostraron ser eficientes para aumentar el rendimiento del cultivo del culantro coyote (*Eryngium foetidum* L.), y con menor cantidad de biol se obtuvieron los mejores resultados.
- El tratamiento 5 con 100 ml de biol en 17,90 L de agua, resultó ser la dosis óptima para la fertilización del culantro coyote.
- El suelo de estudio mostró tener un buen contenido de materia orgánica y nutrientes por lo que se considera apto para el cultivo del culantro coyote.

REFERENCIAS

- Álvarez-Solís, J. D., Gómez-Velasco, D. A., León-Martínez, N. S., & Gutiérrez-Miceli, F. A. (2010). Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia*, 44(5), 575-586.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952010000500007
- Arora, N. K., & Verma, M. (2017). Modified microplate method for rapid and efficient estimation of siderophore produced by bacteria. *Biotech*, 7, 381.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-017-1008-y>
- Barrera, G. (2016). *Análisis y caracterización de sideróforos producidos por rizobacterias para el control de la antracnosis causada por Colletotrichum gloeosporioides 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/)

frutos de aguacate. [Tesis de Maestría en Ciencias. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional].

<https://repositorio.cinvestav.mx/bitstream/handle/cinvestav/1578/SSIT0014029.pdf?sequence=1>

Beltrán-Pineda, M. E. (2014). La solubilización de fosfatos como estrategia microbiana para promover el crecimiento vegetal. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 15(1), 101-113. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-87062014000100009&lng=en&tlng=es

Bruner, G., Jimenez, L., Mendoza, Y., Chial, B., & de Chial, M. (2013). Bacterial Diversity and Physicochemical Stratification of the Water Column during the Rainy Season in Las Cumbres Lake, Panama. *The Internet Journal of Microbiolog*, 12(1). <http://ispub.com/IJMB/12/1/14553>

Cárdenas, M., & Hondoy, D. (2017). Efecto del biol como fertilizante orgánico en tres cultivares de *Pennisetum purpureum*. [Tesis de Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria]. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-una-ni-3610/Description> ; <https://repositorio.una.edu.ni/3610/1/tnf04c266e.pdf>

Chandra, S., Askari, K., & Kumari, M. (2018). Optimization of indole acetic acid production by isolated bacteria from *Stevia rebaudiana* rhizosphere and its effects on plant growth. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 16(2), 581-586. <https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2018.09.001>

Cisneros-Rojas, C. A., & Sánchez de Prager, M. (2015). Solubilización de fosfatos por hongos asociados a un Andisol de tres agroecosistemas cafeteros de la región andina colombiana. *Ingenium*, 9(25), 37-46. <https://repositorio.usc.edu.co/server/api/core/bitstreams/61e79143-e202-4a19-926a-a632e68f403a/content>



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

- Cycon, M., Żmijowska, A., Wójcik, M., & Piotrowska-Seget, Z. (2013). Biodegradation and bioremediation potential of diazinon-degrading *Serratia marcescens* to remove other organophosphorus pesticides from soils. *Journal of Environmental Management*, 117, 7-16. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.12.031>
- Escobar, C., Horna, Y., Carreño, C., & Mendoza, G. (2011). Caracterización de cepas nativas de *Azotobacter* spp. y su efecto en el desarrollo de *Lycopersicon esculentum* Mill. "tomate" en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria*, 2(1), 39-49. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2011.01.05>
- Espinosa-Tasón, J., & Barba, A. (2014). Reseña histórica de la problemática de contaminación por agroquímicos y mecanismos de regulación en Panamá. *Visión Antataura*, 2(1), 37-48. <https://core.ac.uk/reader/478586890>
- Google Earth. (2022). Capira, Panamá. Google Earth. <https://earth.google.com/web/@8.72500002,-80.05600001,455.51180484a,1000.40187406d,30y,0h,0t,0r/data=MikKJwolCiExcDRCZEVINWxzLTJVLXIEY2p0RkdCVXU2d0o4VF9aN1cgAToDCgEw?authuser=0>
- Hernández, B., Cornejo, H., & Mejía, F. (2016). *Manual de laboratorio del Curso de Microbiología Ambiental de suelos*. Panamá: Universidad de Panamá.
- Holdridge, L. (1987). Ecología: basada en zonas de vida. *IICA*, 216. [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oXutTpUKUb4C&oi=fnd&pg=PA54&dq=Holdridge,+L.+\(1987\).+Ecolog%C3%ADa:+basada+en+zonas+de+vida.+IICA,+216.&ots=7MCM3S_mim&sig=ijcSbAilvPHVKTsd9TYTCyF-tLA#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=oXutTpUKUb4C&oi=fnd&pg=PA54&dq=Holdridge,+L.+(1987).+Ecolog%C3%ADa:+basada+en+zonas+de+vida.+IICA,+216.&ots=7MCM3S_mim&sig=ijcSbAilvPHVKTsd9TYTCyF-tLA#v=onepage&q&f=false)
- Ibarra, J. (2016). Caracterización de bacterias solubilizadoras de fósforo nativas de los suelos de Sinaloa con potencial para incrementar el crecimiento y mejorar la nutrición fosforada del maíz (*Zea mays* L.). [Tesis de maestría en recursos naturales y medio ambiente. Instituto Politécnico Nacional].



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

- Kloepper, J., Leong, W., Teintze, M., & Schroth, M. N. (1980). Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nature*, 885-886. <https://www.nature.com/articles/286885a0>
- Lebrazi, S., Fadil, M., Chraibi, M., & Fikri-Benbrahim, K. (2020). Screening and optimization of indole-3-acetic acid production by *Rhizobium* sp. strain using response surface methodology. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 18(1), 1-10. <https://igeb.springeropen.com/articles/10.1186/s43141-020-00035-9>
- Lindsay, W. L., Vlek, P. L., & Chien, S. H. (1989). Phosphate minerals. Minerals in soil, 1089-1130. <https://doi.org/10.2136/sssabookser1.2ed.c22>
- Loper, J. E., & Schroth, M. N. (1986). Importance of siderophores in microbial interactions in the Rhizosphere. *Iron, Siderophores, and Plant Diseases* 117, 85-98. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-9480-2_11
- Mantilla, M. (2007). Evaluación de la acción de un bioinoculante sobre un cultivo de crisantemo (*Chrysanthemum morifolium* var. yoko ono) en período de enraizamiento. [Tesis de Microbiología Agrícola. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia]. <http://hdl.handle.net/10554/8381>
- Milagres, A., Machuca, A., & Napoleão, D. (1999). Detection of siderophore production from several fungi and bacteria by a modification of chrome azurol S (CAS) agar plate assay. *Journal of Microbiological Methods*, 37(1), 1-6. [https://doi.org/10.1016/S0167-7012\(99\)00028-7](https://doi.org/10.1016/S0167-7012(99)00028-7)
- Mohite, B. (2013). Isolation and characterization of indole acetic acid (IAA) producing bacteria from rhizospheric soil and its effect on plant growth. *Journal of soil science and plant nutrition*, 13(3), 638-649. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-95162013005000051&script=sci_arttext&tlng=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/)

Molina-Romero, D., Bustillos-Cristales, M. R., Rodríguez-Andrade, O., Morales-García, Y. E., Santiago-Saenz, Y., Castañeda-Lucio, M., & Muñoz-Rojas, J. (2015). Mecanismos de fitoestimulación por rizobacterias, aislamientos en América y potencial biotecnológico. *Biológicas*, 17(2), 24-34.

<https://www.biologicas.umich.mx/index.php?journal=biologicas&page=article&op=view&path%5B%5D=207&path%5B%5D=pdf>

Morales, J., Brunner, B., Flores, L., & Martínez, S. (2013). *Hoja Informativa: culantro orgánico*. Lajas, Puerto Rico : Proyecto de agricultura orgánica. Departamento de cultivos y ciencias agroambientales. Estación Experimental Agrícola de Lajas. Obtenido de Proyecto de agricultura orgánica. Departamento de cultivos y ciencias agroambientales.

Ozidal, M., Gur, O., Sezen, A., & Faruk, O. (2017). Continuous production of indole-3-acetic acid by immobilized cells of *Arthrobacter agilis*. *Revista 3 Biotech*, 7, 23.

<https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-017-0605-0>

Parfitt, R. L., & Kimble, J. M. (1989). Conditions for formation of allophane in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 53(3), 971-977.

<https://doi.org/10.2136/sssaj1989.03615995005300030057x>

Patten, C. L., & Glick, B. R. (2002). Role of *Pseudomonas putida* indoleacetic acid in development of the host plant root system. *Applied and environmental microbiology*, 68(8), 3795-3801.

<https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/aem.68.8.3795-3801.2002>

<https://doi.org/10.1128/AEM.68.8.3795-3801.2002>

Payne, S. M. (1993). Iron acquisition in microbial pathogenesis. *Trends in microbiology*, 1(2), 66-69.

[https://www.cell.com/trends/microbiology/abstract/0966-842X\(93\)90036-Q](https://www.cell.com/trends/microbiology/abstract/0966-842X(93)90036-Q)



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

- Restrepo-Franco, G. M., Marulanda-Moreno, S., de la Fe-Pérez, Y., Díaz-de la Osa, A., Lucia-Baldani, V., & Hernández-Rodríguez, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, 46(1), 63-76. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1010376/1/BacteriassolubilizadorasdefosfatoysuspotencialidadesdeusoBaldani.pdf>
- Rodríguez-Chávez, J. (11 de Marzo de 2020). *Microorganismos benéficos en la agricultura*. Recuperado el 27 de Agosto de 2024, de Centro Universitario CEICKOR.: <https://www.centrouniversitarioceickor.edu.mx/home/2020/01/10/microorganismos-beneficos-en-la-agricultura/>
- Salazar, A. M., & Ordoñez, C. A. (2013). Aislamiento de identificación de actinomicetos fijadores denitrógeno en el suelo del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira. [Trabajo de Grado, Química Industrial, Universidad Tecnológica de Pereira] 115p. <https://repositorio.utp.edu.co/entities/publication/97aa4803-79d1-4a48-9957-4279d0444230>
- Salazar, J., & Aldana, M. (2011). Herbicida glifosato: usos, toxicidad y regulación. *Biotecnia*, 13(2), 23-28. <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971155003.pdf>
- Sanyal, S. K., & De Datta, S. K. (1991). Chemistry of phosphorus transformations in soil. . *Advances in soil science*, 1-120. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4612-3144-8_1
- Schwyn, B., & Neilands, J. (1987). Universal chemical assay for the detection and determination of siderophores. *Analytical Biochemistry*, 160(1), 47-56. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(87\)90612-9](https://doi.org/10.1016/0003-2697(87)90612-9)
- Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Okon, Y. (2009). Chapter 7 Plant growth-promoting actions of rhizobacteria. *Advances in Botanical Research*, 51, 283-320. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(09\)51007-5](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(09)51007-5)



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

Suchini-Ramírez, J. (2012). *Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7790>

Tomer, S., Suyal, D. C., & Goel, R. (2016). Biofertilizers: A timely approach for sustainable agriculture. *Plant-Microbe Interaction: An Approach to Sustainable Agriculture*, 375-395. doi:10.1007/978-981-10-2854-0_17.

https://www.researchgate.net/publication/314263435_Biofertilizers_A_Timely_Approach_for_Sustainable_Agriculture

Tripti, K., Kumar, A., & Anshumali, V. (2012). Hosphate Solubilizing Activity of Some Bacterial Strains Isolated from Chemical Pesticide Exposed Agriculture Soil. *International Journal of Engineering Research and Development*.

https://www.researchgate.net/publication/282323814_Phosphate_Solubilizing_Activity_of_Some_Bacterial_Strains_Isolated_from_Chemical_Pesticide_Exposed_Agriculture_Soil

Villachica, H. (1996). Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia. *Lima: Tratado de Cooperacion Amazônica*, 385.

<https://agris.fao.org/search/en/providers/122452/records/6472488908fd68d546009bfb>

Zepeda-Jazo, I. (2018). Manejo sustentable de plagas agrícolas en México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 15(1), 23-28.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-54722018000100099&script=sci_arttext



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

USO POTENCIAL DE VIRUS ENTOMOPATÓGENOS EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE PLAGAS DEL ORDEN LEPIDOPTERA¹

**José Ángel Herrera-Vásquez²; Patricia Esther Corro-Chang³;
Randy Atencio-Valdespino⁴**

RESUMEN

Los insectos plaga del orden Lepidoptera constituyen uno de los grupos taxonómicos de mayor importancia económica por sus daños sobre cultivos agrícolas en Panamá. El desarrollo de nuevas alternativas amigables con el ambiente se ha transformado en una clave fundamental para alcanzar la sostenibilidad de las actividades de producción agrícola. Los virus entomopatógenos que afectan especies de Lepidoptera constituyen un potencial con amplias perspectivas de desarrollo. Este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de los principales virus entomopatógenos que podrían ser utilizados en el manejo integrado de plagas (MIP), en particular de Lepidoptera en Panamá. Se realizó la búsqueda de información proveniente de documentación científica y reportes técnicos sobre la materia en cuestión. El estudio se enfoca en las principales plagas del orden Lepidoptera asociadas a cultivos agrícolas de importancia económica y para la seguridad alimentaria de la población panameña. Se resalta el uso potencial que podrían tener los virus entomopatógenos para su control, a partir de las experiencias obtenidas en otras regiones con grupos taxonómicos similares a los presentes en el territorio nacional. Así mismo, se resalta la posible utilización de estas alternativas en Panamá y en la región. Aunque los virus entomopatógenos no se habían considerado como una opción relevante en los programas MIP de Lepidoptera en Panamá, el desarrollo de estudios básicos de laboratorio y campo, así como de productos tecnológicos basados en estos microorganismos, hacen posible un control amigable que no contamina el ambiente.

Palabras clave: Cultivos, Lepidoptera, MIP, plagas, virus entomopatógenos.

¹Recepción: 02 de octubre de 2023. Aceptación: 05 de agosto de 2024. Este trabajo formó parte de los estudios asociados a Entomología Agrícola en Panamá realizados dentro del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y la Universidad de Panamá.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIA-Divisa), Grupo de Investigación de Protección Vegetal (GPV), Ctra. Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá / Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), Panamá. e-mail: joshervs11@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

³Universidad de Panamá. (PCMENT)/SNI, SENACYT, Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. e-mail: estherpatricia04@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4385-1596>

⁴IDIAP, CIA-Divisa, GPV, Ctra. Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá /SNI, SENACYT, Panamá. e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>



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

POTENTIAL USE OF ENTOMOPATHOGENIC VIRUSES IN THE BIOLOGICAL CONTROL OF PESTS OF THE LEPIDOPTERA ORDER

ABSTRACT

Pest insects of the order Lepidoptera constitute one of the taxonomic groups of greatest economic importance due to their damage to agricultural crops in Panama. The development of new environmentally friendly alternatives has become a fundamental key to achieving the sustainability of agricultural production activities. Entomopathogenic viruses that affect species of Lepidoptera constitute a potential with broad development prospects. This work aimed to carry out a review of the main entomopathogenic viruses that could be used in integrated pest management (IPM), particularly of the order Lepidoptera in Panama. A browse was made for information from scientific documentation and technical reports on the subject in question. The study focuses on the main pests of the order Lepidoptera associated with agricultural crops of economic importance and for the food security of the Panamanian population. The potential use that entomopathogenic viruses could have for their control is highlighted, based on the experiences obtained in other regions with taxonomic groups similar to those present in the national territory. The possible use of these alternatives in Panama and the region is also highlighted. Although entomopathogenic viruses had not been considered as a relevant option in the Lepidoptera IPM programs in Panama, the development of basic laboratory and field studies, as well as technological products based on these microorganisms, make possible a friendly control that does not contaminate the environment.

Keywords: Crops, entomopathogenic viruses, IPM, Lepidoptera pests, Lepidoptera.

INTRODUCCIÓN

En Panamá, la superficie agrícola es de 242 122 ha, con una producción de 4 020 812 t, la cual involucra un estimado de 48 121 productores, con un sector agrícola en crecimiento que incluye el cultivo de granos básicos, frutales, hortalizas, raíces, tubérculos y cultivos industriales, pero que a su vez pierde un equivalente a 3 825 ha (1,57%) de la superficie agrícola debido a condiciones climáticas adversas como el viento y la lluvia, así como el impacto de enfermedades y plagas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 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/)

Existe un complejo de plagas insectiles del orden Lepidoptera que ocasionan pérdidas en los cultivos agrícolas panameños. En este complejo se han reportado 80 especies en 57 géneros y 15 familias, incluyendo defoliadores y minadores de hojas, así como barrenadores de tallos y frutos de diversos cultivos claves para la seguridad alimentaria en Panamá (Corro-Chang y Tarakanov, 2017).

Durante décadas, el manejo de las plagas insectiles, incluyendo los lepidópteros, se ha basado en la aplicación de insecticidas químicos. Estos productos, además de incrementar significativamente el costo de producción y de los alimentos de la canasta básica, tienen efectos nocivos que ponen en riesgo la salud humana y la del medio ambiente. El uso de alternativas no químicas, amigables con el ambiente e inocuas para la salud de los consumidores, tomó fuerza dentro de los programas de manejo integrado de plagas regionales durante los últimos años (Garcerán y Castillo, 2019).

El desarrollo de bioplaguicidas a base de bacterias, hongos, nematodos o virus entomopatógenos, constituye una herramienta tecnológica indispensable para lograr la sostenibilidad en la producción agrícola, la cual puede ser aplicada para el control de lepidópteros en diferentes cultivos, entre estos, caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y maíz (*Zea mays* L.), rubros claves para la seguridad alimentaria de Panamá (Nava-Pérez et al., 2012). Una de las alternativas con mayores perspectivas de aplicabilidad para el control de insectos lepidópteros son los virus entomopatógenos, considerados agentes de control biológico seguros, de fácil producción en masa, sencilla formulación y aplicación (Pacheco et al., 2019).

En Panamá se han realizado diversos estudios epidemiológicos, de detección, de caracterización y de control de distintas especies de virus fitopatógenos de los géneros begomovirus, carmovirus, comovirus, cucumovirus, potyvirus y torradovirus, que afectan cultivos de interés agrícola, como solanáceas (tomate [*Solanum lycopersicum* L.] y pimentón [*Capsicum annuum* L.]) y cucurbitáceas (melón [*Cucumis melo* L.], pepino [*Cucumis sativus* L.] y zapallo [*Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam.]) (Herrera-Vásquez et al., 2013, 2016; Davino et al., 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/)

Este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión de los principales virus entomopatógenos que podrían tener un potencial para ser utilizados en el manejo integrado de las principales plagas insectiles del orden Lepidoptera en Panamá.

Insectos plagas del orden Lepidoptera en Panamá

El orden Lepidoptera es uno de los grupos más complejos en cuanto a diversidad ecológica en Panamá, que puede ser utilizado como bioindicador de disturbios medioambientales en sistemas ecológicos como bosques. Sin embargo, diversas especies son consideradas dañinas dentro de los agroecosistemas, sobre todo por la alta resistencia y tolerancia a insecticidas químicos, ejerciendo mayor presión sobre las plantas hospederas cultivadas (Corro-Chang, 2018).

Especies de Lepidoptera, fundamentalmente en sus estadios inmaduros, han sido utilizadas como controladores biológicos de plantas exóticas y parásitas, como las larvas del género *Episimus* (familia Tortricidae), efectivas contra la “pimienta rosada” o *Schinus* sp., un género de árboles de la familia Anacardiaceae (Wheeler et al, 2016; Metz et al, 2019). Adicionalmente, los “gusanos medidores” principalmente del género *Eupithecia* (familia Geometridae), han desarrollado canibalismo que, en un futuro, permitiría utilizar sus larvas en programas de control biológico de otros insectos perjudiciales (Montgomery, 1983).

El cambio climático y los fenómenos ambientales asociados como “El Niño”, por ejemplo, causan el incremento de las temperaturas y la reducción de las lluvias y la nubosidad en la región. Esto influye directamente la biología y comportamiento de los insectos plagas del orden Lepidoptera, poniendo en riesgo la producción agrícola del país, especialmente de cultivos como maíz y arroz, que afectan la seguridad alimentaria (Mora et al., 2010).

Otro aspecto clave a considerar es la potencial introducción de especies exóticas e invasoras del orden Lepidoptera en Panamá, como el caso de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Gelechiidae, Lepidoptera) originaria de Sudamérica (Ramos-Méndez, 2019), que tiene un impacto negativo directo sobre la biodiversidad de los agroecosistemas sensitivos a la seguridad alimentaria, que incluye alteraciones sobre las poblaciones y comunidades nativas de este grupo de insectos (Valdés, 2009).



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 establecimiento de monocultivos y la constante aplicación de insecticidas de amplio espectro elimina los depredadores naturales, creando un ambiente físico-químico favorable a la actividad destructiva de los insectos plagas sobre las plantas cultivadas, ya que la naturaleza de los agroecosistemas es menos estable que la de los ecosistemas naturales (Kalha et al., 2014).

Diversas especies exóticas del orden Lepidoptera son consideradas plagas cuarentenarias para Panamá, por lo cual, debido a su potencial entrada en el país, resulta necesario disponer de alternativas para su control. Entre estas plagas, destacan *Diaphania indica* (Saunders) (Crambidae), que ataca especies de plantas cultivadas de la familia Cucurbitaceae; *Ephestia elutella* (Hübner) (Pyralidae), que afecta semillas o cereales almacenados (incluye maíz y harina de trigo [*Triticum aestivum* L.]); *Spodoptera albula* (Walker) (Noctuidae), que ataca tomate y pimentón; *Spodoptera exempta* (Walker) (Noctuidae), que afecta jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe); y *Spodoptera exigua* (Hübner) (Noctuidae), que ataca brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck (MIDA, 2023; European and Mediterranean Plant Protection Organization [EPPO], 2022).

Adicionalmente, en Panamá se presentan plagas del orden Lepidoptera, como el gusano cortador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Noctuidae), que causa graves daños en la producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el distrito de Tierras Altas, en la provincia de Chiriquí, un cultivo sensitivo para la seguridad alimentaria en Panamá (Lezcano et al., 2004). Otra plaga importante es *Stenomacrus catenifer* Walsingham (Elachistida), que causa importantes daños en árboles frutales, principalmente, aguacate (*Persea americana* Mill), fundamentalmente en la provincia de Chiriquí (Santos et al., 2018).

De igual manera, la industria de producción de azúcar en Panamá enfrenta constantes desafíos por pérdidas de peso de la caña de azúcar y reducción en la producción de azúcar extraída debido a daños ocasionados por diferentes especies de lepidópteros barrenadores de tallos, entre los que destacan *Diatraea* sp. (Crambidae), *Elasmopalus lignosellus* (Zeller) (Pyralidae) y *Telchin licus* (Drury) (Castniidae). Esto impulsa a la industria en la búsqueda de nuevas alternativas para sus programas 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/)

manejo integrado, con la finalidad de mitigar los daños ocasionados por estas plagas (Atencio et al., 2021a, b) (Cuadro 1).

Diversas familias del orden Lepidoptera, por ejemplo, Gelechiidae, han sido objeto de estudio por su complejidad dentro de diversos medios ecológicos y agroecológicos. Dentro de esta familia, 82 especies se encuentran presentes en Panamá, destacando *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) y *Tecia solanivora* (Povolný) en el cultivo de papa, así como *Phthorimaea absoluta* Meyrick y *Phthorimaea operculella* (Zeller) en el cultivo tomate (Corro-Chang et al., 2021).

En adición, estudios realizados sobre la familia Gelechiidae del orden Lepidoptera, dieron como resultado la identificación de cinco nuevas especies en Panamá, siendo estas, *Aristotelia barriosi* Heppner y Corro, *Agnippe tarakanovi* Heppner y Corro, *Chionodes sariguaensis* Heppner y Corro, *Colanthes korytkowskii* Heppner y Corro y *Pavolechia mimetica*, Heppner y Corro las cuales son importantes dentro de diversos ecosistemas, principalmente agrícolas (Heppner y Corro-Chang, 2017; Corro-Chang y Metz, 2020; Corro-Chang y Bidzilya, 2020).

Por otro lado, la expansión de los daños asociados a las especies *T. absoluta* y *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) (Gelechiidae) sobre el cultivo de tomate en los países que conforman el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), entre estos Panamá, ha dado como resultado que este organismo impulse una prospección constante de estas plagas para definir su estatus, con la finalidad de implementar programas de manejo integrado, donde el potencial uso de virus entomopatógenos podría constituir una alternativa clave (Ramos-Méndez, 2019).

En el caso de *T. absoluta*, sobresale el impacto negativo que tiene esta especie sobre diversas especies de plantas de la familia Solanaceae, principalmente tomate, deteriorando la calidad del fruto y limitando su comercialización (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2019). En Panamá *T. absoluta* ha adquirido importancia económica, por lo cual, se han realizado diversos estudios morfológicos y taxonómicos de esta especie (Corro-Chang y Metz, 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/)

Son significativos los aportes realizados en Panamá en identificación, biología, daños y alternativas de control de plagas del orden Lepidoptera, principalmente asociadas a la caña de azúcar (Atencio-Valdespino, 2018) y al tomate (Corro-Chang, 2021).

Virus Entomopatógenos

La búsqueda de nuevos agentes de control que puedan intervenir dentro de los agroecosistemas, para la reducción de insectos plagas del orden Lepidoptera, ha supuesto considerar entre las alternativas de control el uso potencial de virus entomopatógenos (Kalha et al., 2014).

El desarrollo de esta búsqueda se fortaleció a partir de la creación de catálogos de virus entomopatógenos tales como los desarrollados por Martignoni e Iwai (1986) asociados a enfermedades virales de insectos, ácaros y garrapatas en los Estados Unidos de América. Los mismos incluyen el compendio de las especies de artrópodos asociados a diversas familias y géneros de virus entomopatógenos.

La generación de conocimiento previa fue determinante para que en la actualidad diversas empresas en Estados Unidos de América y Europa desarrollaran productos a base de baculovirus, principalmente *Nucleopolyhedrovirus* (NPV), que incluyó empresas comerciales tales como Dupont, Biosys, American Cynamid y Agriviron que tienen proyectos de investigación asociados al desarrollo de virus entomopatógenos para el control de larvas de Lepidoptera (Kalha et al., 2014).

La integración de los virus entomopatógenos en los planes de manejo integrado de plagas insectiles ha motivado su uso en Brasil, país con uno de los mercados de productos de control biológico de plagas más grandes del mundo, motivado por la mitigación de los impactos ecológicos y a la salud humana ocasionados por los insecticidas químicos (Sosa-Gómez et al., 2020).

En el área de Centro América, entre diversas experiencias realizadas con los virus entomopatógenos, una de las más exitosas fue la realizada en Honduras en el Centro para el Control Biológico en Centro América (CCBCA) en la Escuela Agrícola Panamericana



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

Zamorano con la producción y aplicación de baculovirus del género *Nucleopolyhedrovirus* (VPN) para el control de *Spodoptera frugiperda* (Walker) (Noctuidae) en cultivos sensitivos a la región como el maíz y ensayos de control sobre *Plutella xylostella* (L.) (Plutellidae) (Williams et al., 1999; Cave et al., 2011).

Existen reportes de virus de los géneros *Cypovirus*, *Alphabaculovirus*, *Betabaculovirus*, *Deltabaculovirus* y *Gammabaculovirus* que indicaron la afectación de más de 800 especies de insectos y ácaros, lo cual se atribuye principalmente a las propiedades biológicas de estos virus, caracterizados por su elevada especificidad (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

En el caso de las plagas del orden Lepidoptera, los virus entomopatógenos afectan principalmente las etapas larvales al producir una infección crónica o letal y la liberación de grandes cantidades de cuerpo de inclusión (CI). Los CI son relativamente estables, por lo cual, sirven como medio para que los virus puedan transmitirse y persistir fuera del huésped. Sin embargo, su exposición a la luz ultravioleta podría causar su destrucción (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

Las larvas jóvenes, principalmente los tres primeros estadios de insectos plagas de Lepidoptera, son más susceptibles que las larvas de estadios superiores a la infección por virus entomopatógenos. Esto coincide con la infestación temprana de las larvas jóvenes a los cultivos, siendo durante este período más propensas a infectarse incluso con una baja concentración viral que inicia el proceso de la enfermedad, fundamento clave para la formulación, dosificación y aplicación de virus entomopatógenos (Payne, 1982; Sosa-Gómez et al., 2020).

A nivel mundial, distintas especies de virus entomopatógenos han sido reportadas en diversos agroecosistemas. Una de las más reconocidas los baculovirus correspondientes a nucleopoliedrovirus (NPV), en este caso aislado del gusano de la seda (*Bombyx mori* L.) (Bombycidae), aunque que también ha sido relacionada con enfermedades dentro de apiarios de abejas (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) (Deka et al., 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/)

A pesar de que existe una alta diversidad de virus entomopatógenos, solo unos pocos se observan con frecuencia en distintas poblaciones de insectos, principalmente de los órdenes Lepidoptera, Diptera, Hemiptera, Coleoptera e Hymenoptera (Sarwar et al., 2021).

Los virus entomopatógenos pueden causar la muerte de los huéspedes infectados, por la capacidad que tienen de producir grandes cantidades de CI, que sirven de protección a las partículas de los virus maduros que se localizan en el medio ambiente. Esto permite que los virus desarrollen una serie compleja de asociaciones con su insecto huésped y que, en muchos casos, causen epizootias de enfermedades a gran escala (Sarwar et al., 2021).

Los virus entomopatógenos son parásitos intracelulares obligados, compuestos de ADN o ARN, encapsulado en una cubierta de proteína o cápside, con el fin de formar los viriones o nucleocápsides. En este sentido, los virus se han transformado en organismos altamente eficaces en el manejo de poblaciones de ciertas plagas insectiles dentro del orden Lepidóptera (Kalha et al., 2014).

Los virus entomopatógenos causan enfermedades en los insectos que reducen la movilidad de las larvas, lo cual conlleva a que dejen de alimentarse y tengan un menor crecimiento (Sarwar et al., 2021). Las larvas se tornan de color blanquecino, debido a una infección viral masiva, que es visible a través de su tegumento translúcido, que se vuelve más delgado a medida que la infección avanza, hasta finalmente romperse, para liberar un líquido grisáceo a cremoso (como el caso de los baculovirus y entomopoxvirus) (Sarwar et al., 2021). Las larvas de Lepidoptera enfermas cuelgan sostenidas por sus crochets (setas pequeñas y curvadas establecidas alrededor de la base de las patas) con la cabeza hacia abajo en una posición de “V” invertida, que facilita la dispersión del inóculo del virus en condiciones de campo (Sarwar et al., 2021).

La clasificación de los virus entomopatógenos ha cambiado con el paso del tiempo. Inicialmente, se agruparon de acuerdo con la presencia o ausencia de cuerpos de inclusión (CI) y la morfología del virión. Posteriormente se utilizaron otros criterios, como el grupo de hospederos y el tipo de tejido afectado, así como la presencia o ausencia de envoltura (Del Rincón-Castro y Ibarra, 2011).



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

Actualmente se clasifican siguiendo los parámetros utilizados para la clasificación de los virus patógenos de animales, como, por ejemplo: el tipo de ácido nucleico, la simetría de las subunidades de la cubierta de proteína, la forma y el tamaño de la partícula viral y la presencia o ausencia de envoltura (Del Rincón-Castro y Ibarra, 2011).

Los resultados de las investigaciones antes expuestas han permitido que los virus entomopatógenos se puedan agrupar, al menos, en 18 familias y 39 géneros. La clasificación y las características generales de los principales virus entomopatógenos se presentan en el Cuadro 1, basados en los aportes de Caballero y Williams (2008), Rohrmann (2011) y Villamizar et al. (2018).

Cuadro 1. Principales familias y géneros de los virus entomopatógenos.

Familia	Género	Ácido nucleico *	Cuerpo de inclusión	Virión envuelto	Forma del virión	Hospederos †	Sitio de replicación
Ascoviridae	Ascovirus	csADN	No	Sí	Baciliforme, ovoide o alantoide	L	Núcleo: cuerpo graso, hipodermis y matriz tráquea
	Toursvirus		No	Sí		Hy	
Baculoviridae	Alphabaculovirus	cdADN	Sí	Sí	Baciliforme	L	Núcleo: intestino medio o infección sistémica
	Betabaculovirus		Sí	Sí		L	
	Deltabaculovirus		Sí	Sí		D	
	Gammabaculovirus		Sí	Sí		Hy	
Iridoviridae	Chloriridovirus	cdADN	No	No	Icosaédrica	C, D, He, L,	Núcleo y citoplasma: cuerpo graso, hemocitos, hipodermis, algunas veces sistémica
	Iridovirus		No	No		O, Tr, D	
Hytrosaviridae	Glossinavirus	cdADN	No	Sí	Baciliforme	D	Núcleo: glándula salivar, ovarios y tejidos gonadales
	Muscavirus		No	Sí		D	
Nudiviridae	Alphanudivirus	cdADN	No	Sí	Baciliforme	O, C	Núcleo: intestino medio o infección sistémica
	Betanudivirus		No	Sí		L	
Parvoviridae	Ambidensovirus	csADN	No	No	Redondeada	D, He, Hy	Núcleo: mayoría de tejidos, excepto el intestino medio
	Brevidensovirus		No	No		L, O	
	Iteravirus		No	No		D	
	Sin clasificar		No	No		L, O	
Polydnviridae	Bracovirus	cdADN	No	Sí	Cilíndrica	Hy	No en parasitoides. Hemocitos y cuerpo graso
	Ichnovirus		No	Sí			



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

Continuación:

Cuadro 1. Principales familias y géneros de los virus entomopatógenos.

Poxviridae	Alphaentomopoxvirus		Sí	Sí		C	Citoplasma: principalmente en cuerpo graso y hemocitos, pero otros órganos se pueden infectar
	Betaentomopoxvirus		Sí	Sí		L, O	
	Gammaentomopoxvirus		Sí	Sí		L, O	
	Sin clasificar	cdADN			Ovoide	Hy, O	
Birnaviridae	Entombirnavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	D	Citoplasma: no en tejidos, adultos sensibles al CO ₂
Dicistroviridae	Aparavirus		No	No		Hy	Intestino y sistema reproductor
	Cripavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	He, O, D	
	Triatovirus		No	No		He	
Iflaviridae	Iflavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L, Hy, He	Citoplasma: células epiteliales del intestino medio y células calciformes
Metaviridae	Errantivirus		No	No/Sí	Esféricos u ovoides	D	Hemocitos, infección sistémica
	Metavirus	csARN	No	No		L, D, C	
	Semotivirus		No	No/Sí		D	
Nodaviridae	Alphanodavirus	csARN	No	No	Icosaédrica	C, D, L	Citoplasma: intestino y después infección sistémica
Pseudoviridae	Hermivirus	csARN	No	No	Redondeada	D	Citoplasma o núcleo
Reoviridae	Cypovirus		Sí	No		L, Hy	Citoplasma: células del intestino
	Idnoreovirus	cdARN	No	No	Icosaédrica	L, Hy	
	Seadornavirus		No	No		D	
Alphatetraviridae	Betatetravirus		No	No		L	Citoplasma: infección crónica
	Omegatetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	
Carmotetraviridae	Alphacarmotetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	Citoplasma: células del intestino medio
Permutotetraviridae	Alphapermutotetravirus	csARN	No	No	Icosaédrica	L	Citoplasma: células del intestino medio

Fuentes: Caballero y Williams (2008), Rohrmann (2011) y Villamizar et al. (2018).

* = ADN o ARN es: cadena sencilla; cd: cadena doble.

† = Órdenes de insectos: C: Coleoptera; D: Diptera; Di: Dictioptera; He: Hemiptera; Hy: Hymeniptera; L: Lepidoptera; O: Orthoptera; Od: Odonata; Tr: Trichoptera.



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

Importancia de los Baculovirus

Entre los virus de insectos, los baculovirus (familia Baculoviridae) son los agentes de biocontrol viral mayormente estudiados y utilizados (Sosa-Gómez et al., 2020). Se han reportado más de 700 especies de insectos infectados naturalmente por baculovirus, de los cuales el 90% corresponden a insectos del orden Lepidoptera (Sosa-Gómez et al., 2020). Los virus de la familia Baculoviridae (incluyendo nucleopoliedrovirus [NPV] y granulovirus [GV]) son extremadamente específicos para el huésped. Además, no son patógenos para los insectos benéficos y otros grupos taxonómicos, incluidos los mamíferos (Deka et al., 2021).

Los bioplaguicidas comerciales a base de baculovirus representan un bajo peligro para las personas y la vida silvestre, por su rango limitado de huéspedes que generalmente se limitan al orden y a la familia del huésped de origen (Deka et al., 2021). Se ha demostrado que los mismos son una fuente importante de agentes de control microbiano, en particular, para insectos plagas del orden Lepidoptera dentro de sistemas de producción agrícola y forestal (Morris, 1980; Nava-Pérez et al., 2012; Sarwar et al., 2021).

Los NPV solo pueden replicarse dentro de los tejidos de los artrópodos, sin tener un impacto en los tejidos de animales vertebrados y plantas. Por esto se ha dado un incremento de productos biológicos a base de estos, transformando en elementos clave de los programas de manejo integrado de determinadas plagas, por aspectos de especificidad (Pacheco et al., 2019; Valicente, 2019).

Estos elementos justifican que durante las últimas dos décadas las investigaciones sobre el uso de virus entomopatógenos en la guerra biológica se hayan incrementado en diversas regiones del mundo contra los insectos plagas del orden Lepidoptera, como por ejemplo en Colombia, donde estos virus se utilizaron para el control integrado de *T. absoluta* (Herrera Rocha et al., 2018).

A partir de allí, han continuado los estudios relacionados a la biología y comportamiento de virus entomopatógenos de la familia Baculoviridae (como los géneros *Alphabaculovirus*, *Betabaculovirus*, *Deltabaculovirus* y *Gammabaculovirus*) sobre larvas 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/)

insectos plagas de los órdenes Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera, con el fin de establecer herramientas tecnológicas para los programas de manejo integrado de plagas en agroecosistemas (Sosa-Gómez et al., 2020).

Virus entomopatógenos con potencial utilidad sobre plagas del orden Lepidoptera establecidas en Panamá

En Panamá no existen evidencias sobre el establecimiento de virus entomopatógenos, porque simplemente no se han desarrollado estudios a profundidad sobre la temática.

Al revisar la gran diversidad de géneros de virus entomopatógenos con referencias (Cuadro 1) en otras regiones, es posible constatar que los virus entomopatógenos por su diversidad tienen el potencial de constituir una pieza clave dentro de programas de manejo integrado de plagas distribuidas en cultivos agrícolas regionales y en Panamá (Corro-Chang, 2018).

Plagas del orden Lepidoptera presentes en Panamá, pero también están presentes en otras regiones donde se ha logrado controlar sus poblaciones con virus entomopatógenos se indican en el Cuadro 2. Se incluye por ejemplo el caso del Virus de la Granulosis (VG) donde se han obtenido resultados para el control de larvas de 3° y 5° estadios de *A. ipsilon* en España (Caballero et al., 1988), así como el uso de *Nucleopolyhedrovirus* (NPV) con *Diaphania nitidalis* (Stoll) (Crambidae) en larvas de 2° estadio (Jackson et al., 2009) (Cuadro 2).

La potencial utilidad de estos virus entomopatógenos se incrementa en Panamá si se incluyeran estudios de plagas regionales eventuales o con estatus de secundarias presentes en Panamá, que incluyen *Diatraea tabernella* Dyar (Crambridae) en Caña de azúcar (Atencio et al., 2021a), *Telchin licus* (Drury) (Castniidae) en caña de azúcar (Atencio et al., 2021b), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Pyralidae) (Atencio et al., 2021; EPPO, 2022), *Spodoptera eridania* (Stoll) (Noctuidae) en especies cultivadas de la familia Poaceae (EPPO, 2022), *Rupela albinella* (Cramer) (Crambidae) en arroz (Coto, 1997; EPPO, 2022) y *Mocis latipes* (Guenée) (Noctuidae) en arroz y maíz (Coto, 1997).



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. Lista de insectos plagas del orden Lepidoptera seleccionados en Panamá con referencias de virus entomopatógenos utilizados en otras regiones.

Especie	Familia	Cultivo	Virus entomopatógeno	País desarrolló la investigación	Referencia
<i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel)	Noctuidae	Solanaceae	Virus de la granulosis – <i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	España	Caballero et al., 1988; EPPO, 2022; Lezcano et al., 2004
<i>Chloridea virescens</i> (F.)	Noctuidae	Diversas familias (Polífaga)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA*	Caballero y Williams, 2008; EPPO, 2022
<i>Diaphania hyalinata</i> (L.)	Crambidae	Cucurbitaceae			Korytkowski, 2003
<i>Diaphania nitidalis</i> (Stoll)	Crambidae	Cucurbitaceae	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Jackson et al., 2009; Korytkowski, 2003
<i>Diatraea saccharalis</i> F.	Crambidae	Caña de azúcar, maíz	Virus de la granulosis – <i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Argentina	EPPO, 2022; Lecuona y Alves, 1988
<i>Erinnyis ello</i> (L.)	Sphingidae	Yuca (<i>Manihot esculenta</i> Crantz)	<i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Colombia	Caballero y Williams, 2008; Coto, 1997; EPPO, 2022
<i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Noctuidae	Diversas familias (Polífaga)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Caballero y Williams, 2008; EPPO, 2022; Nava-Pérez et al., 2012
<i>Plutella xylostella</i> (L.)	Plutellidae	Brassicaceae	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	EUA	Kariuki y McInosh, 1999; Coto, 1997; EPPO, 2022
<i>Spodoptera frugiperda</i> (Walker)	Noctuidae	Poaceae (Maíz, sorgo)	<i>Nucleopolyhedrovirus</i> (NPV) (Baculoviridae)	Brasil	Caballero y Williams, 2008; Atencio et al., 2021a; EPPO, 2022; Nava-Pérez et al., 2012
<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Gelechiidae	Tomate	<i>Granulovirus</i> (GV) (Baculoviridae)	Colombia	EPPO, 2022; Gómez-Valderrama et al., 2014

*EUA: Estados Unidos de América



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

- En Panamá hace falta realizar estudios a profundidad de virus entomopatógenos. Por tanto, se plantea la posibilidad de realizar a mediano y largo plazo investigaciones sobre la taxonomía, biología, potencial de multiplicación y utilidad de virus entomopatógenos en medios naturales y agroecosistemas panameños.
- El estatus actual y el descubrimiento de insectos hospederos de virus entomopatógenos en Panamá constituye el paso inicial para conocer la diversidad de estos agentes nativos dentro de agroecosistemas panameños, incluyendo su potencial utilidad dentro de la agricultura orgánica y prácticas agroecológicas.
- Con los nuevos escenarios que se vislumbran con plagas emergentes, invasoras y exóticas en los agroecosistemas establecidos en Panamá, los virus entomopatógenos representan una alternativa viable de alto potencial de aplicación sobre plagas insectiles del orden Lepidoptera.
- Los virus entomopatógenos representan una alternativa sostenible en comparación con el uso de insecticidas químicos dentro de programas de manejo integrado de plagas, sobre todo cuando la tendencia mundial en la producción agrícola se basa en la búsqueda de alternativas acordes con la aplicación de prácticas agroecológicas, integrando la resiliencia y sostenibilidad en agroecosistemas agrícolas en Panamá.
- A nivel mundial existen pocos grupos de investigación en virus entomopatógenos, por tanto, se requiere la formación de equipos multidisciplinarios no solo en Panamá, sino a nivel regional e internacional. En este sentido, las investigaciones relacionadas a esta temática deben ser fortalecidas con proyectos de investigación que involucren diferentes especialistas, entre estos, biólogos, entomólogos, virólogos, con la finalidad de aportar a los estudios de diversidad y biología de estos virus, así como su comportamiento dentro de poblaciones de insectos, sobre todo de aquellas especies del orden Lepidoptera que causan daños importantes a cultivos que aportan a la seguridad alimentaria de 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/)

REFERENCIAS

- Atencio-Valdespino, R. (2018). Identification of biological components, damage and control alternatives for lepidopteran sugarcane stemborers in Panama. Montpellier: Université de Montpellier, 187 p. Thèse de doctorat: Mécanismes des interactions parasitaires pathogènes et symbiotiques: Université de Montpellier. <http://www.theses.fr/2018MONTG012>
- Atencio V., R., Goebel, F., Guerra, A., Nikpay, A., y Collantes G., R. (2021a). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 37-58. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466
- Atencio V., R., François Goebel, R., Murillo, V., y Guerra, A. (2021b). Plantas hospederas de dos especies de barrenadores del tallo (Lepidoptera) asociados a caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 1(2), 12-24. https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2119/1970
- Caballero, P., Fleishacker, C., Vargas Osuna, E., y Santiago-Alvarez, C. (1988). Un baculovirus autoctono (virus de la granulosis; VG) de *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae) y sus posibilidades de empleo en la lucha contra "gusanos grises". *Bol. San. Veg. Plagas*, 14, 171-174. <https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-14-01-171-174.pdf>
- Caballero, P., y Williams, T. (2008). Virus entomopatógenos. En *Control biológico de plagas agrícolas*. J.A. Jacas y A. Urbaneja (Eds.). *Phytoma 04* (pp. 121-135). http://www.trevorwilliams.info/caballero_williams_fasciculo_2008.pdf
- Cave, R. D., Trabanino, R., y Pitty, A. (2011). Zamorano y sus Contribuciones a la Agricultura Sostenible a Través del Control Biológico de Plagas. *Ceiba*, 52(1), 26-38. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v52i1.966>



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

Corro-Chang, P. E., y Tarakanov, S. V. (2017). Guía de campo: principales especies de Lepidoptera (Heterocera) asociadas a cultivos anuales de Panamá. Litho Editorial Chen. 240 p.

Corro-Chang, P. E. (2018). Moths and their relationship to Panamanian agriculture. *International Journal of Avian & Wildlife Biology*, 3(2), 143-144.
<https://doi.org/10.15406/ijawb.2018.03.00075>

Corro-Chang, P., y Bidzilya, O. (2020). Three new species of Gelechiidae (Lepidoptera) from Panama. *Zootaxa*, 4890(3). <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4890.3.7>

Corro-Chang, P. E., y Metz, M. A. (2021). Classification of *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae: Gelechiinae: Gnorimoschemini) Based on Cladistic Analysis of Morphology. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 123(1), 41-54. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.41>

Corro-Chang, P.E., Bidzilya, O., Metz, M.A., Landry, J.F., y Heppner, J. (2021). An Updated and Annotated Checklist of the Gelechiidae (Lepidoptera) of Panamá. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 123(1), 55-74.
<https://doi.org/10.4289/0013-8797.123.1.55>

Corro-Chang, P. E. (2021). Sinopsis de la tribu Gnorimoschemini (Lepidoptera: Gelechiidae), con especial enfoque a la fauna de América Central y Región Norte de Sudamérica. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Programa Centroamericano de Entomología. [Tesis Doctoral en Ciencias con énfasis en Entomología, Universidad de Panamá].
http://up-rid.up.ac.pa/3861/1/patricia_corro.pdf

Coto, D. (1997). Lepidoptera en cultivos anuales y perennes: manual de reconocimiento. Turrialba, C. R.: CATIE. Unidad de Fitoprotección.
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2866>



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

- Davino, S., Panno, S., Caruso, A., Davino, M., y Herrera Vásquez, J. A. (2018). High genetic stability of *Potato yellow mosaic Panama virus* infecting tomato in Panama. *Journal of Plant Pathology*, 100, 59-65. <https://doi.org/10.1007/s42161-018-0028-8>
- Deka, B., Baruah, C., y Babu, A. (2021). Entomopathogenic microorganisms: their role in insect pest management. *Egypt J Biol Pest Control*, 31, 121. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00466-7>
- Del Rincón-Castro, M. C., y Ibarra, J. E. (2011). Entomopathogenic Viruses. En: N. Rosas-Garcia (Ed.), *Biological Control of Insect Pests* (pp. 29-64). Houston, EE. UU.: Studium Press LLC.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. (2022). EPPO Global Database (available online). <https://gd.eppo.int>
- Garcerán, P., y Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria: Panamá y el mundo. *Prisma Tecnológico*, 10, 22-27. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- Gómez-Valderrama, J., Herrera, L, Uribe-Vélez, D., López-Ferber M., y Villamizar L. (2014). An immunological method for granulovirus detection in larvae of *Tuta absoluta*: Searching for isolates with prospects for biological control of this pest in Colombia. *International Journal of Pest Management*, 60(2),136-143. <https://doi.org/10.1080/09670874.2014.941043>
- Heppner, J. B., y P. Corro. (2017) Panama Moth Notes, 8. The Neotropical Genus *Pavolechia* (Lepidoptera: Gelechiidae: Anacampsinae). *Lepidoptera Novae*, 10(1-2), 67-70. https://www.researchgate.net/publication/323346078_Panama_Moth_Notes_8The_Neotropical_Genus_Pavolechia_Lepidoptera_Gelechiidae_Anacampsinae/link/5ad149e6a6fdcc29357c3987/download?tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19



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

Herrera-Vásquez, J. A., Córdoba Sellés, M. C., Cebrían, M. C., Font-San-Ambrosio, M. I., Alfaro-Fernández, A. y Jordá, C. (2013). Viruses of cucurbits in Panama. *Journal of Plant Pathology*, 95, 435-440.

https://www.academia.edu/108987627/Viruses_of_cucurbits_in_Panama

Herrera-Vásquez, J. A., Ortega, D., Romero, A. B., Davino, S., Mejía, L. C., Panno, S., y Davino, M. (2016), Begomoviruses Infecting Tomato Crops in Panama. *J Phytopathol*, 164, 102-113. <https://doi.org/10.1111/jph.12436>

Herrera Rocha, M., Rodríguez Caicedo, D., y Cantor, F. (2018). Antecedentes y Perspectivas para el Manejo Integrado de *Tuta absoluta* Meyrick 1917 (Lepidoptera: Gelechiidae). *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 73-81.

<https://doi.org/10.18359/rfcb.2736>

Jackson, D. M., Shepard, B. M., Shapiro, M.F., y El Salamouny, S. (2009). Effects of Cucurbitacin on the Activity of Nucleopolyhedroviruses Against Pickleworm Larvae. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 26(2), 95-106.

<https://doi.org/10.3954/1523-5475-26.2.95>

Kalha, C. S., Singh, P. P., Kang, S. S., Hunjan, M. S., Gupta, V., y Sharma, R. (2014). Entomopathogenic Viruses and Bacteria for Insect-Pest Control. In D. P. Abrol (Ed.) *Integrated Pest Management. Current Concepts and Ecological Perspective* (pp. 225-244). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-398529-3.00013-0>

Kariuki, C. W., y McIntosh, A. H. (1999). Infectivity studies of a new baculovirus isolate for the control of the diamondback moth (Plutellidae: Lepidoptera). *J. Econ. Entomol.*, 92, 1093-1098.

<https://academic.oup.com/jee/article-abstract/92/5/1093/2217103?redirectedFrom=fulltext>



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

- Korytkowski, C. (2003). Manejo Integrado de Plagas. Universidad de Panamá. Vice-Rectoría de Investigación y Post-grado. Programa de Maestría en Entomología. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Korytkowski-2003-IPM.pdf>
- Lecuona, R. E., y Alves, S. B. (1988). Efficiency of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill., *B. brongniartii* (Sacc.) Petch. and granulose virus on *Diatraea saccharalis* (F., 1794) at different temperatures. *Journal of Applied Entomology*, 105, 223-228. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1988.tb00181.x>
- Lezcano-B., J., Bernal-V., J., y Hurtado, M. (2004). Eficacia Biológica de Insecticidas Sobre Larvas de Gusanos Cortadores *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) en Papa (*Solanum tuberosum*) en Cerro Punta, Bugaba. 2003. *Ciencia Agropecuaria*, 16, 97-108. <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/228>
- Martignoni, M. E., e Iwai, P. J. A. (1986). Catalog of viral diseases of insects, mites, and ticks. 4th ed. Gen. Tech. Rep. PNW-195. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 51 p. https://www.fs.usda.gov/pnw/pubs/pnw_gtr195.pdf
- Metz, M., Wheeler, G. S., Landry, J. F., Williams, D. A., y Mckay, F. (2019). New genus and species of Gelechiini (Lepidoptera: Gelechiidae) feeding on Brazilian pepper tree. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 121(1), 63-80.
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2023). Lista Especifica de Plagas Cuarentenarias A1. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. <https://mida.gob.pa/documentos/insectos/?csrt=17875122078903576684>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2021). Cierre Agrícola, Año 2020-2021. Documento de Actividades Productivas. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. 56 p. <https://mida.gob.pa/documentos/cierre-agricola-2020-2021/?csrt=17875122078903576684>



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

- Montgomery, S. L. (1983) Carnivorous caterpillars: the behavior, biogeography and conservation of *Eupithecia* (Lepidoptera: Geometridae) in the Hawaiian Islands. *GeoJournal*, 7, 549-556.
- Mora, J., Ramírez, D., Ordaz, J. L., Acosta, A., y Sema, B. (2010). Panamá: Efectos del cambio climático sobre la agricultura. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Sede Subregional de México.
<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/095fd33b-867a-4115-8142-2497e8f19b1a/content#:~:text=La%20agricultura%20es%20extremadamente%20vulnerable,plagas%20da%C3%B1inas%20para%20los%20mismos.>
- Morris, O. N. (1980). Entomopathogenic viruses: strategies for use in forest insect pest. *The Canadian Entomologist*, 112(2), 573-584. <https://doi.org/10.4039/Ent112573-6>
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R., y Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas: Una Opción para el Control Biológico de Plagas. *Ra Ximhai*, 8(3), 17-29. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- Pacheco Hernández, Ma. de L., Reséndiz Martínez, J. F., y Arriola Padilla, V. J. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 10(56), 4-32. Epub 30 de abril de 2020. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i56.496>
- Payne, C. C. (1982). Insect viruses as control agents. *Parasitology*, 84(4), 35-77. <https://doi.org/10.1017/S0031182000053609>
- Ramos Méndez, C. (2019). Expansión de *Tuta absoluta* (Meyrick) y *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) en la región de OIRSA. *Phytohemeroteca*, 314.
<https://www.phytoma.com/la-revista/phytohemeroteca/314-diciembre-2019/expansion-de-tuta-absoluta-meyrick-y-keiferia-lycopersicella-walsingham-en-la-region-del-oirsa>



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

Santos Murgas, A., Carranza, R. E., y Abrego, J. C. (2018). Presencia y Daño Causado por la Polilla *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) Barrenadora del Fruto de Aguacate *Persea americana* Mill en Panamá. *Revista científica CENTROS*, 7, 74-88. <http://up-rid.up.ac.pa/2301/1/247>

Rohrmann, G. (2011). *Baculovirus molecular biology*. Bethesda (MD): National Center for Biotechnology Information (US).
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK49500/?report=reader>

Sarwar, M., Sarwar, S., y Aslam, R. (2021). Usage of Entomopathogenic Viruses for Insect Pest Control. In L.P. Awasthi (Ed.), *Biopesticides in Organic Farming: Recent Advances* (pp. 99-107). CRC Press.
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003027690-26/usage-entomopathogenic-viruses-insect-pest-control-muhammad-sarwar-roohi-aslam>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2019). Palomilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria-Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. Ciudad de México. Última actualización: febrero de 2019. Ficha Técnica No. 28. 15 p.
<https://prod.senasica.gob.mx/SIRVEF/ContenidoPublico/Fichas%20tecnicas/Ficha%20T%C3%A9cnica%20Palomilla%20del%20tomate.pdf>

Sosa-Gómez, D. R., Morgado, F. S., Corrêa, R., Silva, L. A., Ardisson-Araújo, D., Rodrigues, B., Oliveira, E. E., Aguiar, R., y Ribeiro, B. M. (2020). Entomopathogenic Viruses in the Neotropics: Current Status and Recently Discovered Species. *Neotropical entomology*, 49(3), 315–331. <https://doi.org/10.1007/s13744-020-00770-1>

Valdés-S., V. V. (2009). Impactos positivos y negativos de la introducción de animales exóticos en Panamá. *Revista Tecnología En Marcha*, 22(2), 91.
https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/119



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

- Valicente, F.H. (2019). Entomopathogenic Viruses. In B. Souza, L. Vázquez, & R. Marucci (Eds.) *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems* (pp. 137-150). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24733-1_12
- Villamizar, L., Cuartas, P., Gómez, J., Barrera, G. P., Espinel, C., y Lopez-Ferber, M. (2018). Virus entomopatógenos en el control biológico de insectos. En A. Marina Cotes (Ed.), *Control biológico de fitopatógenos, insectos y ácaros, Vol. 1 Agentes de control biológico* (pp. 370-409). Agrosavia, Corporación colombiana de investigación agropecuaria. <http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/21/13/167-1?inline=1>
- Wheeler, G. S., Mc Kay, F., Vitorino, M. D., Manrique, V., Diaz, R., y Overholt, W. A. (2016). Biological control of the invasive weed *Schinus terebinthifolia* (Brazilian Peppertree): Review of the Project with an Update on the Proposed Agents. *Southeastern Naturalist*, 15(sp8), 15-34. <https://doi.org/10.1656/058.015.sp802>
- Williams, T., Goulson, D., Caballero, P., Cisneros, J., Martínez, A. M., Chapman, J. W., Roman, D. X., y Cave, R. D. (1999). Evaluation of a Baculovirus Bioinsecticide for Small-Scale Maize Growers in Latin America. *Biological Control*, 14, 67-75. <https://doi.org/10.1006/bcon.1998.0677>

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue posible gracias al apoyo del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, a la Universidad de Panamá y al Sistema Nacional de Investigación (SNI) de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).



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

ALTERNATIVAS DE MANEJO DE GORGOJOS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASOCIADOS A MUSÁCEAS¹

Rubén D. Collantes G.²; David Ramos³; Javier E. Pittí C.⁴; Randy Atencio V.⁵

RESUMEN

Los gorgojos o picudos (Coleoptera: Curculionidae), son insectos plaga de importancia que afectan diversos agroecosistemas productivos en zonas tropicales. En Panamá, los cultivos de plátano y banano (Musaceae), son estratégicos tanto para el comercio nacional como para las agroexportaciones; siendo ambos rubros afectados por especies como *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) y *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758). El presente trabajo tiene por objetivo ilustrar las diferentes alternativas de control de estos gorgojos que afectan los cultivos de musáceas, con orientación hacia el Manejo Integrado de Plagas (MIP); destacando los controles cultural, biológico, etológico y químico. Los resultados reflejaron que, como control cultural las principales labores a realizar son la utilización de plantones sanos, el monitoreo periódico para captura y eliminación de insectos manualmente. En cuanto al control biológico, aplicaciones de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) han demostrado ser eficaces para el control de gorgojos, en especial en combinación con el control etológico mediante la instalación de trampas elaboradas con los pseudotallos después de la cosecha. El control químico se realiza como última alternativa, en situaciones extremas, recomendándose insecticidas de contacto e ingestión de bajo nivel toxicológico. Adicionalmente, avances tecnológicos como el microencapsulado de microorganismos entomopatógenos e insecticidas, representan un potencial para disminuir costos en materia de control de plagas. Se espera que estas alternativas de manejo implementadas apropiadamente, puedan contribuir con la sostenibilidad de los cultivos de Musáceas.

Palabras clave: Banano, Manejo Integrado de Plagas, picudos, plaga, plátano.

¹Recepción: 22 de noviembre de 2023. Aceptación: 25 de octubre de 2024. Proyecto IDIAP 501.A.1.51: Investigación-Innovación en Manejo Integrado de Musáceas en la provincia de Bocas del Toro.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

³IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Bocas del Toro, CIA Bocas del Toro. Dr. Ciencias Agrícolas. e-mail: davramos31@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9924-669X>

⁴IDIAP, Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí. Ph.D. Biología de Organismos. e-mail: pittjavier28@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

⁵IDIAP, CIA Divisa. Ph.D. Mecanismos de Interacciones Parasitarias, Patógenas y Simbióticas. e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>



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

MANAGEMENT ALTERNATIVES FOR WEEVILS (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ASSOCIATED WITH MUSACEA

ABSTRACT

Weevils (Coleoptera: Curculionidae) are important insect pests that affect various productive agroecosystems in tropical areas. In Panama, plantain and banana (Musaceae) are of strategic importance for both national trade and agro-exports, both crops being affected by species like *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) and *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758). The aim of this work is to illustrate the different control alternatives for these weevils that affect musaceae crops, with orientation towards Integrated Pest Management (IPM); highlighting cultural, biological, ethological and chemical controls. According to the results, as cultural control, the main alternatives are the use of healthy seedlings, periodic monitoring to capture and manually eliminate insects. Regarding biological control, applications of *Beauveria bassiana* (Balsam) Vuillemin (Hypocreales: Clavicipitaceae) have proven to be effective in controlling weevils, especially in combination with ethological control by installing traps made with the pseudostems after harvest. Chemical control is the last alternative to be applied, in extreme situations, recommending contact and ingestion insecticides of low toxicity. In addition, technological advances like entomopathogenic microorganisms and insecticides microencapsulation represent a potential to reduce costs in pest control. It is expected that these management alternatives, properly implemented, can contribute to the sustainability of Musaceae crops.

Keywords: Banana, Integrated Pest Management, pest, plantain, weevils.

INTRODUCCIÓN

El banano (*Musa AAA*) y el plátano (*Musa paradisiaca* Linnaeus), son cultivos de importancia estratégica para la seguridad alimentaria y nutricional en el mundo, siendo de los frutales más cultivados en la región tropical; con mayor interés luego de la pandemia por COVID-19 (Marcelino et al., 2012; Martínez-Solórzano y Rey-Brina, 2021). Adicionalmente, estos rubros contribuyen con la diversificación productiva y sostenible en diferentes agroecosistemas, sirviendo además como sombra temporal en cultivos como el café robusta (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner, 1897) (Collantes et al., 2020; Collantes, 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/)

En cuanto al comercio exterior, en el año 2021 Panamá exportó el valor de USD 276 millones en plátanos (cuarto rubro más exportado por el país); siendo el onceavo exportador en el mundo y con mercados importantes como Países Bajos (USD 101 millones), Estados Unidos de América (USD 45,3 millones), Finlandia (USD 25 millones), Reino Unido (USD 24 millones) y Alemania (USD 22,1 millones) (Observatorio de Complejidad Económica [OEC], 2023).

Entre las plagas insectiles que afectan cultivos tropicales como las Musáceas, se encuentran los gorgojos o picudos (Coleoptera: Curculionidae); siendo *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) y *Metamasius hemipterus* (Linnaeus, 1758) las más importantes en estos rubros, las cuales ocasionan daños formando galerías dentro del rizoma, reducen la vitalidad y el número de plantas por unidad de producción, prolongan el tiempo de cosecha del retorno y disminuyen el peso de los racimos hasta en un 60% (lo que representa en rendimiento anual entre 1,5-8 ton/ha, según la densidad de siembra y sistema productivo; además, pueden servir como vectores de enfermedades como *Xanthomonas campestris* pv. *musacearum* (Xcm), al relacionarse con plantaciones en mal estado sanitario y con deficiencias nutricionales de potasio y boro, pudiendo afectar otros cultivos presentes en el agroecosistema como la caña de azúcar (Castrillón, 2010; Colonia, 2012).

Adicionalmente, estos insectos al comprometer la capacidad de captación de nutrientes por parte de la planta y provocar lesiones, pueden facilitar el ingreso de otros organismos plaga e inclusive servir como vectores de patógenos como *Pectobacterium chrysantemii* en el caso de *M. hemipterus* y *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense (Foc) en el caso de *C. sordidus* (Castrillón, 2010; Olivares et al., 2018; Guillén et al., 2021). Inclusive, en investigaciones desarrolladas recientemente se ha encontrado que *C. sordidus* tiene preferencia por plantas infectadas por Foc, lo cual puede incrementar el riesgo de dispersión y afectación del patógeno (Guillén et al., 2022).

El Proyecto Investigación-Innovación en Manejo Integrado de Musáceas en la provincia de Bocas del Toro, contempla a partir de un diagnóstico fitosanitario de los cultivos, brindar alternativas de Manejo Integrado de Plagas (MIP), de acuerdo con 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/)

condiciones edafoclimáticas de cada zona (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2022b). Como parte de las actividades de dicho proyecto, se estudió la diversidad de artrópodos asociados a plátano, teniéndose como resultados que el 9,6% de los especímenes encontrados correspondieron a larvas y adultos de *C. sordidus* (Germar, 1824) y 6,8% fueron especímenes de *M. hemipterus* en estadios similares (Collantes et al., 2023b).

El objetivo del presente trabajo es ilustrar las alternativas de control disponibles para gorgojos asociados a los agroecosistemas productivos de Musáceas, con orientación hacia el MIP. Tras la consulta exhaustiva de literatura especializada, se abordaron los principales métodos de control: cultural, biológico, etológico y químico.

DESARROLLO

Control cultural de gorgojos en Musáceas

Como punto de inicio, es fundamental contar con plantones sanos, para lo cual el material de siembra debe estar limpio a fin de remover nematodos, huevos de gorgojo y exponer los daños hechos por la plaga. También se pueden someter los rizomas a termoterapia con agua a 55° C durante 20 minutos. Por otra parte, es recomendable adquirir plantones de viveros certificados y evitar el establecimiento de nuevas plantaciones en terrenos donde previamente hubo musáceas, además de que se puede optar por la siembra profunda a 30 cm (Carballo, 2001; Solarte et al., 2020).

Otro aspecto a considerar es el manejo de la densidad de siembra, la cual en plantaciones comerciales en Bocas del Toro se encuentra entre 2000-2800 plantas por hectárea (Collantes et al., 2023b), lo cual concuerda con el sistema de monocultivo comercial de alta densidad (Cardona et al., 2020); mientras que en campos para producción de semillas la densidad oscila entre 3332-4000 plantas por hectárea (Marcelino et al., 2012).

Como consecuencia, al incrementarse la densidad de plantas por hectárea, esto demanda que el esfuerzo en las labores culturales aumente; siendo recomendable realizar monitoreo, capturas y eliminación manual de insectos cada dos o tres días a partir de 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/)

instalación del cultivo y, posteriormente, cada semana por un periodo no mayor a un mes (AGROSAVIA, 2023). Así mismo, es recomendable evitar instalar nuevas plantaciones de musáceas en áreas próximas a cultivos de caña de azúcar, dado que *M. hemipterus* también es plaga en dicho rubro (Castrillón, 2010; Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador [CINCAE], 2013).

El picado de los residuos de cosecha es otra labor cultural recomendada para el manejo de las poblaciones de picudos, entre estos, *C. sordidus*, *M. hemipterus*, *M. hebetatus* (Gyllenhal, 1838), *M. submaculatus* (Champion, 1910), *Rhyncophorus palmarum* (Linnaeus, 1758) y *Polytus mellerborgii* (Boheman, 1838); todos estos pertenecientes a la subfamilia Dryophthorinae (Sepúlveda-Cano y Rubio-Gómez, 2009; Solarte et al., 2020).

Considerando que *R. palmarum* es una plaga importante de las palmeras (Arecaceae), pero puede afectar una diversidad de especies vegetales, se recomienda, si se observa presencia de este insecto en plantaciones de plátano o banano, implementar medidas de manejo similares a las recomendadas por Aldana et al. (2011), Rodríguez et al. (2017) y Acuña (2023).

Control biológico de gorgojos en Musáceas

Como alternativas de control biológico de gorgojos, se tienen los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae), los nematodos de los géneros *Steinernema* (Rhabditida: Steinernematidae) y *Heterorhabditis* (Rhabditida: Heterorhabditidae), los cuales han demostrado eficacia contra los picudos del plátano (Carballo, 2001; Castrillón, 2010; Colonia, 2012). Adicionalmente, la cepa nativa NEMALAB 11H de *Heterorhabditis* sp. fue encontrada en cultivos de plátano Cuerno Rosado en Darién, la cual también es una zona de importancia para la producción de este cultivo (Candanedo-Lay et al., 2020). En la actualidad, el IDIAP está probando biopolímeros para el microencapsulado de estos organismos, para su potencial utilización en el control de diversas plagas (Lara, 2023).

Por su parte, Lezcano et al. (2015) investigaron la patogenicidad y virulencia de un aislado nativo del género *Isaria* (Hypocreales: Cordycipitaceae) para el control 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/)

Hypothenemus hampei (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), comparándolo contra productos comerciales a base de *B. bassiana* y *M. anisopliae*. Estos autores encontraron que el aislado nativo es patogénico y altamente virulento en condiciones de laboratorio y podría ser empleado para el control de otros gorgojos plaga como *C. sordidus* y *M. hemipterus*. Adicionalmente, se cuenta con un proyecto de Investigación-Innovación en formulación de bioplaguicidas con cepas nativas de hongos entomopatógenos de plagas de hortalizas (IDIAP, 2022a).

En cuanto a depredadores, en Indonesia se encontró que *Plaesius javanus* (Erichson, 1834) (Coleoptera: Histeridae) controla *C. sordidus*, además de algunas hormigas de las subfamilias Myrmicinae, Ponerinae, Formicinae y Dolichoderinae (Abera-Kalibata et al., 2006). En Cuba, las especies *Tetramorium guineense* (Bernard, 1953) y *Pheidole megacephala* (Fabricius, 1793) (Myrmicinae), han contribuido al control exitoso de esta plaga (Gold y Messiaen, 2000).

Control etológico de gorgojos en Musáceas: uso de trampas artesanales elaboradas con pseudotallo

La elaboración de trampas artesanales es posiblemente la alternativa de manejo más conocida para los gorgojos en agroecosistemas de Musáceas. Barraza y Chavarría (2020) evaluaron la eficiencia de diferentes tipos de trampas contra *C. sordidus* en Darién, sin encontrar diferencias significativas ($p>0,05$), pero en la trampa cepa en pie tipo V perdura su eficacia y resiste mejor a las condiciones medioambientales. Por su parte, Castillo y Montenegro (2022) evaluaron diferentes tipos de trampa artesanal para el control de *C. sordidus* y *M. hemipterus*, pero tampoco encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p>0,05$), aunque obtuvieron el mayor número de capturas con la trampa tipo sándwich sin insecticida.

En estudios recientes, se demostró que las zanjas con agua y líneas de trampas con feromonas fueron eficientes para detener la dispersión de *C. sordidus* en campo (Delaplace et al., 2023). Adicionalmente, se recomienda instalar de 20 a 25 trampas por hectárea y revisar las mismas dos a tres veces por semana luego de la instalación y, posteriormente, de manera semanal durante un periodo no mayor a un mes (Alarcón 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/)

Jiménez, 2012). Otro aspecto importante del uso de las trampas es que funcionan como medida de intervención para el manejo de bacteriosis (Bautista et al., 2020).

Control químico de gorgojos en Musáceas

El insecticida-nematicida con ingrediente activo Terbufos cuenta con registro en Panamá (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2020), el cual ha sido empleado para el control de los gorgojos de plátano (Castillo y Montenegro, 2022), así como de otras plagas (Pérez et al., 2023). Sin embargo, Carbajal (2009) no encontró diferencias entre la aplicación de Terbufos y el control biológico mediante *Heterorhabditis bacteriophora*. De igual forma, Castillo y Montenegro (2022) tampoco encontraron diferencias al aplicar tratamiento con Terbufos frente a otras alternativas menos contaminantes, por lo que este campo de estudio continúa siendo prometedor para la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i).

Por otra parte, el aprovechamiento de sinergias entre insecticidas puede incrementar la eficacia de los productos, contribuyendo además a reducir las dosis y los impactos negativos en el ambiente y los organismos que no son objeto de control (Pittí et al., 2019), como los insectos polinizadores que son de importancia estratégica para la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos (Collantes et al., 2023a). IDIAP está investigando sobre la microencapsulación de microorganismos para el control de plagas, cuya tecnología es aplicable también para el microencapsulado de plaguicidas sinérgicos y utilizable en diversos rubros estratégicos como frutales y hortalizas (IDIAP, 2022c).

Cabe destacar que la Resolución No. 017-04 del 2 de agosto de 2004, establece el procedimiento para la certificación de eficacia biológica de plaguicidas (químico, biológico, microbiológico) para uso agrícola y comercialización en Panamá. Por la cual, los productos tecnológicos o formulaciones que se desarrollen para el control de plagas, por ejemplo, los gorgojos asociados a los agroecosistemas de Musáceas, debe contemplar este aspecto.

Manejo sostenible del agroecosistema productivo

El MIP ha sido impulsado en diferentes agroecosistemas para no depender únicamente de la utilización de plaguicidas de síntesis (Atencio et al., 2021). Sin embargo,



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

aún persiste el manejo convencional en diversos cultivos, entre estos, aguacate y mandarina (Collantes et al., 2015), arándano azul (Collantes y Altamirano, 2020), hortalizas (Herrera et al., 2021; Rodríguez et al., 2022), plátano (Collantes et al., 2023b).

La implementación de sistemas productivos de banano orgánico, como es el caso de Ecuador, guarda una relación de costos similar al sistema convencional, brindando mayores beneficios ambientales, aceptación por parte de los consumidores y estabilidad laboral (Mata et al., 2021; León-Armijos et al., 2022). Sin embargo, en República Dominicana los costos productivos de banano orgánico son mayores, pero enfrenta una presión similar en los márgenes debido a la creciente presencia de multinacionales y minoristas de bajo costo en el mercado mundial (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2022).

Por su parte, Sánchez-Brenes y Arboleda-Julio (2021) encontraron que sistemas de producción tradicional de plátano, incorporando labores como buena cobertura de suelo, presencia de materia orgánica, zonas boscosas de amortiguamiento, manejo de arvenses mediante chapea y sin uso de agroquímicos, podrían ser sostenibles. Por otra parte, Muñoz y Guzmán (2007) determinaron que, mediante un cambio de paradigma orientado hacia un menor uso de plaguicidas, se podría reducir hasta en un 40% los costos productivos.

De igual forma, Sarandón (2020) indican la necesidad de pasar de la agricultura convencional (extractivista, depredadora de bienes comunes, altamente dependiente de insumos costosos y peligrosos), a un modelo productivo basado en procesos ecológicos mediante un manejo apropiado de la biodiversidad.

CONCLUSIONES

- Los gorgojos asociados al agroecosistema de Musáceas, en especial *C. sordidus* y *M. hemipterus*, son plagas de importancia en estos rubros estratégicos para Panamá, pudiendo ocasionar afectaciones directas e indirectas, las cuales se podrían reflejar tanto en el estado fitosanitario del cultivo como en el rendimiento.



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 implementación del MIP conlleva el actuar responsable de los productores, por lo que es recomendable la consulta con especialistas y profesionales idóneos, que brinden orientación pertinente en cuanto a las labores a ejecutar previo monitoreo y diagnóstico en campo del problema.
- Si bien se cuentan con alternativas biotecnológicas promisorias, las mismas requieren ser validadas en las áreas a intervenir. Adicionalmente, la actitud de los responsables en desarrollar estas innovaciones debe ser abierta, brindando en la medida de lo posible espacios que faciliten el intercambio enriquecedor de experiencias, respetando el rol que desempeña la biota funcional en el agroecosistema.

REFERENCIAS

- Abera-Kalibata, A., Hasyim, A., Gold, C. & Van Driesche, R. (2006). Field surveys in Indonesia for natural enemies of the banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Germar). *Biological Control*, 37(1), 16-24.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.009>
- Acuña, E. (2023). Manejo Integrado del Complejo Picudo Anillo Rojo de las Palmáceas. *Actualidad Agropecuaria*, (289), 28-29. <https://actualidadagropecuaria.com/revista-digital-actualidad-agropecuaria-junio-2023/>
- AGROSAVIA. (2023). *Recomendación de manejo integrado de picudos para la producción de plátano*. AGROSAVIA-Colombia. <https://www.agrosavia.co/productos-y-servicios/oferta-tecnologica/linea-agricola/frutales/recomendaciones-protocolos-y-metodologias/405-recomendacion-de-manejo-integrado-de-picudos-para-la-produccion-de-platano>



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

Alarcón, J. y Jiménez, J. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa spp.). Medidas para la temporada invernal*. Instituto Colombiano Agropecuario - ICA; Produmedios.

https://www.fao.org/fileadmin/templates/banana/documents/Docs_Resources_2015/TR4/cartilla-platano-ICA-final-BAJA.pdf

Aldana, R., Aldana, J. y Moya, O. (2011). *Manejo del picudo Rhynchophorus palmarum L. (Coleoptera: Curculionidae)*. ICA, Colombia.

[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)

Atencio, R., Goebel, F, Guerra, A., Nikpay, A. y Collantes, R. (2021). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar. *Revista Semilla del Este*, 2(1), 37-58.

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466

Barraza, E. y Chavarría, S. (2020). Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo, para la captura del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*, Germar, 1824), en la provincia de Darién, República de Panamá. *Scientia*, 30(1), 53-56.

<https://www.redalyc.org/journal/6517/651769121004/651769121004.pdf>

Bautista, L., Cardona, W. y Ospina, C. (2020). *Manejo Integrado de Plagas (MIP) en el cultivo de plátano (Musa AAB)*. AGROSAVIA-Colombia. 54 p.

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404449>

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>



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

Carvajal, O. (2009). Control del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleóptera, Curculionidae) por el nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* (Heterorhabditidae). [Tesis de pregrado, Zamorano, Honduras].

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/296e625d-cb76-41e1-b1de-910d65a39b98/content>

Carballo, M. (2001). Opciones para el manejo del picudo negro del plátano. *Manejo Integrado de Plagas*, (59), i-iv.

<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6619/A1750e.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20control%20de%20esta%20plaga%20mediante%20pr%C3%A1cticas%20culturales%20incluye%20el,20%20minutos%20da%20buenos%20resultados>

Cardona, W., Morales, H., Bautista, L., Ospina, C., Valencia, J., Bolaños, M., Contreras, J., Londoño, M. y Monroy, D. (2020). *Recomendaciones tecnológicas para el cultivo de plátano con destino a mercados especializados: densidades de siembra, fertilización y picudos*. AGROSAVIA, Colombia, 108 p. ISBN E-book: 978-958-740-441-8.

<https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7404418>

Castillo, H. y Montenegro, G. (2022). Evaluación de cuatro tipos de trampas para monitoreo y control de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae) en cultivos de plátano en Bocas del Toro, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 3(1), 161-170.

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3211

Castrillón, C. (2010). Insectos plagas del cultivo de plátano y banano. En A. Martínez (ed.), *Últimos avances en la tecnología del cultivo del plátano en Colombia* [pp. 16-31]. CORPOICA / JICA.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12909/Ver_Documento_12909.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/)

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador. (2013). *Picudo Rayado*. CINCAE-Ecuador.

<https://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/picudo-rayado/>

Collantes, R., Del Cid, R., Santos-Murgas, A. y Atencio, R. (2023a). Importancia de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos. *Revista Semilla del Este*, 3(2), 8-26.

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3755

Collantes, R., Ramos, D., Muñoz, J., Quintero, N. y Santos-Murgas, A. (2023b). Artrópodos asociados a Musáceas en la región occidental de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (37), 160-176. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/621>

Collantes, R. (2021). Diagnóstico rural participativo en las comunidades Emberá de Marragantí y Villa Caleta, Panamá. *Revista Semilla del Este*, 1(2), 25-31.

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2120

Collantes, R. y Altamirano, J. (2020). Fincas productoras de arándano azul en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 9-25.

<https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.677>

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., Rodríguez, A. y Canto, M. (2015). Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(1), 33-44. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n1.241>



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

Colonia, L. (2012). *Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de plátano*. Guía Técnica, Agrobanco / Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. 22 p.

https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2020/05/MANEJO_INTEGRADO_DE_PLAGAS_EN_EL_CULTIVO_DE_PLATANO.pdf

Delaplace, A., Coulis, M., Chapillon, L., Cottin, G. & Tixier, P. (2023), Stop me if you can: quantification of the effect of interfaces between plots on the dispersal of *Cosmopolites sordidus*. *Pest Management Science*, 79(12), 5106-5115.

<https://doi.org/10.1002/ps.7710>

Gold, C. y Messiaen, S. (2000). *El picudo negro del banano Cosmopolites sordidus*. Plagas de *Musa* - Hoja divulgativa n° 4, INIBAP.

https://www.musalit.org/viewPdf.php?file=IN010181_spa.pdf&id=14071

Guillén, C., de Lapeyre, L., Sandoval, J. & Tixier, P. (2022). Preference of *Cosmopolites sordidus* for fusarium wilt-diseased banana plants. *Journal of Applied Entomology*, 147(2), 140-146. <https://doi.org/10.1111/jen.13090>

Guillen, C., Tixier, P., Tapia, A., Conejo, A. M., Sandoval, J. A. & de Lapeyre, L. (2021). Can the banana weevil *Cosmopolites sordidus* be a vector of *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense race 1? Unravelling the internal and external acquisition of effective inoculum. *Pest management science*, 77(6), 3002-3012.

<https://doi.org/10.1002/ps.6339>

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. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.329>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022a). *Investigación - innovación en formulación de bioplaguicidas con cepas nativas de hongos entomopatógenos de plagas de hortalizas*. Iniciativas y Proyectos.



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

https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/investigacion_innovacion_en_formulacion_de_bioplagicidas_con_cepas_nativas_de_hongos_entomopatogenos_de_plagas_de_hortalizas/es

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022b). *Investigación - innovación en manejo integrado de musáceas en la Provincia de Bocas del Toro*. Iniciativas y Proyectos.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Platano-musaceas-en-la-Provincia-de-Bocas-del-Toro/es>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022c). *Microencapsulación de microorganismos para el control de plagas en hortalizas de Tierras Altas, Chiriquí*. Iniciativas y Proyectos.

<https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/microorganismos-hortalizas/es>

Lara, K. (2023). *Tecnología revolucionaria ayudará a combatir plagas*. Panamá América.

<https://www.panamaamerica.com.pa/aldea-global/tecnologia-revolucionaria-ayudara-combatir-plagas-1224867>

León-Armijos, F., Espinoza-Aguilar, M., Carvajal-Romero, H. y Quezada-Campoverde, J. (2022). Análisis económico de la producción bananera orgánica y convencional de la Parroquia la Iberia. *Polo del Conocimiento*, 7(1), 1404-1420.

<https://www.polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/3552>

Lezcano, J., Saldaña, E., Ruíz, R. y Caballero, S. (2015). Patogenicidad y virulencia del aislado de la cepa nativa de *Isaria* spp. y dos hongos entomopatógenos comerciales. *Ciencia Agropecuaria*, (23), 20-38.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/120>



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., González, V. y Ríos, D. (2012). *El cultivo de plátano (Musa paradisiaca L.) en Panamá*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Departamento de Ediciones y Publicaciones-Panamá. 48 p.
<https://chm.cbd.int/api/v2013/documents/05B386D2-5BCD-A52D-6097-F853803CC619/attachments/205364/Cultivo%20de%20platanos%20para%20paradisiaca.pdf>
- Martínez-Solórzano, G. E. y Rey-Brina, J. C. (2021). Bananas (*Musa AAA*): Importance, production and trade in Covid-19 times. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 1034-1046. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.43610>
- Mata, D., Suatunce, J. y Poveda, R. (2021). Análisis económico del banano orgánico y convencional en la provincia Los Ríos, Ecuador. *Avances*, 23(4), 419-426. <https://www.redalyc.org/journal/6378/637869393005/637869393005.pdf>
- Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2020). *Listado de insumos fitosanitarios registrados*. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal, Panamá. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/05/Listado-de-Insumos-Fitosanitarios-Registrados.pdf?csrt=5635933865689987271>
- Muñoz, C. y Guzmán, T. (2007). Producción sostenible de plátano con bajos insumos en la zona norte de Costa Rica. *Tecnología en marcha*, 20(2), 21-31. https://www.researchgate.net/publication/277156858_Produccion_sostenible_de_platanos_con_bajos_insumos_en_la_zona_norte_de_Costa_Rica
- Observatorio de Complejidad Económica. (2023). *Plátanos en Panamá*. <https://oec.world/es/profile/bilateral-product/bananas/reporter/pan>
- Olivares, N., Guzmán, A. y Rodríguez, F. (2018). *Cosmopolites sordidus en el cultivo de la banana*. Ficha Técnica 45, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA La Cruz, Chile.



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

<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/67115/Ficha%20T%C3%A9cnica%20INIA%20N%C2%B0%2045?sequence=1&isAllowed=y>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). *Banano-Análisis del Mercado 2021*. Roma-Italia.

<https://www.fao.org/3/cc1610es/cc1610es.pdf>

Pérez, J., Acosta, B., Rodríguez, S., Velásquez, V. y Del Cid., L. (2023). Alternativas de control químico de polillas en semillas de papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Semilla Del Este*, 3(2), 55-63.

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3758

Pittí, J., Murillo, L., List, O., Bastiat, G., Flochlay-Sigognault, A., Guerino, F., Lefrancois, C., Lautram, N., Lapied, B. y Apaire-Marchais, V. (2019). Nanoencapsulated deltamethrin as synergistic agent potentiates insecticide effect of indoxacarb through an unusual neuronal calcium-dependent mechanism. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 157, 1-12.

<https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2019.03.014>

Resolución No. 017-04 de 2 de agosto de 2004, que establece el procedimiento para la Certificación de Eficacia Biológica de plaguicida químico formulado, agente de control biológico o producto microbiológico formulado y anotación marginal al registro comercial de plaguicidas para uso agrícola para el manejo de plagas, que se pretendan comercializar en el país. *Gaceta Oficial No. 25,116*.

http://gacetas.procuraduria-admon.gob.pa/25116_2004.pdf

Rodríguez, H., Marulanda, J. y Amaya, C. (2017). Metodología de manejo de *Rhynchophorus palmarum* L. 1758 (Coleóptera: Curculionidae) a base de caironomas, feromonas y semioquímicos en plantaciones de chontaduro [*Bactris gasipaes* (Arecas: Arecaceae)] en Riosucio, Caldas. *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 21(1), 59-67.

<https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.1.5>



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, P., Ortiz, O., Collantes, R., Castillo, J., Beyer, A. y Palomino, J. (2022). Caracterización del sistema de producción hortícola y el uso de plaguicidas en el valle de Chancay-Huaral, Perú. *Peruvian Agricultural Research*, 4(1), 37-46.

<http://dx.doi.org/10.51431/par.v4i1.760>

<https://datos.unifsc.edu.pe/index.php/PeruvianAgriculturalResearch/article/view/760>

Sánchez-Brenes, R. y Arboleda-Julio, E. (2021). Evaluación de la sostenibilidad en el cultivo de plátano, Caribe Sur, Costa Rica. *Revista De Ciencias Ambientales*, 55(1), 250-270. <https://doi.org/10.15359/rca.55-1.12>

Sarandón, S. (ed.). (2020). *Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable*. Primera edición. Universidad Nacional de La Plata, Argentina. ISBN 978-950-34-1948-9.

<https://www.agroecologia.net/wp-content/uploads/2020/12/biodiversidad-agroecologia-santiago-sarandon.pdf>

Sepúlveda-Cano, P. y Rubio-Gómez, J. (2009). Especies de Dryophthorinae (Coleoptera: Curculionidae) asociadas a plátano y banano (*Musa* spp.) en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 14(2), 49-72.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319027883005>

Solarte, A., Muñoz, J. y Riascos, D. (2020). *Picudos del plátano y banano: *Cosmopolites sordidus*, *Metamasius hemipterus*, *Metamasius hebetatus*, *Metamasius submaculatus* y *Polytus mellerborgii**. Primera edición, Universidad Nacional de Colombia, Sede Palmira, Colombia. 32 p.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79517/9789587943368.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo brindado a los autores durante el desarrollo de estos estudios.



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

USO POTENCIAL DE AVES ASOCIADAS A INSECTOS EN AGROECOSISTEMAS PRODUCTIVOS EN PANAMÁ¹

**Randy Atencio-Valdespino²; Yeniveth Urbina-Milock³; José Ángel Herrera⁴;
Rubén D. Collantes G.⁵**

RESUMEN

Las aves constituyen uno de los taxa con mayor biodiversidad dentro de ecosistemas naturales y agroecosistemas en Panamá y el mundo, porque las mismas tienen un papel predominante dentro de la cadena trófica. En este sentido, es de conocimiento la existencia de aves insectívoras que tienen un impacto sobre determinadas poblaciones de insectos. El objetivo de la presente revisión de literatura fue determinar el potencial uso de las aves asociadas a los insectos en beneficio de la producción agropecuaria en Panamá. Los dos aspectos de mayor relevancia para el uso de las aves asociadas a insectos en Panamá incluyen: i) El aporte nutricional del consumo de insectos en la dieta de aves de cría; ii) La importancia estratégica de las aves como agentes de control biológico de especies de insectos plaga en los agroecosistemas. Sobre lo primero, el uso de insectos para complementar la nutrición de gallinas y patos requiere investigar sobre aquellas especies insectívoras que aporten contenidos nutricionales de calidad y con flexibilidad para establecer crías en condiciones de cautiverio. Para el caso del control biológico, se requieren crear condiciones que permitan el establecimiento y continuidad de grupos de aves insectívoras próximas a las plantaciones agrícolas. Este estudio constituye un aporte al beneficio de la interrelación de aves e insectos aplicados al sector agropecuario.

Palabras clave: Agroecosistemas, cadena trófica, control biológico, insectos, nutrición animal.

¹Recepción: 02 de febrero de 2024. Aceptación: 12 de marzo de 2024. Investigaciones integrativas realizadas en el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIA-Divisa), Grupo de Investigación de Protección Vegetal. Carretera Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá / Sistema Nacional de Investigación (SNI), Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)/Centro de Investigaciones Agroecológicas del Pacífico Central de Panamá-AIP.

e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Coclé, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Escuela de Biología. e-mail: yenivethurbina@gmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0009-1108-5111>

⁴IDIAP, CIA-Divisa, Grupo de Investigación de Protección Vegetal. Carretera Panamericana, Los Canelos, Santa María, Estafeta de Divisa, 0619 Herrera, Panamá/SNI, SENACYT/Centro de Investigaciones Agroecológicas del Pacífico Central de Panamá-AIP. e-mail: joshervs11@gmail.com;

ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

⁵IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA-Chiriquí), Estación Experimental de Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas-Chiriquí, Panamá/Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias-Chiriquí, Panamá/Universidad Tecnológica OTEIMA, David-Chiriquí, Panamá. e-mail: rdcg31@hotmail.com;

ORCID iD: <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/)

POTENTIAL USE OF BIRDS ASSOCIATED WITH INSECTS IN PRODUCTIVE AGROECOSYSTEMS IN PANAMA

ABSTRACT

Birds constitute one of the taxa with the greatest biodiversity within natural ecosystems and agroecosystems in Panama and over the world, because they have a predominant role within the food chain. In this sense, the existence of insectivorous birds that have an impact on certain insect populations is known. The aim of this review was to determine the potential use of birds associated with insects for the benefit of agricultural production in Panama. The two most relevant aspects for the use of birds associated with insects in Panama include: i) The nutritional contribution of insects' consumption within the diet of breeding birds; ii) The strategic importance of birds as biological control agents of pest insect species in agroecosystems. Firstly, the use of insects to complement the nutrition of chickens and ducks, requires continuing with studies of those species that provide nutritional content and have the flexibility to establish offspring in captive conditions. In the case of biological control, it is necessary to create conditions that allow the establishment and continuity of groups of insectivorous birds close to agricultural plantations. This study constitutes a contribution to the benefit of the interrelation of birds and insects applied to the agricultural sector.

Key words: Animal nutrition, biological control, birds, food chain, insects.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola panameño contribuye con la soberanía alimentaria del país y está compuesto por más de 31 rubros que ocupan alrededor de 200 000 hectáreas, entre granos básicos, hortalizas, frutales, cultivos industriales, raíces y tubérculos, que aportan a la economía nacional aproximadamente de 663 millones de dólares y que proporcionan empleo directo a unas 35 000 personas, entre productores pequeños, medianos y agroempresas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2023). La producción de cultivos en Panamá es afectada por una serie de factores abióticos y bióticos que comprometen el rendimiento y calidad; entre los que destacan microorganismos patógenos e insectos plaga (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 1986; Barba-Alvarado et al., 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/)

Las diversas técnicas aplicadas dentro de los programas Manejo integrado de Plagas para estos cultivos establecidos en Panamá incluyen control cultural, físico, mecánico, químico, legal y biológico; contemplando en este último punto la posibilidad de utilizar depredadores tales como aves insectívoras que puedan consumir insectos plagas dentro de plantaciones agrícolas (Uribe-González y Santiago-Basilio, 2012; Baroja et al., 2019; Garin et al., 2019; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2023).

Se conocen 9800 especies de aves (Madrid-Ibarra y Elías-Cruzado, 2017; Moreno-Vera et al., 2023), distribuidas en todos los ecosistemas a nivel mundial y son consideradas un bioindicador de la salud del planeta e importantes dentro de los ecosistemas, por su papel dentro de las cadenas tróficas (BirdLife International, 2022), donde la mayoría de las especies de aves son insectívoras (Nyffeler et al., 2018; Florida Museum, 2023).

Panamá, mantiene reportes de una gran biodiversidad de aves tanto en riqueza y abundancia dentro de los diversos ecosistemas y agroecosistemas del país (Camarena et al., 2021; Guevara y Delgado, 2021). El objetivo de este estudio de revisión de literatura fue determinar el potencial uso de las aves asociadas a los insectos en beneficio de la producción agropecuaria en Panamá.

Reseña de la biodiversidad de aves en Panamá

La fauna de aves en Panamá es muy diversa e incluye aves salvajes nativas, migratorias, importadas y aves de corral (Guevara y Samudio, 2020; Guevara y Delgado, 2021; Asociación Nacional de Avicultores de Panamá [ANAVIP], 2021).

La lista de las aves de Panamá actualizada incluye 1019 especies de aves registradas siguiendo la taxonomía del Checklist of North and Middle American Birds de la American Ornithological Society e incorporando los cambios adoptados por su sexagésimo tercer suplemento (Chesser et al., 2022; Ministerio de Ambiente [MiAmbiente], 2023). Los registros de aves en Panamá incluyen en medios silvestres, entre otras, las especies garza bueyera (*Bubulcus ibis* L.), garza grande (*Ardea alba* L.), paloma doméstica (*Columba livia* Gmelin), garrapatero piquiliso (*Crotophaga ani* L.), lechuza común (*Tyto alba* Scopoli), tordo coligrande



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

(*Quiscalus mexicanus* Gmelin), gorrión doméstico (*Passer domesticus* L.) y colibrí amazilia de cola rufa (*Amazilia tzacatl* De La Llave) (AUDUBON Panamá, 2017; Rodríguez, 2022).

Aunado a ello, existe en el país una producción de aves de corral liderada principalmente por la gallina (*Gallus gallus domesticus* L.) estimada en un total de 27 410 800 cabezas (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2018). Otras aves de corral que se producen en Panamá incluyen el pato (*Anas platyrhynchos domesticus* L.), la codorniz Cotuí Norteña (*Colinus virginianus* L.), el ganso (*Anser anser* L.), pavo doméstico (*Meleagris gallopavo domesticus* L.), gallina de guinea (*Numida meleagris* L.) y el pato criollo (*Carina moscata domestica* Donkin) (Decreto Número 181-2008-DMYSC, 2008; Vásconez et al., 2022).

Importancia de las aves dentro de agroecosistemas

Entre los impactos positivos directos de las aves sobre la agricultura se encuentra la producción de guano (excremento de aves) utilizado como fertilizante (SEO BirdLife, 2024). Otras especies de aves silvestres contribuyen al control de malezas en cultivos de interés (Bernad, 2012; Gorosábel et al., 2022), como el caso de los patos silvestres de las especies *Anas discors* L. y *Dendrocygna bicolor* Vieillot que consumieron principalmente seis especies de semillas de plantas indeseables de la familia Poaceae en campos arroceros en Cuba (Castro et al., 2009).

Insectos para la alimentación de aves

Existe un comportamiento natural de las aves silvestres y domésticas respecto al consumo de insectos, especialmente en las primeras etapas de la vida (Vidotto-Magnoni y Carvalho, 2009; Makinde, 2015; Velásquez et al., 2021). La producción de insectos como fuente de nutrientes representa una alternativa de producción sostenible para la nutrición animal que requiere mayor investigación en Panamá (Ramos, 2021; Velásquez et al., 2021).

La utilización de los insectos en avicultura incluye especies candidatas tales como las larvas de la mosca soldado negro *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae), la mosca doméstica común *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae) y el gusano de la harina *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae), (Velásquez et al., 2021), procesándolas para obtener harina con baja contaminación bacteriana y viral que



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 (Kay, 2017). La alta exigencia nutricional de las aves de cría es cubierta con éxito utilizando insectos en países como: Nigeria, Rusia, Corea del Sur, India, China, Camerún, entre otros (Hwangbo et al., 2009; Velásquez et al., 2021).

En India, para la alimentación animal, han destacado con alto potencial diversas especies incluidas cuatro especies del orden Orthoptera, dentro de la familia Acrididae que incluye: langostas comunes *Oxya fuscovittata* (Marschall), langostas comunes de la India *Acrida exaltata* (Walker), langostas del arroz *Hieroglyphus banian* (F.) y saltamontes de cuernos cortos *Spathosternum prasiniferum prasiniferum* (Walker) (Anand et al., 2008; Al-Qazzaz y Ismail, 2015; Velásquez et al., 2021).

Estudios realizados para alimentar pollos de engorde han resultado exitosos utilizando harinas de cucaracha americana *Periplaneta americana* L. (Blattodea: Blattidae) (Aigbodion et al., 2012), cucaracha de Madagascar *Gromphadorhina portentosa* Schaum (Blattodea: Blaberidae) (Ramírez-Morales et al., 2018), gorgojo del maíz *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) (Coleoptera: Curculionidae) (López-Vergé et al., 2013), langostas (Acrididae) (Khusro et al., 2012), mosca soldado *H. illucens*, *T. molitor* y *Zophobas morio* F. (Coleoptera: Tenebrionidae) (Yingchang et al., 1996; Agrinews, 2014), así como la alimentación de codornices japonesas (*Coturnix japonica* Temminck & Schlegel) con la harina de *T. molitor* y de *H. illucens* (Zotte et al., 2019), donde se obtuvo para ambas aves mejoras en el índice de conversión alimenticia, peso corporal y calidad de la carne (Altmann et al., 2018; Dabbou et al., 2018; Zadeh et al., 2019; Benzertiha et al., 2020; Ramos, 2021).

Los estudios con pollos alimentados con productos derivados de los insectos reflejan mejor beneficio nutricional para los consumidores que los alimentados con concentrado comercial (Sun et al., 2012; Mwaniki et al., 2018; Velásquez et al., 2021).

Importancia de las aves en el control biológico de insectos plagas

En investigaciones realizadas asociadas a la abundancia de aves insectívoras por zona geográficas en cultivos de café, cereales y manzanas, en zonas tropicales y templadas, se determinó una reducción significativa en la abundancia de plagas insectiles,



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 especial de los órdenes Coleoptera, Orthoptera y Diptera (Khusro et al., 2012; Boesing et al., 2017; Zotte et al., 2019; Benzertih et al., 2020).

En estudios dentro del cultivo de café (*Coffea* spp.) en Colombia se determinó la importancia de aves insectívoras al consumir insectos plaga como la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) y el minador de la hoja *Leucoptera coffeina* Washburn (Lepidoptera: Lyonetiidae) (Igua-Muñoz et al., 2020). En las zonas cafeteras del país se reportó más de 230 especies de aves insectívoras, entre las que se destacan el sirirí *Tyranus melancholicus* Vieillot, titiribí *Pyrocephalus rubinus* (Boddaert) y el bichofué gritón *Pitangus sulphuratus* (L.) (Igua-Muñoz et al., 2020).

En investigaciones realizadas en Guatemala se utilizaron lechuzas (*Tyto alba* Scopoli) como controladores biológicos en campos de caña colocando para estas aves perchas o porterías de bambú y “cajones” de anidamiento en árboles frondosos que incorporan insectos y roedores en su dieta (CENGICAÑA, 2012; Falla et al., 2015).

En Investigaciones realizadas en México (2018-2019) en plantaciones de café se observó aves tales como (*Euphonia hirundinaceae* [Bonaparte], *Cardellina pusilla* [Wilson] y *Mniotilta varia* [L.]) alimentándose de larvas y adultos de *Hypothenemus hampei* (broca de café) (Romero-Díaz et al., 2022). Otros estudios en México se han concentrado sobre las excretas de aves insectívoras y encontrarán residuos de insectos de familias tales como Anthocoridae, Cicadellidae, Coccinellidae, Geometridae, Membracidae, Miridae, Eulophidae, Gelechidae, Largidae, Lumbricidae, Phoridae, Tephritidae y Lauxaniidae (Romero-Díaz et al., 2018).

Según reportes de Valladolid, España, las aves insectívoras pueden llegar a consumir una tonelada de invertebrados al año en un viñedo (*Vitis vinifera* L.) (Rico, 2014). Aves insectívoras como pequeños páridos (Paridae) y herrerillos *Cyanistes caeruleus* (L.) son reportadas como controladores de insectos plagas de las vides o el manzano de sidra (Heras, 2015; SEO BirdLife, 2024).



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 estudios realizados en Asturias (España) sobre aves insectívoras se identificó una variada comunidad de aves insectívoras que incluyen 60 especies de aves que ejercen control sobre plagas del manzano (*Malus domestica* Borkh), que incluyen plagas de relevancia tales como la carpocapsa *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae) y el antonomo *Anthonomus pomorum* L. (Coleoptera: Curculionidae) (García et al., 2018; García et al., 2022).

En otras localidades españolas tales como Valladolid, Badajoz y Ciudad Real en cultivos de viñedos, melocotonero (*Prunus persica* [L]), albaricoque (*Prunus armeniaca* L.), ciruelo (*Prunus domestica* L.), entre otros frutales, se ha determinado la reducción de insectos plaga tales como la polilla del manzano *C. pomonella* y la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann) por parte de aves insectívoras (Rey y Meltzer, 2014).

Potencial de manejo de insectos plagas con aves insectívoras en Panamá:

Los elementos antes expuestos indican que en Panamá, donde existen una serie de plagas agrícolas en plantas cultivada (principalmente de las familias Poaceae, Solanaceae y Cucurbitaceae) existe un potencial uso de las aves insectívoras para controlar plagas de insectos de órdenes como Coleoptera, Orthoptera, Lepidoptera y Diptera, entre otros (Cuadro 1), para lo cual se hace imprescindible el establecimiento de estudios de laboratorio y campo que permitan definir los grupos o taxa de aves insectívoras asociadas determinados grupos de insectos plaga (Figura 1).

Elementos requeridos para mejorar el establecimiento de aves insectívoras para el control biológico de los insectos.

Para el establecimiento de aves insectívoras se requiere la reducción y eliminación de uso de plaguicidas tóxicos a estas; así como la conservación y mejora del hábitat dentro de bosques, alineaciones, bolsones y paisajes de árboles en la periferia de las plantaciones que puede albergarlas para fomentar la disponibilidad de recursos de alimentación, protección y nidificación (Rey y Meltzer, 2014; Bonacic et al., 2016; García et al., 2022). La cobertura arbórea adecuada, dentro y fuera de los cafetales es una estrategia que ha sido imprescindible para proveer hábitat a especies de aves depredadoras de plagas (Chain-Guadarrama et al., 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/)

Cuadro 1. Especies de insectos plaga presentes en Panamá con potencial de ser controladas por aves insectívoras.

Especie plaga	Nombre común	Grupos de cultivos con potencial de ser afectados	Ave con potencial de control	Referencia bibliográfica
<i>Abracris dilecta</i> (Walker) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Gorrión Chicharra (<i>Ammodramus savannarum</i> [Gmelin]), Sinsonte Norteño (<i>Mimus polyglottos</i> L.) y Pastorero (<i>Sturnella</i> spp.)	Huerta et al. (2014); Alguazas (2017); Atencio-Valdespino et al. (2021a); Vickery (2020)
<i>Abracris flavolineata</i> (De Geer) (Orthoptera: Acrididae)	Saltamontes	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Gorrión Chicharra (<i>A. savannarum</i>), Sinsonte Norteño (<i>M. polyglottos</i>) y Pastorero (<i>Sturnella</i> spp.)	Huerta et al. (2014); Alguazas, (2017); Atencio-Valdespino et al., (2021a); Vickery (2020)
<i>Aenolamia</i> spp. (Hemiptera: Cercopidae)	Salivazo	Granos y cultivos industriales	Golondrinas (<i>Sterna máxima</i> [Boddaert])	Atencio-Valdespino et al. (2022); CINCAE (2013)
<i>Agrosoma placetis</i> Medle (Hemiptera: Cicadellidae)	Chicharrita arlequin	Granos y frutales	Gonzalito real (<i>Icterus auricapillus</i> Cassin)	Atencio-Valdespino et al. (2022); Romero-Díaz et al. (2022)
<i>Agriotes</i> spp. (Coleoptera: Elateridae)	Gusanos de alambre	Granos y hortalizas.	Estornino común (<i>Sturnus vulgaris</i> L.)	Coleoptera Neotropical (2011); Bienvenido et al. (2020).
<i>Anastrepha</i> spp. (Diptera: Tephritidae)	Moscas de las frutas	Frutales y hortalizas	Gallinas	De gracia et al. (2023); Ministerio de Agricultura y Ganadería (2011)
<i>Diabrotica</i> spp. (Coleoptera: Chrysomelidae)	Tortuguilla	Frutales, granos y hortalizas	Gallinas	Eben (2012); Araúz et al. (2013)
<i>Diatraea</i> spp. (Lepidoptera: Crambida)	Barrenador el tallo de la caña de azúcar	Cultivos industriales	Pecho amarillo (<i>Pitangus sulphuratus</i> [L.])	Salazar Blanco et al. (2016) Atencio-Valdespino et al. (2021b)
<i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae)	Broca del café	Cultivos industriales	Eufonia gorgiamarilla (<i>Euphonia hirundinacea</i> Bonaparte) y Reinita trepadora (<i>Mniotilta varia</i> [L.])	Collantes et al. (2022); Romero-Díaz et al. (2022)
<i>Phyllophaga</i> spp. (Coleoptera: Melolonthidae)	Gallina ciega	Granos y frutales	Garza (<i>Ardea</i> spp.)	Cuate-Mozo et al. (2016); Barría et al. (2023)
<i>Schistocerca nitens</i> (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae)	Langosta	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Gavilán de swainson (<i>Buteo swainsoni</i> Bonaparte)	Atencio-Valdespino et al. (2021a); Martínez et al. (2023)
<i>Schistocerca pallens</i> (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae)	Langosta pálida	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Gavilán de swainson (<i>B. swainsoni</i>)	Atencio-Valdespino et al. (2021a); Martínez et al. (2023)
<i>Spodoptera frugiperda</i> Walker (Lepidoptera: Noctuidae)	Gusano cogollero del maíz	Pastos y granos	Garcita blanca (<i>Egretta thula</i> [Molina]), paloma torcaza (<i>Columba fasciata</i> Say)	Serracin (2002); Guerrero (2019).
<i>Taeniopoda varipennis</i> Rehn (Orthoptera: Romaleidae)	Saltamontes perezoso	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Pecho amarillo (<i>Pitangus sulphuratus</i> [L.])	Collantes, 2020; Sánchez, 2022
<i>Telchin licus</i> (Drury) (Lepidoptera: Castniidae)	Barrenador gigante de la caña de azúcar	Cultivos industriales	Gavilán (<i>Accipiter</i> spp.)	Atencio et al., 2021b; Salazar Blanco et al., 2016
<i>Tropidacris cristata</i> (L.) (Orthoptera: Romaleidae)	Saltamontes Gigante	Pastos, granos, frutales y cultivos industriales	Pecho amarillo (<i>P. sulphuratus</i>)	Collantes-González et al. (2023); Sánchez (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/)



Figura 1. Control de *Agriotus* spp. (Coleoptera: Elateridae) por gallinas en suelo utilizado en cultivos varios dentro de casa de vegetación (Las Tablas, provincia de Los Santos).

En España por ejemplo en cultivos leñosos, se ha logrado con éxito establecer aves insectívoras con prácticas de restauración ecológica estratégica; con la instalación de nidos, plantación de árboles, creación de charcas o fuentes de agua destinadas a aves y un programa de divulgación, concientización y sensibilización ambiental dirigido a la sociedad (Rey y Meltzer, 2014). En Costa Rica por ejemplo en el cultivo de la caña de azúcar se tienen experiencias dentro del programa de manejo integrado de plagas con la colocación de perchas con el objeto de fomentar la presencia de aves depredadores logrando se posen rapaces (gavilanes, águilas, halcones o lechuzas) y otras aves como el pecho amarillo, que se alimentan de mariposas (Lepidoptera) (Salazar Blanco et al., 2016).

Otras prácticas incluyen el barbecho y el rastreo de los terrenos con el doble propósito (Figura 2), que además de preparar el terreno para la siembra expone larvas, pupas y adultos de insectos plagas (Cuate-Mozo et al., 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/)



Figura 2. Garzas marchan detrás de equipo agrícola para consumir artrópodos que puedan asomarse al preparar el terreno para la siembra de tomate (provincia de Los Santos).

CONCLUSIONES

- Las aves constituyen un importante elemento dentro de los ecosistemas y agroecosistemas en Panamá, contribuyendo con la sostenibilidad de estos.
- Los dos aspectos de mayor potencial para el uso de las aves asociadas a insectos en Panamá incluyen el uso de insectos como aporte nutricional dentro de la dieta de pollos y el aprovechamiento de aves insectívoras como agentes de control biológico natural de especies plagas en rubros de importancia estratégica en Panamá.
- El alto valor nutricional que aportan los insectos es de gran importancia para la cría de aves de corral; ya que se obtienen múltiples beneficios como la mayor ganancia de peso, menor costo en alimentación, mejor calidad de la cáscara del huevo, obtención de alimento de alta calidad nutricional, entre otras; generando de este modo, mayores ingresos económicos (economía circular) y contribuyendo con la seguridad alimentaria y nutricional (SAN).



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 aves insectívoras son un valioso aliado para combatir los insectos plaga y posibles vectores de enfermedades, pero requieren de la conservación de la vegetación boscosa o áreas reforestadas, especialmente con especies nativas, en los predios agrícolas para que puedan anidar y reproducirse.

REFERENCIAS

- Agrinews. (2014). Uso de insectos como fuente proteica en la alimentación animal. <https://agrinews.es/2014/03/17/uso-de-insectos-como-fuente-proteica-para-la-alimentacion-anim/>
- Aigbodion, F. I., Egbon, I. N., y Erukakpomren, E. A. (2012). Preliminary study on the entomophagous response of *Gallus gallus domesticus* (Galliformes: Phasianidae) to adult *Periplaneta americana*. *International Journal of Tropical Insect Science*, 32(3), 123-125. <https://doi.org/10.1017/S1742758412000276>
- Alguazas, J. (2017). Las aves y la agricultura en España: Relación, historia y evolución. [Título de Master en Agroecología, Desarrollo Rural y Agroturismo. Universidad Miguel Hernández de Elche]. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5375/1/TFM%20Alguazas%20Mart%c3%adnez%2c%20Jos%c3%a9%20Antonio.pdf>
- Al-Qazzaz, M., y Ismail, D. B. (2015). Insect meal as a source of protein in animal diet. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 16(3), 527-547. https://www.researchgate.net/publication/313824560_Insect_Meal_as_a_Source_of_Protein_in_Animal_Diet
- Altmann, B., Neumann, C., Velten, S., Liebert, F., y Mörlein, D. (2018). Meat quality derived from high inclusion of a micro-alga or insect meal as an alternative protein source in poultry diets: a pilot study. *Foods*, 7(3), 34. <https://doi.org/10.3390/foods7030034>



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

Anand, H., Ganguly, A., y Haldar, P. (2008). Potential value of acridids as high protein supplement for poultry feed. *International Journal of poultry science*, 7(7), 722-725.
<https://scialert.net/abstract/?doi=ijps.2008.722.725>

Araúz, N., Santos, M. A., Cambra T., R. A., y Bernal Vega, J. A. (2013). Insectos plagas y parasitoides asociados al cultivo de guandú (*Cajanus cajan* (L.) Millsp. Fabaceae) en Chiriquí, República de Panamá. *Tecnociencia*, 15, 1, 5-18.
https://www.researchgate.net/publication/311327805_Insectos_plagas_y_parasitoides_asociados_al_cultivo_del_quandu_Cajanus_cajan_en_Chiriqui_Republica_de_Panama

Atencio-Valdespino, R., Zachrisson, B., Collantes-G., R., Lezcano-B., J., González-Dufau, G., y Barba-Alvarado, A. (2021a). La familia Acrididae (Orthoptera: Acridoidea) y su impacto en la agricultura en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 32, 71-94.
<http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/421>

Atencio-Valdespino, R., Goebel., F. R., Guerra., A., Nikpay., A., y Collantes G., R. D. (2021b). Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar. *Revista Semilla Del Este*, 2(1), 37-58.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2466

Atencio-Valdespino, Randy, Herrera-Vásquez, José Ángel, y Barba-Alvarado, Anovel Amet. (2022). Contribución al conocimiento de las familias Cercopidae y Cicadellidae (Hemiptera: Cicadomorpha) de Panamá. *Idesia (Arica)*, 40(4), 25-38.
<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000400025>

AUDUBON Panamá. (2017). Aves de Panamá.
<https://www.audubonpanama.org/galeria/aves-comunes-de-panam%C3%A1.html>

Asociación Nacional de Avicultores de Panamá. (2021). La avicultura en cifras.
https://www.anavip.org/wp-content/uploads/2021/04/AveInfo_mar2021.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/)

Baroja, U., Garin, I., Aihartza, J., Arrizabalaga-Escudero, A., Vallejo, N., Aldasoro M, y Goiti, U. (2019) Pest consumption in a vineyard system by the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*). *PLoS ONE* 14(7), e0219265.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219265>

Barba-Alvarado, A., Aguilera-Cogley, V., y Gordón-Mendoza, R. (2016). Manejo integral de insectos picadores y chupadores en cultivos de sandía. *Ciencia Agropecuaria*, 25, 56-72.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/97>

Barria, M. D., Quirós, D. I., y Bayfield-Farrell, W. (2023). Description of a new Panamanian species of *Phyllophaga* Harris, 1827 (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae: Rhizotrogini) of the orosina species group. *Revista Chilena De Entomología*, 49(3).

<https://www.biotaxa.org/rce/article/view/83576>

Benzertiha, A., Kieronczyk, B., Kołodziejki, P., Pruszyńska-Oszmałek, E., Rawski, M., Józefiak, D., y Józefiak, A. (2020). *Tenebrio molitor* and *Zophobas morio* full-fat meals as functional feed additives affect broiler chickens' growth performance and immune system traits. *Poultry Science*, 99(1), 196-206.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119578646>

Bernad, L. (2012). El ñandú (*Rhea americana*) como controlador de malezas en cultivos agrícolas pampeanos. Trabajo de Tesis para ser presentado como requisito parcial para optar al Título de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Recursos Naturales para la Agricultura. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Mar del Plata.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/6333/INTA_CR%20BsAs_EEABalcarce_Bernad_L_%C3%91and%C3%BA_RheaAmericana_controlador_malezas_cultivos.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/)

Bienvenido, C., Calderón, E., Aguirrebengoa, M., Quinto, J., Wong, M.E., y del Pino, M. (2020). La plaga del gusano del alambre (*Agriotes* spp.) en cultivos de importancia económica en Andalucía. Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. 1-31 p. Formato digital (ebook) - (Producción Agraria).

<https://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/servifapa/registro-servifapa/7c318373-c2e2-414a-82e2-03383ac84ddd>

Bird Life Intenational, (2022). Estado de Conservación de las Aves del Mundo. Enfoque y soluciones para la crisis de la biodiversidad.

https://datazone.birdlife.org/userfiles/images/SOWB2022_ES_compressed.pdf

Boesing, A. L., Nichols, E., y Metzger J. P. (2017). Efecto de la estructura del paisaje en los servicios de control de plagas de insectos mediados por aves: una revisión. *Ecología del paisaje*, 32, 931-944. <https://doi.org/10.1007/s10980-017-0503-1>

Bonacic, C., Leichtle, J., Arcos, N., Muñoz, A., y Arellano, E. (2016). Medidas de manejo para conservación y fomento de la biodiversidad predial.

https://www.researchgate.net/publication/301688649_Medidas_de_Manejo_para_Conservacion_y_Fomento_de_la_Biodiversidad_Predial

Camarena, F., Villalaz, V., Pimentel, G., y Barría, J. (2021). Diversidad de aves en un bosque urbano en regeneración del Centro Regional Universitario de Azuero, Panamá. *Revista De Iniciación Científica*, 6, 22-29. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.0.3129>

Castro, R., Gil, M., Polón, R., Acosta, M., Mugica, L., y Díaz, S. H. (2009). Influencia de los patos silvestres en el control de plantas indeseables en los campos arroceros. *J. Carib. Ornithol.*, 22, 90-95.

<https://jco.birdscaribbean.org/index.php/jco/article/view/320>



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 Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. (2012). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Guatemala. 220-221.
<https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. (1986). Inventario de plagas y enfermedades de Panamá. Proyecto Manejo Integrado de Plagas.
https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2596/Inventario_de_plagas_y_enfermedades_de_Panamá.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Centro de Investigación de la Caña de Azúcar del Ecuador (CINCAE). (2013). Salivazo. *Mahanarva andigena* (Jacobi) (Homóptera: Cercopidae). <https://cincae.org/areas-de-investigacion/manejo-de-plagas/salivazo/>

Chain-Guadarrama, A., Virginio-Filho, E. de M., y Martínez-Salinas, A. (2021). *Conservación de aves, abejas y los servicios ecosistémicos que estas prestan a la producción del café: Guía de buenas prácticas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica.
<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11363?show=full&locale-attribute=es>

Chesser R., T., Billerman, S.M., Burns, K.J., Cicero, C., Dunn, J.L., Hernández-Baños, B.E., Jiménez, R.A., Kratter, A.W., Mason, N.A., Rasmussen, P.C., Remsen, J.V., Stotz, D.F., y Winker, K., (2022). Sixty-third supplement to the American Ornithological Society's Check-list of North American Birds. *Ornithology*, 139(3), 7 July, ukac020.
<https://doi.org/10.1093/ornithology/ukac020>

Coleoptera Neotropical (2011). Elateridae de Panamá. http://coleoptera-neotropical.org/paginas/2_PAISES/Panam/ELATEROIDEA/elater_pan.html

Collantes González, R. D. (2020). *Taeniopoda varipennis* Rehn (Orthoptera: Acridoidea: Romaleidae) asociado a áreas urbanas en la ciudad de David, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 3(1), 1-11.
<https://doi.org/10.48204/j.ia.v3n1a1>



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-G., R., Lezcano-B., J., Reina, L., y Morales, M. (2022). Detección temprana de *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) en cultivos de café robusta. *Ciencia Agropecuaria*, (35), 1-12.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/590>

Collantes-González, R. D., Santos-Murgas, A., Atencio - Valdespino, R., Barba-Alvarado, A., Lescano B, J. A., Suira, J., y Guerra-Samudio, J. (2023). *Tropidacris cristata* (L., 1758) (Orthoptera: Romaleidae): ampliación del rango de distribución en Panamá. *Revista Investigación Agraria*, 5(2), 15-22. <https://doi.org/10.47840/ReInA.5.2.1823>

Cuate-Mozo, V. A., Aragón-García, A., Pérez-Torres, B. C., López-Olguín, J. F., Morón, M. Á., y Rojas-Martínez, R. I. (2016). Manejo del complejo gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) asociado al cultivo de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus* L.) en Puebla, México. *Agrociencia*, 50(7), 889-900.

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000700889&lng=es&tlng=es.](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952016000700889&lng=es&tlng=es)

Dabbou, S., Gai, F., Biasato, I., Capucchio, M. T., Biasibetti, E., Dezzutto, D., y Schiavone, A. (2018). Black soldier fly defatted meal as a dietary protein source for broiler chickens: effects on growth performance, blood traits, gut morphology and histological features. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 9, 49.

<https://jasbsci.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40104-018-0266-9>

Degracia, A. B., Jiménez, J. Á., Alvarado, A. B., Valdespino, R. A., y Altamiranda-Saavedra M. (2023). Evaluation of the Effect of the ENSO Cycle on the Distribution Potential of the Genus *Anastrepha* of Horticultural Importance in the Neotropics and Panama. *Insects*, 14(8), 714. <https://doi.org/10.3390/insects14080714>

Eben, A. (2012). ¿Por qué Amargarse la Vida? La asociación de los escarabajos *Diabrotica* (Coleoptera: Chrysomelidae) con plantas de la familia Cucurbitaceae,



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

193-216. In Rojas, J. C.; Malo, E. A. (eds.). Temas Selectos en Ecología Química de Insectos. El Colegio de la Frontera Sur. México. 446 p.

https://www.openagrar.de/receive/openagrar_mods_00009847;lang=en

Falla, C., Márquez, M., y Lemus, J. M. (2015). Características bioecológicas de la lechuza (*Tyto alba*) como depredador dentro del manejo integrado de la rata de campo. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar. 187-194.

<https://cengicana.org/files/20150902101636279.pdf>

Florida Museum. (2023). The Insect Effect: Insect Decline and the Future of Our Planet. Thompson Earth Systems Institute, University of Florida.

<https://www.floridamuseum.ufl.edu/earth-systems/the-insect-effect/#:~:text=With%20an%20estimated%205.5%20million,of%20animal%20life%20on%20Earth.>

Decreto Número 181-2008-DMySC. De 3 de junio de 2008. Por el cual se aprueba el documento titulado "Manual de Procedimientos para el Manejo del Fondo del Proyecto de Patos y Codornices del Ministerio de Desarrollo Agropecuario". Gaceta Oficial Digital. <https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26118/11847.pdf>

García G., D., Miñarro Prado, M. y Martínez S., R. (2018). Biodiversidad de aves insectívoras en pumaradas de sidra. *Tecnología Agroalimentaria*. 21, 10-16.

[https://www.researchgate.net/publication/329389738 Biodiversidad de aves insectivoras en pumaradas de sidra](https://www.researchgate.net/publication/329389738_Biodiversidad_de_aves_insectivoras_en_pumaradas_de_sidra)

García, D., Miñarro, M., Peña, R., Illera, J. C., Palomar, G., y Rumeu, B. (2022). Aves insectívoras y control biológico de plagas en cultivos de manzano de sidra de Asturias. Transferencia tecnológica. *PHYTOMA (España)*, 336(17), febrero 2022 frutales.

[https://www.researchgate.net/publication/358529676 Aves insectivoras y control biologico de plagas en cultivos de manzano de sidra de Asturias](https://www.researchgate.net/publication/358529676_Aves_insectivoras_y_control_biologico_de_plagas_en_cultivos_de_manzano_de_sidra_de_Asturias)



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

Garin, I., Aihartza, J., Goiti, U., Arrizabalaga-Escudero, A., Noguerras, J., y Ibáñez, C. (2019). Bats from different foraging guilds prey upon the pine processionary moth. *PeerJ*, 7, e7169. <https://peerj.com/articles/7169/>

Gorosábel, A., Bernad, L., y Pedrana, J. (2022). El rol que cumplen las aves en la provisión de servicios ecosistémicos en la región Pampeana. *Visión Rural*, 29 (141): 44-46. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/11617/INTA_CRBsAs_Sur_EEABalcarce_Gorosabel_A_Rol_cumplen_aves_servicios_ecosist%C3%A9micos.pdf?sequence=1

Guerrero Rodríguez, O. C. (2019). Colombia: las aves encontraron su paraíso en cultivos de arroz en el Valle del Cauca. *Mongabay Latam*. <https://es.mongabay.com/2019/06/cauca-aves-arroz-colombia/>

Guevara, N., y Delgado, E. (2021). Riqueza y abundancia de la diversidad de aves en el Parque Municipal Summit, República de Panamá. *Tecnociencia*, 23, 2. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/224/2242372008/html/>

Guevara, N. y Samudio, N. (2020). El Valle de Antón, provincia de Coclé; como sitio de paso y observación de aves migratorias en Panamá. *Tecnociencia*, 23(1), 5-25. <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v23n1a1>

Heras Bravo, D. de las. (2015). Control aviar de plagas de artrópodos en cultivos leñosos mediterráneos. Trabajo de tesis de Máster Universitario en Restauración de Ecosistemas. <http://hdl.handle.net/10017/26017>

Huerta, A. J., Espinoza, F., Téllez-Jurado, A., Maqueda-Gálvez, A. P., y Arana-Cuenca, A. (2014). Control biológico del chapulín en México. *BioTecnología*, 18, 28-49. https://www.researchgate.net/publication/261392289_Control_Biologico_del_Chapulín_en_Mexico



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

Hwangbo, J., Hong, E. C., Jang, A., Kang, H. K., Oh, J. S., Kim, B. W., y Park, B. S. (2009). Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *Journal of Environmental Biology*, 30(4), 609-614.

https://www.researchgate.net/publication/41395949_Utilization_of_house_fly-maggots_a_feed_supplement_in_the_production_of_broiler_chickens

Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2018). Avance de Cifras de la Encuesta Pecuaria de Ganado Vacuno, Porcino y Gallinas: octubre de 2018. Contraloría General de la República.

<https://www.inec.gob.pa/archivos/P9191Comentarios%20avance%20de%20cifras%20de%20la%20encuesta%20pecuaria%20de%20ganado%20vacuno,%20porcino%20y%20gallinas%202018.pdf>

Kay, Z. (2017). Potencial de la harina de insectos en alimentos balanceados. WattPoultry.

<https://www.wattagnet.com/broilers-turkeys/article/15522382/potencial-de-la-harina-de-insectos-en-alimentos-balanceados-wattagnet>

Khusro, M., Andrew, N., y Nicholas, A. (2012). Insects as poultry feed: a scoping study for poultry production systems in Australia. *World's Poultry Science Journal*, 68(3), 435-446.

<https://doi.org/10.1017/S0043933912000554>

López-Vergé, S., Barroeta, A. C., Riudavets, J., y Rodríguez-Jerez, J. J. (2013). Utilization of *Sitophilus zeamais* (Motschulsky) larvae as a dietary supplement for the production of broiler chickens. *Proceedings of The Nutrition Society*, 72(OCE5), E315.

https://www.researchgate.net/publication/259436806_Utilization_of_Sitophilus_zeamais_Motschulsky_larvae_as_a_dietary_supplement_for_the_production_of_broiler_chickens

Madrid-Ibarra, F. de M., y Elías-Cruzado, C. (2017). Bird sighting on the Campus of the Ricardo Palma University, Lima, Peru. *Biotempo* 14 (2), 167-177.

<https://doi.org/10.31381/biotempo.v14i2.1667>



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

Makinde, O. J. (2015). Maggot meal: a sustainable protein source for livestock production, a review. *Advances in Life Science and Technology*, 31, 35-41.

<https://www.iiste.org/Journals/index.php/ALST/article/view/21273>

Martínez, O., Guerra, F., y Romer S., M. (2023). Depredación de langostas sudamericanas (*Schistocerca cancellata*) por el aguilucho langostero (*Buteo swainsoni*) en el sur de Bolivia durante su migración al hemisferio norte. *Ecología en Bolivia*, 58(2), 100-103.

<http://www.scielo.org.bo/pdf/reb/v58n2/2075-5023-reb-58-02-100.pdf>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2011). Guía para el control de moscas de la fruta. Dirección General de Sanidad Vegetal. División de Vigilancia y Certificación de Producción Agrícola. 12 p.

https://web.oirsa.org/wp-content/uploads/2024/01/El-Salvador_Manual.pdf

Ministerio de Ambiente. (2023). Más de mil especies de aves habitan en el país.

<https://www.miambiente.gob.pa/mas-de-mil-especies-de-aves-habitan-en-el-pais/#:~:text=En%20Panam%C3%A1%20se%20han%20registrado,solo%20existe%20en%20nuestro%20pa%C3%ADs>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá. (2023). Cierre año agrícola 2022-2023. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá.

<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2023/09/Cierre-Agricola-2022-2023.pdf?csrt=6436099449304115878>

Moreno-Vera, A., Herrera-Feijoo, R., Jiménez-Romero, E., Carranza, M., y Saltos-Navia, J. (2023). Análisis de la diversidad de aves y plantas en diferentes coberturas de vegetación en la finca experimental “La Represa”, Quevedo- Ecuador. *Green World Journal*. 6. 62.

https://www.researchgate.net/publication/370751755_Analisis_de_la_diversidad_de_aves_y_plantas_en_diferentes_coberturas_de_vegetacion_en_la_finca_experimental_La_Represa_Quevedo_-_Ecuador



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

Mougeot, F., y Arroyo, B. (2017). Respuestas comportamentales a las actividades humanas e implicaciones para la conservación. *Ecosistemas*, 26(3), 5-12.
<https://doi.org/10.7818/ECOS.2017.26-3.02>

Mwaniki, Z., Neijat, M., y Kiarie, E. (2018). Egg production and quality responses of adding up to 7.5% defatted black soldier fly larvae meal in a corn– soybean meal diet fed to Shaver White Leghorns from wk 19 to 27 of age. *Poultry Science*, 97(8), 2829-2835.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0032579119308181>

Navarro-Sigüenza, A. G., Rebón-Gallardo, M. F., Gordillo-Martínez, A., Townsend, P. A., Berlanga-García, H., y Sánchez- González, L. A. (2014) Biodiversidad de aves en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, S476- S495.
<https://www.redalyc.org/pdf/425/42529679056.pdf>

Nyffeler, M., Şekercioğlu, Ç. H., y Whelan, C. J. (2018). Insectivorous Birds Consume an Estimated 400–500 Million Tons of Prey Annually. *The Science of Nature*, 105 (47), 1-13. <https://doi.org/10.1007/s00114-018-1571-z>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). Manejo integrado de plagas y plaguicidas.
<https://www.fao.org/pest-and-pesticide-management/ipm/integrated-pest-management/es/>

Ramírez-Morales, S., García-Munguía, C. A., y García-Munguía, A. M. (2018). Nutracéuticos: Uso de harina de cucaracha de Madagascar (*Gromphadorhina portentosa*) en la alimentación de pollos en etapa de desarrollo. *Jóvenes en la Ciencia*, 4(1), 168-172.
<https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/articloe/view/2879>

Ramos Lazo, D. (2021). Producción y valoración nutricional de harina de larva de *Tenebrio molitor* como fuente proteica no tradicional para su uso en la alimentación animal



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

[Título profesional de Médico veterinario y zootecnista. Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú].

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/10560/68.0898.VZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rey Benayas, J. M., y Meltzer, J. (2014). Control aviar de plagas de invertebrados en cultivos leñosos mediante restauración ecológica estratégica. Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas, Madrid.

<https://fundacionfire.org/wp-content/uploads/2014/04/Informe-Ejecutivo-del-proyecto-Control-aviar-de-plagas-de-invertebrados-en-cultivos-len%C3%83osos-mediante-restauraci%C3%81n-ecol%C3%81gica-estrategica.pdf>

Rico, J. (2014). (01 mayo 2014). Las aves: efectivos plaguicidas naturales. El País.

https://elpais.com/sociedad/2014/05/01/actualidad/1398951984_969779.html

Rivera García, E., y Cano-Santana, Z. (2009). Efecto de la interferencia parcial en la depredación natural sobre una comunidad de acrididos en un pastizal del Desierto Chihuahuense. *Acta zoológica mexicana*, 25(2), 345-357.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372009000200008

Rodríguez Gavilanes, D. M. (2022). Una aproximación por metaanálisis al número de especies exóticas invasoras y sus áreas más frecuentes de introducción en la República de Panamá. Trabajo de Graduación Presentado a Consideración de la Escuela de Biología como Requisito Parcial para Optar por el Título de Licenciatura en Biología Con Orientación en Biología Ambiental. Universidad de Panamá Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología Escuela de Biología.

http://up-rid.up.ac.pa/6454/1/digna_rodriguez.pdf

Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Tarango-Arámbula, L. A., Ruíz-Vera, V. M., Marcos-Rivera, U., y Cruz-Miranda, Y. (2018). Coexistencia y segregación trófica en aves



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

insectívoras de un bosque templado con tres elevaciones. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 5(15), 477-489. <https://doi.org/10.19136/era.a5n15.1596>

Romero-Díaz, C., Ugalde-Lezama, S., Valdez-Hernández, J., Tarango-Arámula, L., Olmos-Oropeza, G., y García-Núñez, R. (2022). Ecología trófica de aves insectívoras en sistemas agroforestales y Bosque Mesófilo de Montaña. *Abanico veterinario*, 12, 101. <https://doi.org/10.21929/abavet2022.7>

Rowell, C.H.F. (2013). The Grasshoppers (Caelifera) of Costa Rica and Panama. The Orthopterists' Society. 617. <http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/handle/11606/453>

Salazar Blanco, J. D., Oviedo Alfaro, R., Cadet Piedra, E., y Sáenz Acosta, C. (2016). Control biológico y otras estrategias de manejo de plagas implementadas en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica. XIV Congreso Nacional Agropecuario Forestal y Ambiental. Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, octubre 27 al 29. 18 p. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Salazar-2016-BiCo-sugarcane.pdf>

Sánchez Carreto, D. G. (2022). Caelíferos (Orthoptera) asociados a cultivos de maíz (*Zea mays*) y sus posibles usos en Querétaro, Querétaro, México. como parte de los requisitos para obtener el grado de Licenciado en Biología. Centro Universitario Querétaro, México. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/4399/1/RI007124.pdf>

SEO BirdLife. (2024). *Por una buena convivencia entre las aves y la acuicultura*. <https://seo.org/por-una-buena-convivencia-entre-las-aves-y-la-acuicultura/#:~:text=El%20impacto%20que%20producen%20las,como%20cormoranes%2C%20garzas%20y%20gaviotas>.

Serracín, R. (2002). Análisis demográfico de *Spodoptera frugiperda* en una parcela de arroz de Panamá Este. Tesis sometida para optar al título de maestro en ciencias con especialización en entomología agrícola. Programa Centroamericano de Maestría



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 Entomología. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Universidad de Panamá. http://up-rid.up.ac.pa/4623/1/ruben_serracin.pdf

Sun, T., Long, R., y Liu, Z. (2013). The effect of a diet containing grasshoppers and access to free-range on carcass and meat physicochemical and sensory characteristics in broilers. *British poultry science*, 54(1), 130-137.
<https://doi.org/10.1080/00071668.2012.756575>

Vásconez Montúfar, C., Sánchez Morán, S. S., Tobar Vera, J. W., y Espinoza Espinoza, F. G. (2022). Producción de huevos comerciales y fértiles de codorniz (*Coturnix coturnix japonica*) en la Universidad Técnica de Babahoyo. *Revista Semilla Del Este*, 2(2), 7-14.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/2860/2544

Uribe-González, E., y Santiago-Basilio, M. Á. (2012). Contribución al conocimiento de enemigos naturales del chapulín (Orthoptera: Acridoidea) en el estado de Querétaro, México. *Acta zoológica mexicana*, 28(1), 133-144.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372012000100010&lng=es&tlng=es.

Velásquez Moreno, F. L., Silva Ton, A. P., Guerra Rosa, C. M., y Willian de Freitas, L. (2021). Uso de insectos como alternativa en la nutrición avícola: revisión. *Research, Society and Development*, 10(3), e25810313274. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i3.13274>

Vickery, P. D. (2020). Grasshopper Sparrow (*Ammodramus savannarum*), version 1.0. In *Birds of the World*. In Poole A. F.; Gill, F. B. (eds.). Cornell Lab of Ornithology, Ithaca, NY, USA. <https://doi.org/10.2173/bow.graspa.01>

Vidotto, A. P., y Carvalho, E. D. (2009). Aquatic insects as the main food resource of fish the community in a Neotropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*, 7(4), 701-708.
<https://doi.org/10.1590/S1679-62252009000400020>



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

Yingchang, W., Yuntang, C., Xingrui, L., Junmung, X., Qinsheng, D., y Chag-an, Z. (1996). Study on the rearing larvae of *Tenebrio molitor* Linne and the effects of its processing and utilizing. *Acta Agriculturae Universitatis Henanensis*, 30(3) 288-292. <https://europepmc.org/article/CBA/296025>

Zadeh, Z., Kheiri, F., y Faghani, M. (2019). Use of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) as a protein source on growth performance, carcass traits, meat quality and intestinal morphology of Japanese quails (*Coturnix japonica*). *Veterinary and Animal Science*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2019.100066>

Zotte, A. D., Singh, Y., Michiels, J., y Cullere, M. (2019). Black soldier fly (*Hermetia Illucens*) as dietary source for laying quails: live performance, and egg physico-chemical quality, sensory profile and storage stability. *Animals*, 9(3),115. <https://doi.org/10.3390/ani9030115>

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Dr. Arnulfo Gutiérrez y al Dr. Ismael Camargo en el IDIAP. Se agradece a las autoridades del Centro Regional de Coclé de la Universidad de Panamá y 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/)

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>

