



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 39



PANAMÁ-2024
julio - diciembre



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 39

PANAMÁ-2024
julio - diciembre

Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
no. 39 (julio - diciembre, 2024). Panamá, PA. Semestral
237 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

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

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

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

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

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

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

Diseño y Diagramación

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

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

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- 7-28 **IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE YUCA EN LAS PROVINCIAS DE HERRERA Y VERAGUAS**
Orlando Osorio-Burgos; Anovel Barba; Ricardo Hernández; Sergio Cornejo
-
- 29-44 **COMUNIDAD DE HYMENOPTERA ASOCIADOS A AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ**
Rubén D. Collantes G.; Javier E. Pittí C.; Ruth J. Del Cid A.; Alonso Santos-Murgas; Randy Atencio V.; José A. Lezcano B.
-
- 45-58 **PARTO MULTIPLE POR TRANSFERENCIA DE UN EMBRIÓN *in vitro* EN VACAS PREVIAMENTE INSEMINADAS**
Raúl H. De León-García; Roderick A. González M.; Pedro Guerra M.; Jair O. Jaén
-
- 59-88 **CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS EN GANADO JERSEY DE TIERRAS ALTAS**
Melvys Jaqueline Vega-Quintero; Rosa Itzela Quintero-Montenegro; Howard Junca
-
- 89-109 **CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN ÁREAS PRODUCTIVAS DE LA REGIÓN DE AZUERO-PANAMÁ**
José Ezequiel Villarreal-Núñez; Iván Alexis Ramos-Zachrisson
-

110-134

**INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA EN DOS
SUBCUENCAS DE LOS SANTOS, PANAMÁ**

*Eliseo Batista-Villalobos; Arturo Batista-De Gracia;
Orlando Osorio-Burgos; Aurisbel Ávila-Guevara;
Anovel Barba-Alvarado*

135-159

**SELECCIÓN DE UN HÍBRIDO DE MAÍZ PARA LOS SISTEMAS
DE SIEMBRA MECANIZADA EN PANAMÁ**

*Román Gordón-Mendoza; Jorge E. Franco-Barrera;
Francisco P. Ramos-Manzané; Félix M. San Vicente-García*

NOTA TÉCNICA

160-174

**PRODUCCIÓN APÍCOLA COMO ALTERNATIVA ECONÓMICA
SOSTENIBLE PARA LOS USUARIOS DEL MANGLAR EN
CHAME, PANAMÁ**

Ruth Jasmina Del Cid-Alvarado; Melquiades Morales-Jiménez

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS

175-205

**ÁCARO FITÓFAGOS CON POTENCIAL DE AFECTAR LA
AGRICULTURA EN PANAMÁ**

*Randy Atencio-Valdespino; Roberto Miranda;
José Ángel Herrera-Vásquez; Vidal Aguilera-Cogley;
Pamela Murillo-Rojas; Mariana Broce-Colón; Alex Vásquez-Osorio*

206-226

**GÉNERO *Agrotis* OCHSENHEIMER, 1816 (LEPIDOPTERA:
NOCTUIDAE) Y SU IMPORTANCIA COMO PLAGAS DE
CULTIVOS HORTÍCOLAS**

Javier E. Pittí C.; Rubén D. Collantes G.;

227-235

NORMAS PARA AUTORES

IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE YUCA EN LAS PROVINCIAS DE HERRERA Y VERAGUAS¹

Orlando Osorio-Burgos²; Anovel Barba³; Ricardo Hernández⁴; Sergio Cornejo⁵

RESUMEN

Las malezas son plantas fuertemente competidoras en los cultivos de yuca, pero constituyen componentes importantes de los agroecosistemas, por lo que es significativo identificar sus especies para estudiar sus aspectos ecológicos. El objetivo de esta investigación fue el reconocimiento de las malezas asociadas al cultivo de yuca, además de conocer su abundancia y riqueza como factores primordiales para el análisis de umbrales agroeconómicos y como primera estrategia de manejo integrado de agroecosistemas. Ámbito agroecológico: tierras pertenecientes al bosque tropical seco de la costa pacífica del Istmo, con régimen de temperatura isotrópica a isotérmica. La recolección y georreferenciación de las malezas se realizó en los distritos de Atalaya (Veraguas), Las Minas, Pesé y Ocú (Herrera) entre los 94 y 183 msnm, entre los años 2016 y 2017, en la estación seca (enero a marzo) y estación lluviosa (octubre a diciembre). La diversidad y equitatividad biológica de las especies se realizó utilizando los índices de Shannon-Weaver y Simpson. En cada parcela se realizó una caminata en forma de zigzag y se recolectaron muestras de malezas invasoras, se identificaron 99 especies pertenecientes a 30 familias botánicas. Se identificaron 79 especies de malezas dicotiledóneas, representando el 80%, agrupadas en 27 familias: Acanthaceae, Apocynaceae, Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Loganiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Menthaceae, Onagraceae, Piperaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae, Verbenaceae, Violaceae, Zygophyllaceae. Las 20 especies restantes pertenecientes a las monocotiledóneas representaron el 20%, agrupadas en tres familias: Commelinaceae, Cyperaceae y Poaceae. Resultó una alta biodiversidad de 4,5 con los índices de Shannon-Weaver y alta similitud de 0,98 con Simpson. La riqueza caracterizada de la zona de estudio fue de 30 familias con 84 géneros y 99 especies.

Palabras clave: Agroecosistema, biodiversidad, equitatividad biológica, especies, índices.

¹Recepción: 16 de enero de 2023, Aceptación: 31 de agosto de 2023. Investigación financiada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero (CIA Azuero). M.Sc. Protección Vegetal. e-mail: odilson24@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7926-7175>

³IDIAP. CIA Divisa. Ph.D. Ciencias Agrícolas. e-mail: anovelbarba@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>

⁴IDIAP. CIA Divisa. Ing. Agr. e-mail: ricahernandez@yahoo.es; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7256-1101>

⁵IDIAP. CIA Divisa. Agr. e-mail: sergiocornejolopez17@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0001-6102-9208>



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

IDENTIFICATION OF WEEDS IN CASSAVA CROP IN THE PROVINCES OF HERRERA AND VERAGUAS

ABSTRACT

Weeds are strongly competitive plants in cassava crops, but they are important components of agroecosystems, so it is important to identify their species to study their ecological aspects. The aim of this research was to recognize weeds associated with the cassava crop and to know aspects of their abundance and richness, which are fundamental factors for the analysis of agroeconomic thresholds, and as the first strategy for integrated management of agroecosystems. Agroecological scope: lands belonging to the dry tropical forest of the Pacific coast of the Isthmus, with an isotropic to isothermal temperature regime. The collection and georeferencing of the weeds were carried out in the districts of Atalaya (Veraguas), Las Minas, Pesé and Ocú (Herrera) between 94 and 183 masl, during the years 2016 and 2017, in the dry season (January to March) and rainy season (October to December). The biological diversity and equity of the species was carried out using the Shannon-Weaver and Simpson indices. In each plot a zigzag trek was carried out and samples of invading weeds were collected, 99 species belonging to 30 botanical families were identified. We identified 79 species of dicotyledonous weeds, representing 80%, grouped into 27 families: Acanthaceae, Apocynaceae, Amaranthaceae, Asclepiadaceae, Asteraceae, Bignoniaceae, Boraginaceae, Convolvulaceae, Cucurbitaceae, Euphorbiaceae, Fabaceae, Loganiaceae, Malvaceae, Melastomataceae, Menthaceae, Onagraceae, Piperaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Rubiaceae, Solanaceae, Scrophulariaceae, Sterculiaceae, Tiliaceae, Verbenaceae, Violaceae, Zygophyllaceae. The remaining 20 species belonging to the monocotyledons represented 20%, grouped into three families: Commelinaceae, Cyperaceae and Poaceae. It resulted in a high biodiversity of 4.5 with the Shannon-Weaver Indices and a high similarity of 0.98 with Simpson. The richness characterized in the study area was 30 families with 84 genera and 99 species.

Keywords: Agroecosystem, biodiversity, biological equity, species, indices.

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una especie que cultivan pequeños y medianos productores. Su contribución a la seguridad alimentaria del país en las comunidades más vulnerables confiere gran importancia para las familias con recursos limitados.



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 malezas son consideradas como el principal ente biológico en la producción de los cultivos, ya sea por su daño económico, capacidad de competencia o porque albergan plagas, razón suficiente para realizar más estudios de biología y ecología de estas especies. La agricultura en muchas partes del mundo enfrenta el grande reto de la pérdida de biodiversidad, que no sólo implica la desaparición de especies sino también de características ecológicas funcionales para los agro ecosistemas, lo que conforma un conjunto de rasgos útiles para diseñar estrategias de manejo, control y aprovechamiento en un esquema agroecológico (Guzmán et al., 2022).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2016) la producción mundial de yuca fue de 277,102 millones de toneladas, que se cultivaron en 23,482 millones de hectáreas, de este volumen de 30 a 60% corresponde a África, 30 a 40% en Asia y 15 a 20% en América Latina. En la República de Panamá se estima una explotación agrícola de yuca de 1,005 hectáreas (Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2016) a un costo de producción de B/. 1,760,91 (Banco de Desarrollo Agropecuario [BDA], 2016), lo que representa una inversión anual de aproximadamente de 1,8 millones de balboas. Este cultivo representa un gran valor económico a nivel mundial muy significativo.

El rendimiento del cultivo de yuca se ve afectada considerablemente debido a las malezas durante su periodo crítico, estas pueden ocasionar mermas de 75 a 100% (Silva et al., 2009). El ciclo biológico de la yuca es largo (8 a 12 meses), en comparación con otros cultivos anuales, esta tiene un crecimiento lento en sus primeras etapas, lo que le permite que las malezas se apoderen rápidamente de los espacios en el cultivo.

Identificar las malezas es importante porque suplen información para el manejo integrado del cultivo. Una comunidad de plantas con más especies será menos competitiva, por tanto, la diversidad de la flora es un indicador de la sostenibilidad del cultivo a través del tiempo (Storkey y Neve, 2018).

Para realizar un plan de manejo integrado del cultivo (MIC) debemos utilizar como herramientas los índices de diversidad. Uno de los más utilizados son los índices 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/)

equitatividad de Shannon-Wiener (H') y el índice de dominancia de Simpson (D) (Juárez et al., 2016). Estos se basan en la biodiversidad de la flora y estiman que tan homogénea o heterogénea es una comunidad (Cardenal et al., 2016). Para los sitios de muestreos en las diferentes fincas utilizaremos los coeficientes de similaridad de Morisita-Horn, que se emplean para comparar comunidades con atributos similares (Diversidad Beta) basado en datos cuantitativos (Mostacedo et al., 2000). También utilizamos la técnica multivariadas con el Análisis de Componentes Principales (ACP) para los datos.

El objetivo del trabajo fue identificar, registrar, evaluar y comparar la diversidad de las malezas presentes en el cultivo de yuca, con el fin de proporcionar información que sume evidencia al desarrollo de nuevos modelos conceptuales en torno al control, manejo y aprovechamiento de la riqueza vegetal asociada a los agroecosistemas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del estudio

La investigación fue realizada en la República de Panamá en localidades cultivadas de yuca en las provincias de Herrera (Ocú, Pesé, Los Pozos, Las Minas) y Veraguas (Atalaya) (Cuadro 1), las cuales presentaron una altitud entre 94 y 183 msnm, las parcelas no tenían controles (químicos o mecánicos) de malezas, se muestrearon un total de 10 parcelas con el cultivo establecido para la identificación morfológica de las mismas.

Cuadro 1. Ubicación de las parcelas de yuca en las provincias de Herrera y Veraguas.

No.	Localidad (poblado, corregimiento, distrito, provincia)	Ubicación geográfica		Altitud (msnm)
		X	Y	
1	Los Llanos, Los Llanos, Ocú, Herrera	513860	875442	183
2	Los Llanos, Los Llanos, Ocú, Herrera	514670	873500	185
3	Higuito de Señales, Ocú, Ocú, Herrera	523852	875282	142
4	Montañuela, Lacarrillo, Atalaya, Veraguas	514486	882550	165
5	Lacarrillo, Lacarrillo, Atalaya, Veraguas	514459	880791	163
6	Chumical, Chumical, Las Minas	530622	867578	133
7	Llano Grande, Llano Grande, Ocú, Herrera	521319	876785	146
8	Llano Grande, Llano Grande, Ocú, Herrera	521326	876812	145
9	Los Llanos, Los Llanos, Ocú, Herrera	516034	877681	176
10	La Trinidad, La Trinidad, Pesé, Herrera	533578	874244	94



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

Clima y topografía: La temperatura promedio de la región es de 27,20° C, se caracteriza por tener una baja precipitación pluvial anual que fluctúa entre 800 y 900 mm, con una humedad relativa promedio de 82%, radiación solar promedio de 198 w/m², presión atmosférica promedio de 1,009 bares y velocidad del viento promedio de 18 m/s (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2015-2024). Todos los lugares muestreados correspondían a lugares de 3 a 5% de inclinación.

Colecta de malezas: En cada parcela se recolectaron al azar, muestras de malezas invasoras. Se tomaron plantas completas para su posterior identificación taxonómica, estas se colocaron en bolsas plásticas con hielo (4° C) con papel periódico debidamente registradas, con la finalidad que no se deterioraran.

La prospección fue hecha en los años 2016 y 2017 en la estación seca de enero a marzo y lluviosa de octubre a diciembre. Estas parcelas fueron georeferenciadas usando un posicionador geográfico global, marca Garmin eTrex Legend®.

Identificación de malezas: Todas las muestras colectadas, una vez codificadas fueron identificadas en el laboratorio del IDIAP y el herbario de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI).

La caracterización de la población de malezas en parcelas de productores se realizó según el método visual (Santos, 2004), el cual consiste en recorrer los campos, bajo un esquema definido anotando todas las especies encontradas, así como el grado que representa cada una con respecto a las demás, de esta manera se pueden definir cuatro grados de enmalezamiento:

1. Malezas aisladas, débil enmalezamiento, entre 6 y 25% de cobertura.
2. Mediano enmalezamiento, entre 26 y 50% de cobertura.
3. Fuerte enmalezamiento, entre 51 y 75% de cobertura.
4. Muy fuerte enmalezamiento, más del 76% de cobertura.



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

Estimación de la riqueza de las especies

Después de identificadas las especies en cada localidad, fueron calculados los índices de diversidad más comunes en ecología como los son Shannon-Wiener (H') y Simpson (D).

El índice de Shannon-Wiener (H) procede de la teoría de la información y mide la diversidad como:

$$H = -\sum p_i \ln(p_i) \quad p_i = n_i / N$$

Donde n_i es el número de individuos de la especie i y N es la abundancia total de las especies. El valor de H se encuentra acotado entre cero (0) y $\ln(s)$, tiende a cero en comunidades poco diversas y es igual al logaritmo de la riqueza específica en comunidades de máxima equitatividad. La riqueza específica se midió como el número de especies presentes en una comunidad y la equitatividad como la abundancia de la especie dominante. La equitatividad se acerca a cero (0) cuando una especie domina sobre todas las demás en la comunidad y se acerca a 1 cuando todas las especies comparten abundancias similares (Magurran, 1988).

El índice de Simpson varía inversamente con la heterogeneidad. Los valores del índice decrecen o aumentan según aumente o decrezca la diversidad. Es en realidad un índice de dominancia, sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total.

El índice de Simpson (D) mide la diversidad como: $D = \sum 1/(p_i^2)$.

Donde el valor de D se encuentra acotado entre 0 y S , tiende a cero en comunidades poco diversas, y es igual a la riqueza específica (s) en comunidades de máxima equitatividad (Magurran, 1988).

El coeficiente de similaridad de Morisita-Horn, según Magurran (1988) es el más confiable de todos los grupos basados en datos cuantitativos que es el que utilizamos en esta investigación. Su fórmula 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/)

$$IM = (2\sum (DNi * ENi) / (da + db)aN * bN) * 100$$

Donde:

aN: Número de individuos en la localidad A.

bN: Número de individuos en la localidad B.

DNi: Número de individuos de la i-ésima especie en la localidad A.

ENi: Número de individuos de la i-ésima especie en la localidad B.

$$da = \sum DN i$$

$$2 / aN 2$$

$$da = \sum EN i$$

$$2 / bN 2$$

Para simplificar la complejidad de el gran número de muestras de malezas realizadas durante esta investigación utilizamos el método estadístico de Análisis de Componentes Principales (ACP), cuyo objetivo del análisis fue reducir la dimensionalidad en la cual se expresa el conjunto original de variables (Peña, 2002; Restrepo et al., 2012). Miranda (2011) señala que el objetivo del ACP es reducir el número de variables que intervienen en un análisis de un determinado proceso en estudio y expresa que el método consiste en obtener nuevas variables (denominadas componentes Yp) que están incorrelacionadas entre si y que guardan un orden lógico, donde el primer componente es el de mayor influencia en el fenómeno de estudio y así sucesivamente, es decir:

$$\text{Var}(Y1)+\text{Var}(Y2)+\dots+\text{Var}(Yp)=\text{Varianza Total}=\text{Var}(X1)+\text{Var}(X2)+\dots+\text{Var}(Xp)$$

tal que:

$$\text{Var}(Y1)>\text{Var}(Y2)>\dots>\text{Var}(Yp)$$

Los resultados fueron sometidos a un análisis ACP con las variables de: débil, mediano, fuerte y muy fuerte enmalezamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las 10 parcelas muestreadas de yuca (variedad brasileña) se identificaron 30 familias, 84 géneros y 99 especies (Cuadro 2) en los distritos de Ocú, Pesé, Los Pozos, Las Minas (Herrera) y Atalaya (Veraguas).



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 familias con mayor número de especies fueron: Fabaceae (11 especies), Asteraceae, Euphorbiaceae, y Poaceae (10 especies c/u), Cyperaceae (8 especies), Convolvulaceae, Malvaceae y Solanaceae (5 especies c/u), Amaranthaceae y Rubiaceae (4 especies c/u), Boraginaceae, Commelinaceae Cucurbitaceae, Menthaceae, y Sterculiaceae (3 especies c/u) y las familias: Apocynaceae, Asclepiadaceae, Bignoniaceae, Loganiaceae, Melastomataceae, Onagraceae, Piperaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae, Zygophyllaceae, cuentan con una especie (Figura 1). Diecisiete familias representan el 87% del total de las malezas reportadas. Según Magurran (2004), una representatividad por encima del 70% es válida para hacer inferencia de comunidades, donde las especies faltantes se consideran raras o de poca abundancia, confirmando que no es requerido realizar más muestreos.

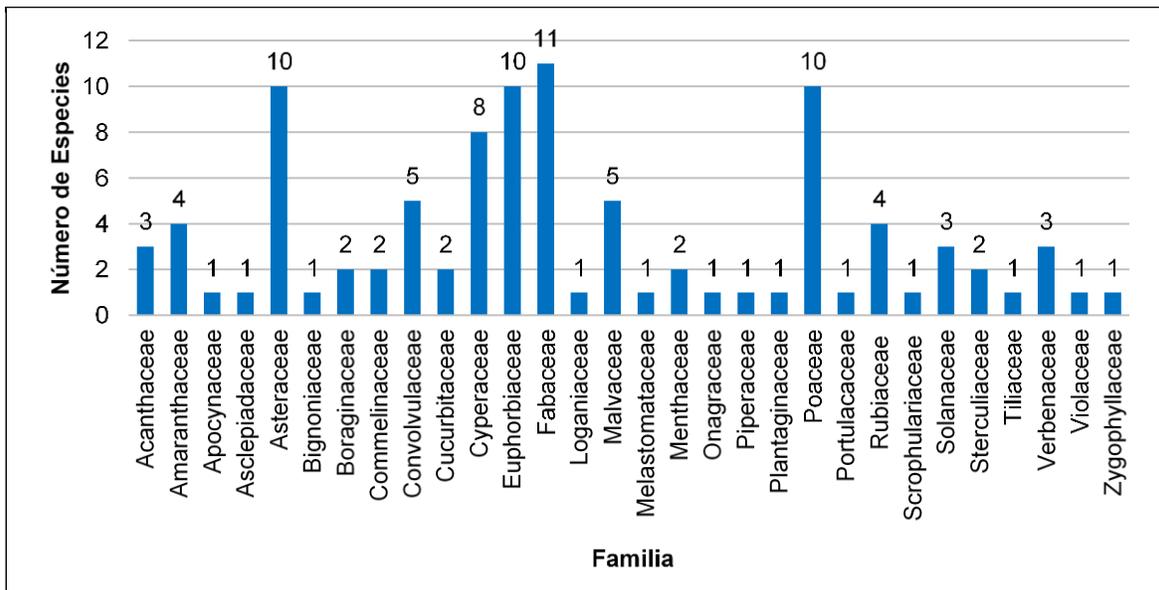


Figura 1. Número de Especies vs Familias.

Del 100% de las malezas identificadas asociadas al cultivo de yuca colectadas en los distritos de Atalaya, Las Minas, Pesé y Ocú corresponden el 30% a las familias Asteraceae, Euphorbiaceae, y Poaceae, 11% a la familia Fabaceae; 8% Cyperaceae; 15% Convolvulaceae, Malvaceae y Solanaceae; 8% Amaranthaceae y Rubiaceae; 15% Boraginaceae, Commelinaceae Cucurbitaceae, Menthaceae, y Sterculiaceae y el 13% restante se encuentra distribuido homogéneamente entre las familias: Apocynaceae,



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

Asclepiadaceae, Bignoniaceae, Loganiaceae, Melastomataceae, Onagraceae, Piperaceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae. Zygophyllaceae (Cuadro 2).

En las parcelas de yuca se pudo apreciar que, dentro del complejo de malezas examinado, existe mucha variabilidad entre especies, en cuanto al grado de ocurrencia y nocividad. La gran mayoría de las malezas reportadas en este estudio tienen un alto grado de ocurrencia, es decir, son muy comunes. Sin embargo, su índice de enmalezamiento es mucho más variable y oscila entre débil, mediano, fuerte y muy fuerte (Santos, 2004), (Cuadro 3).

En los campos de producción, hay un grupo de malezas ampliamente distribuidas que pueden considerarse altamente nocivas por su enmalezamiento muy fuerte y fuerte (Figura 2) que son, de rápida propagación y difusión, entre ellas se mencionan como primer orden (muy fuerte enmalezamiento) a: *Spiracantha cornifolia* Kunth.; *Ipomoea trifida* (Kunth) G.Don.; *Mimosa pudica* L.; *Malachra alceifolia* Jacq.; *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton.; *Baltimora recta* L. y *Spermacoce ovalifolia* (M. Martens & Galleotti) Hemsl (Figura 3); y en segundo orden (fuerte enmalezamiento) está otro grupo constituido por *Amaranthus dubius* Mart.; *Heliotropium indicum* L.; *Cyperus rotundus* L.; *Rhynchosia minima* (L.) DC.; *Mucuna pruriens* (L.) DC.; *Sida acuta* Burmf.; *Sida rhombifolia* L.; *Richardia scabra* L. (Figura 4).

El resto de las malezas identificadas pueden ser consideradas de mediano a débil enmalezamiento, de acuerdo con las estimaciones y a las condiciones agroecológicas propias de las regiones productoras de yuca en estas provincias.

Cuadro 2. Malezas asociadas al cultivo de yuca.

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
1	Acanthaceae	Suspiro	<i>Elytraria imbricata</i> (Lam.) Spreng.
2	Acanthaceae	Hierba hedionda	<i>Nelsonia canescens</i> Kunth.
3	Acanthaceae	jacinto, flor de mosquito	<i>Ruellia inundata</i> (Vahl.) Persoon
4	Amaranthaceae	Bledo espinoso, bledo	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
5	Amaranthaceae	Cadillo, caillo	<i>Achyranthes indica</i> (L.) Mill.
6	Amaranthaceae	Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart.
7	Amaranthaceae	Cadillo blanco	<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze.
8	Apocynaceae	Sombrero chino	<i>Prestonia excerta</i> (A.DC.), Standl.



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 2. Malezas asociadas al cultivo de yuca.**

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
9	Asclepiadaceae	Mata caballo	<i>Asclepias curassavica</i> L.
10	Asteraceae	Botón	<i>Tridax procumbens</i> L.
11	Asteraceae	Oreja ratón	<i>Eleutheranthera rudelaris</i> (Swartz) Schultz-Bip.
12	Asteraceae	Cervulaca, cirulaca, pariteña, mirasol y flor amarilla	<i>Baltimora recta</i> L.
13	Asteraceae	Cervulaca, cirulaca	<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.
14	Asteraceae	Cervulaquilla	<i>Pectis elongata</i> var. <i>oerstediana</i> (Rydb.) D.J. Keil
15	Asteraceae	Flor amarilla	<i>Chrysanthellum americanum</i> var. <i>Integrifolium</i> (Steetz) Alexandre.r. (Steetz) Alexander
16	Asteraceae	Emilia, pincel	<i>Emilia sonchifolia</i> (L) DC.
17	Asteraceae	Cocadita	<i>Acmella alba</i> (L' Hér.) R.K. Jansen.
18	Asteraceae	Botón blanco	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.
19	Asteraceae	Puya puya, quita cutarra, hierba rayo	<i>Spiracantha cornifolia</i> Kunth.
20	Bignoniaceae	Bejuco hormiguero	<i>Batocydia unguis</i> (L). Mart.
21	Boraginaceae	Cola de alacrán	<i>Heliotropium indicum</i> L.
22	Boraginaceae	Colita de alacrán	<i>Heliotropium fruticosum</i> L.
23	Commelinaceae	Siempre vive, piñita	<i>Murdannia nudiflora</i> (L). Brenam.
24	Commelinaceae	Siempre vive	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.
25	Convolvulaceae	Flor lila	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meisn.
26	Convolvulaceae	Lilita	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.
27	Convolvulaceae	Rastrera pegada	<i>Evolvulus convolvuloides</i> (Willd. ex Shult) Stearn
28	Convolvulaceae	Batatilla amarilla	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier F.
29	Convolvulaceae	Batatilla o campanilla veranera	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G.Don.
30	Cucurbitaceae	Balsamina, balsamino	<i>Momordica charantia</i> L.
31	Cucurbitaceae	Meloncillo	<i>Cucumis melo</i> L.
32	Cyperaceae	Pimentilla	<i>Cyperus rotundus</i> L.
33	Cyperaceae	Cortadera	<i>Cyperus tenuis</i> Swartz.
34	Cyperaceae	Bortadera	<i>Scleria setuloso-ciliata</i> Boeckeler.
35	Cyperaceae	Barba de indio	<i>Fimbristylis annua</i> (All.)Roem & Schult.
36	Cyperaceae	Fosforito	<i>Fimbristylis miliaceae</i> (L.) Vahl.
37	Cyperaceae	Cortadera	<i>Cypers ferax</i> Rich.
38	Cyperaceae	Cortadera negra	<i>Cyperus niger</i> Ruiz & Pav.
39	Cyperaceae	Estrellia, hierba estrella	<i>Dichromena ciliata</i> Vahl.
40	Euphorbiaceae	Tamarindillo, tripa de pollo, flor escondida	<i>Phyllanthus amarus</i> Thonn.
41	Euphorbiaceae	Falsa cervulaca	<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg.
42	Euphorbiaceae	Croton	<i>Croton hirtus</i> L' Hér.
43	Euphorbiaceae	Lechetrezna, piso	<i>Chamaesyce thymifolia</i> (L.) Millsp.
44	Euphorbiaceae	Flor de pascua	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.

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

Continuación:**Cuadro 2. Malezas asociadas al cultivo de yuca.**

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
45	Euphorbiaceae	Leche leche, lechecilla	<i>Chamaesyce hirta</i> L.
46	Euphorbiaceae	Leche de sapo, lechita	<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millsp.
47	Euphorbiaceae	Hierba miona	<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.
48	Euphorbiaceae	Ortiga	<i>Cnidocolus urens</i> (L.)(L.)Arthur
49	Euphorbiaceae	Caperonia	<i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.
50	Fabaceae	Falsa dormidera, mimosa flor amarillo-rosado	<i>Aeschynomene americana</i> L.
51	Fabaceae	Bejuquilla	<i>Rhynchosia minima</i> (L.)DC.
52	Fabaceae	Oreja de ratón	<i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.)DC.
53	Fabaceae	Orejilla	<i>Desmodium trifolium</i> (L.)DC.
54	Fabaceae	Bejuco,	<i>Calopogonium muconoides</i> Desv.
55	Fabaceae	Trebolito	<i>Chamaescrista kunthiana</i> (Schltdl. & Cham.) H.S. Irwin & Barneby.
56	Fabaceae	Frijolillo	<i>Cassia obtusifolia</i> L.
57	Fabaceae	Dormidera	<i>Mimosa pudica</i> L.
58	Fabaceae	Dormidera de arbusto	<i>Mimosa albida</i> Willd.
59	Fabaceae	Cachito	<i>Acacia collinsii</i> Saff.
60	Fabaceae	Pica pica	<i>Mucuna pruriens</i> (L.)DC.
61	Loganiaceae	Lombricera	<i>Spigelia anthelmia</i> L.
62	Malvaceae	Escobilla	<i>Sida acuta</i> Burmf.
63	Malvaceae	Escobilla	<i>Sida rhombifolia</i> L.
64	Malvaceae	Malva	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.
65	Malvaceae	Malvastrum	<i>Malvastrum americanum</i> (L.)Torr.
66	Malvaceae	Guazimillo	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky.
67	Melastomataceae	Flor del diablo	<i>Rhynchanthera paludicola</i> (Donn. Sm.) Gleason.
68	Menthaceae- Lamiaceae	Pelotilla	<i>Hyptis capitata</i> Jacq.
69	Menthaceae- Lamiaceae	Pelotilla	<i>Hyptis pulegioides</i> H. Pohl ex Benth.
70	Onagraceae	Clavito de agua	<i>Ludwigia linnifolia</i> Vahl.
71	Piperaceae	Hierba de sapo	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) H.B.K.
72	Plantaginaceae	Lechuguilla lila	<i>Stemodia jorullensis</i> Kunth.
73	Poaceae	Paja de zorro, cola de zorro	<i>Andropogon bicornis</i> L.
74	Poaceae	Plumilla, paja de burro, cola de zorro, paja rosada	<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.
75	Poaceae	Manisuris, tuquito, colombiana, cartuchito, paja cartucho falso, paja franco	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton.
76	Poaceae	Equinocloa, hierba azul, mogollona, arrocillo	<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.
77	Poaceae	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.
78	Poaceae	Digitara, paja blanca	<i>Digitaria adscendens</i> (H.B.K) Henr.
79	Poaceae	Hierba de gallina, hierba fina, gramilla, pasto bermuda	<i>Cynodon dactylon</i> Pers.

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 2. Malezas asociadas al cultivo de yuca.

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
80	Poaceae	Pega-pega	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
81	Poaceae	Sorguillo	<i>Sorghum sudanense</i> (Piper.) Stapf.
82	Poaceae	Paja hueso	<i>Sporobolus poeretii</i> (Roem. & Schult.) Hitchc
83	Portulacaceae	Verdeloga	<i>Portulaca oleraceae</i> L.
84	Rubiaceae	Cansa peón	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens & Galleotti) Hemsl.
85	Rubiaceae	Tabaquillo	<i>Spermacoce remota</i> Lam.
86	Rubiaceae	Motilla	<i>Spermacoce verticillata</i> L.
87	Rubiaceae	Falso cansa peón	<i>Richardia scabra</i> L.
88	Scrophulariaceae	Lechuguilla amarilla	<i>Mercadonia procumbens</i> (Mill.) Small.
89	Solanaceae	Topetón, vejigón	<i>Physalis angulata</i> L.
90	Solanaceae	Aruña gato	<i>Solanum siparunoide</i> Ewan.
91	Solanaceae	Friega plato	<i>Solanum torvum</i> Swartz.
92	Sterculiaceae	Escoba morada	<i>Melochia pyramidata</i> (L.)
93	Sterculiaceae	Limpia fuas	<i>Waltheria indica</i> L.
94	Tiliaceae	Escobidilla	<i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.
95	Verbenaceae	Cadillo, pega pega	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.
96	Verbenaceae	Oro azul	<i>Stachytarpheta cayannensis</i> (Rich)Vahl.
97	Verbenaceae	Cinco negritos	<i>Lantana camara</i> L.
98	Violaceae	Falsa lombricera	<i>Hybanthus attenuatus</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Schulze-Menz
99	Zygophyllaceae	Falsa verdolaga, verdolagueta, false purslane	<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hooker & Arnott.

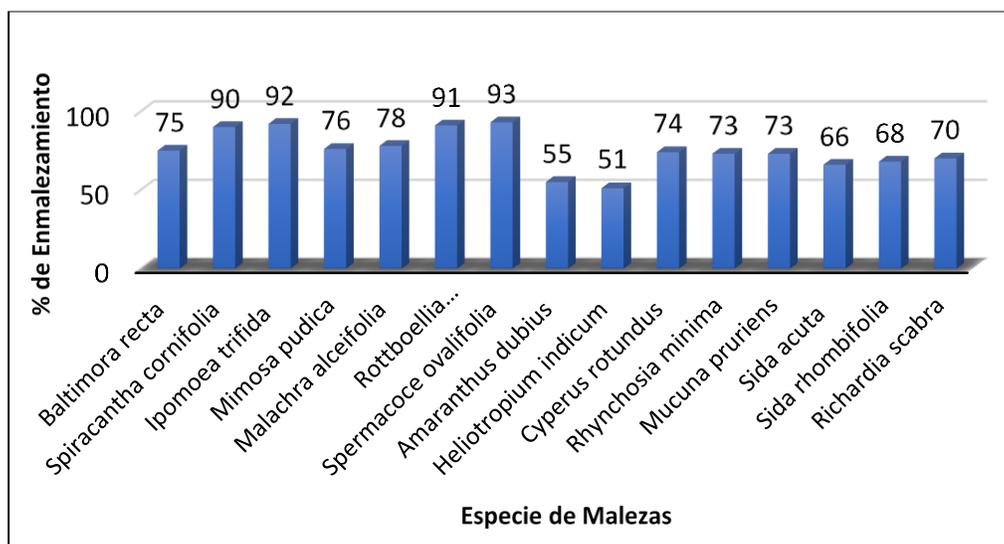


Figura 2. Porcentaje de Enmalezamiento vs Especies de Malezas.



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. Enmalezamiento asociado al cultivo de yuca.

	Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
		6-25 Débil	26-50 Mediano	51-75 Fuerte	76 Muy Fuerte
1	<i>Elytraria imbricata</i> (Lam.) Spreng.	X			
2	<i>Nelsonia canescens</i> Kunth.	X			
3	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.	X			
4	<i>Momordica charantia</i> L.	X			
5	<i>Cucumis melo</i> L.	X			
6	<i>Cyperus tenuis</i> Swartz.	X			
7	<i>Cyperus ferax</i> Rich.	X			
8	<i>Fimbristylis annua</i> (All.) Roem & Schult.	X			
9	<i>Bernardia sidoides</i> (Klotzsch) Müll. Arg.	X			
10	<i>Chamaesyce thymifolia</i> (L.) Millsp.	X			
11	<i>Chamaesyce hirta</i> L.	X			
12	<i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millsp.	X			
13	<i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.	X			
14	<i>Cnidocolus urens</i> (L.) (L.) Arthur	X			
15	<i>Aeschynomene americana</i> L.	X			
16	<i>Calopogonium muconoides</i> Desv.	X			
17	<i>Chamaescrista kunthiana</i> (Schltdl. & Cham.) H.S. Irwin & Barneby.	X			
18	<i>Cassia obtusifolia</i> L.	X			
19	<i>Mimosa albida</i> Willd.	X			
20	<i>Acacia collinsii</i> Saff.	X			
21	<i>Spermacoce remota</i> Lam.	X			
22	<i>Mercadonia procumbens</i> (Mill.) Small.	X			
23	<i>Solanum siparunoide</i> Ewan.	X			
24	<i>Solanum torvum</i> Swartz.	X			
25	<i>Melochia pyramidata</i> (L.)	X			
26	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.	X			
27	<i>Hybanthus attenuatus</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Schulze-Menz	X			
28	<i>Spigelia anthelmia</i> L.	X			
29	<i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torr.	X			
30	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky.	X			
31	<i>Rhynchanthera paludicola</i> (Donn. Sm.) Gleason.	X			
32	<i>Hyptis pulegioides</i> H. Pohl ex Benth.	X			
33	<i>Peperomia pellucida</i> (L.) H.B.K.	X			
34	<i>Stemodia jorullensis</i> Kunth.	X			
35	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	X			
36	<i>Digitaria adscendens</i> (H.B.K.) Henr.	X			
37	<i>Sorghum sudanense</i> (Piper.) Stapf.	X			
38	<i>Sporobolus poeretii</i> (Roem. & Schult.) Hitchc	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/)

Continuación:

Cuadro 3. Enmalezamiento asociado al cultivo de yuca.

Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
	6-25 Débil	26-50 Mediano	51-75 Fuerte	76 Muy Fuerte
39 <i>Achyranthes indica</i> (L.) Mill.	X			
40 <i>Asclepias curassavica</i> L.	X			
41 <i>Eleutheranthera rudelaris</i> (Swartz) Schultz-Bip.	X			
42 <i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.)DC.	X			
43 <i>Chrysanthellum americanum</i> var. <i>Integrifolium</i> (Steetz) Alexande.r. (Steetz) Alexander	X			
44 <i>Acmella alba</i> (L' Hér.) R.K. Jansen.	X			
45 <i>Batocypdia unguis</i> (L).Mart.	X			
46 <i>Heliotropium fruticosum</i> L.	X			
47 <i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	X			
48 <i>Ruellia inundata</i> (Vahl.) Persoon		X		
49 <i>Amaranthus spinosus</i> L.		X		
50 <i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze.		X		
51 <i>Prestonia excerta</i> (A.DC.), Standl.		X		
52 <i>Tridax procumbens</i> L.		X		
53 <i>Pectis elongata</i> var. <i>oerstediana</i> (Rydb.) D.J. Keil		X		
54 <i>Emilia sonchifolia</i> (L) DC.		X		
55 <i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.		X		
56 <i>Murdannia nudiflora</i> (L).Brenam.		X		
57 <i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meisn.		X		
58 <i>Evolvulus convolvuloides</i> (Willd. ex Shult) Stearn		X		
59 <i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier F.		X		
60 <i>Scleria setuloso-ciliata</i> Boeckeler.		X		
61 <i>Fimbristylis miliaceae</i> (L.) Vahl.		X		
62 <i>Cyperus niger</i> Ruiz & Pav.		X		
63 <i>Dichromena ciliata</i> Vahl.		X		
64 <i>Phyllanthus amarus</i> Thonn.		X		
65 <i>Croton hirtus</i> L' Hér.		X		
66 <i>Chamaesyce heterophylla</i> L.		X		
67 <i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.		X		
68 <i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.)DC.		X		
69 <i>Desmodium trifolium</i> (L.)DC.		X		
70 <i>Hyptis capitata</i> Jacq.		X		
71 <i>Ludwigia linnifolia</i> Vahl.		X		
72 <i>Andropogon bicornis</i> L.		X		
73 <i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beaur.		X		
74 <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.		X		
75 <i>Cynodon dactylon</i> Pers.		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/)

Continuación:**Cuadro 3. Enmalezamiento asociado al cultivo de yuca.**

	Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
		6-25 Débil	26-50 Mediano	51-75 Fuerte	76 Muy Fuerte
76	<i>Cenchrus echinatus</i> L.		X		
77	<i>Portulaca oleraceae</i> L.		X		
78	<i>Spermacoce verticillata</i> L.		X		
79	<i>Physalis angulata</i> L.		X		
80	<i>Waltheria indica</i> L.		X		
81	<i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.		X		
82	<i>Stachytarpheta cayannensis</i> (Rich)Vahl.		X		
83	<i>Lantana camara</i> L.		X		
84	<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hooker & Arnott.		X		
85	<i>Amaranthus dubius</i> Mart.			X	
86	<i>Heliotropium indicum</i> L.			X	
87	<i>Cyperus rotundus</i> L.			X	
88	<i>Rhynchosia minima</i> (L.)DC.			X	
89	<i>Mucuna pruriens</i> (L.)DC.			X	
90	<i>Sida acuta</i> Burmf.			X	
91	<i>Sida rhombifolia</i> L.			X	
92	<i>Richardia scabra</i> L.			X	
93	<i>Baltimora recta</i> L.				
94	<i>Spiracantha cornifolia</i> Kunth.				X
95	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G.Don.				X
96	<i>Mimosa pudica</i> L.				X
97	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.				X
98	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.)Clayton.				X
99	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens & Galleotti) Hemsl.				X

El índice de Shannon- Wiener resultó de 4,5 que denota alta variabilidad y un alto número de individuos por especie. El índice de Simpson (0,98) dio una biodiversidad muy alta, ya que estos valores se encuentran en un rango del 0 a 1 en donde más cercano a uno la diversidad será mayor.

Los lugares donde se realizaron los muestreos fueron entre 94 y 183 msnm, y tienen características edafoclimáticas muy parecidas. Esto es un indicativo que la biodiversidad de las especies puede deberse al manejo agronómico de las malezas que realice cada agricultor. Sin embargo, las fincas 1, 2 y 3 tienen mayor número de familias y especies que el resto (Cuadro 4).



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

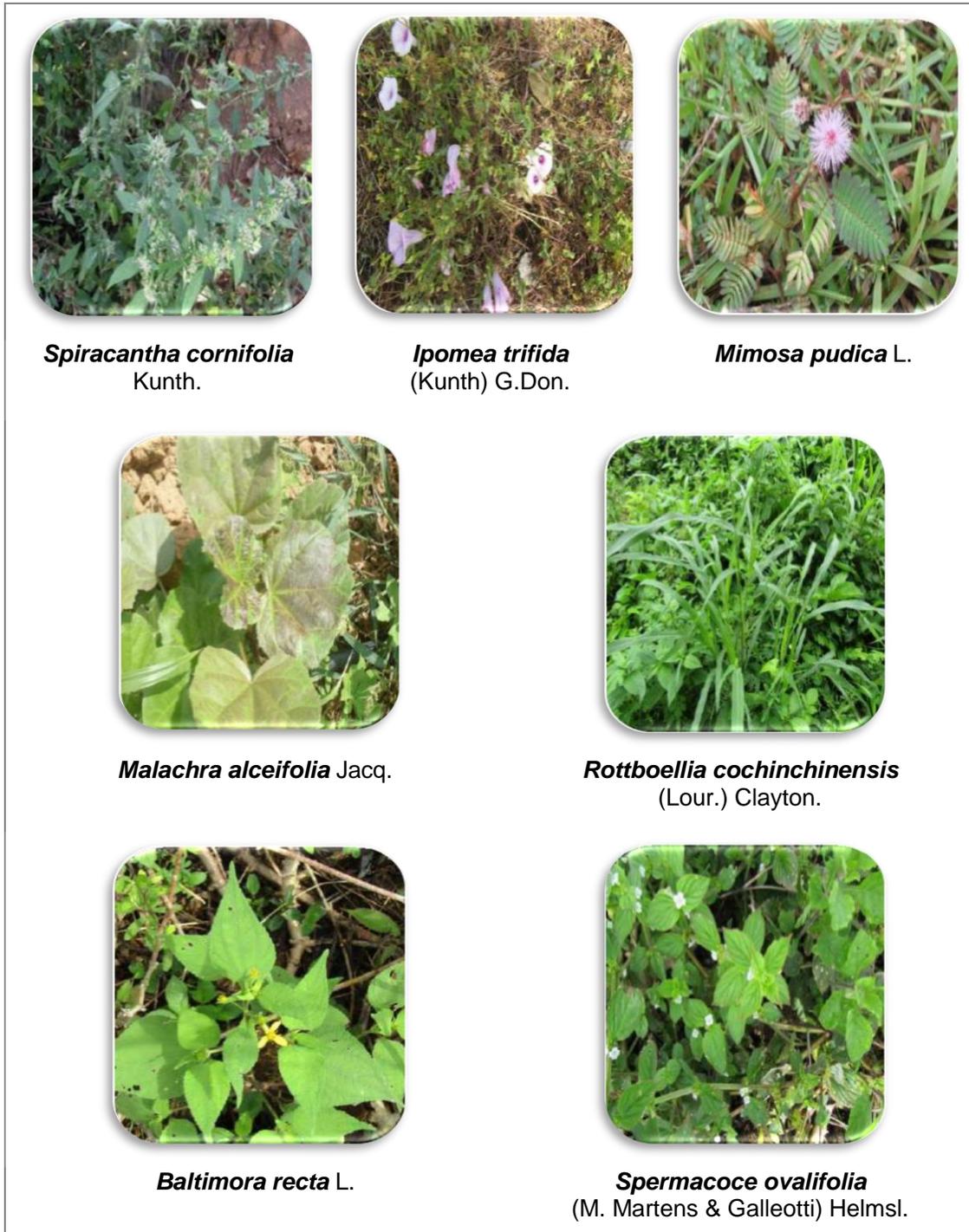


Figura 3. Especies con muy fuerte Enmalezamiento.



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. Especies con fuerte enmalezamiento.



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

Cuadro 4. Resumen taxonómico y diversidad de los muestreos realizados en las fincas de estudio.

No. Finca	Familias	No. de especies
1	23	58
2	22	52
3	24	62
4	18	33
5	18	39
6	17	40
7	9	18
8	8	14
9	16	26
10	19	30

Obsérvese que el componente 1 (fuerte enmalezamiento) es el que tiene mayor porcentaje de varianza, se puede afirmar que a mayor grado de enmalezamiento mayor porcentaje de varianza, igualmente se dio en los componentes 2, 3, y 4 respectivamente (Figura 5).

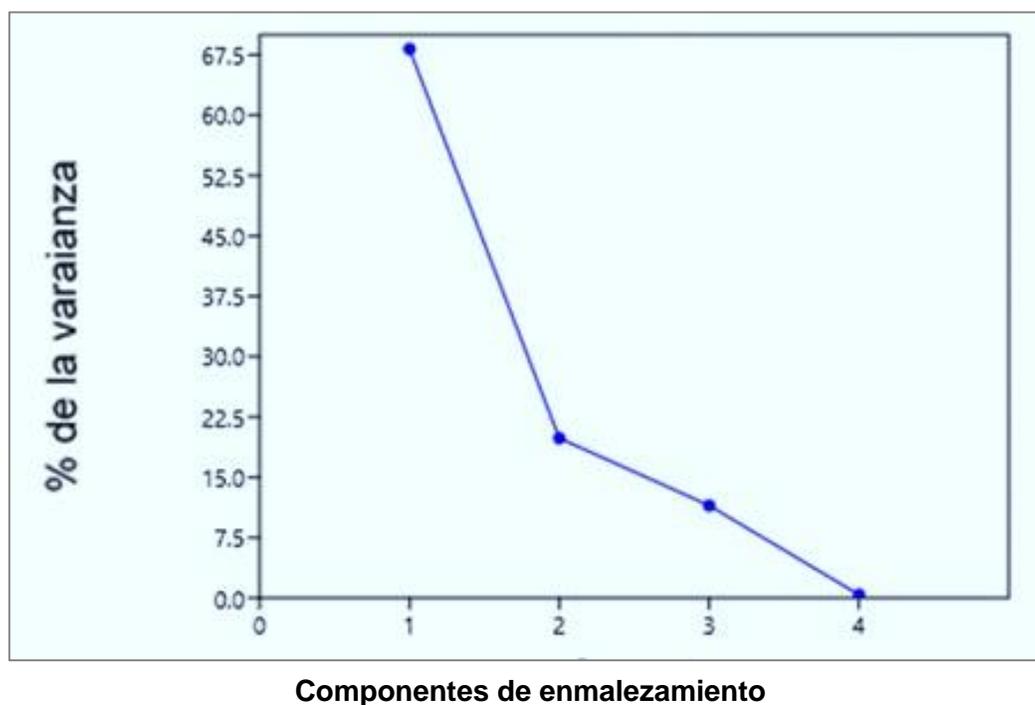


Figura 5. Relación de porcentaje (%) de la varianza en cada componente del enmalezamiento asociado al cultivo de yuca.



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

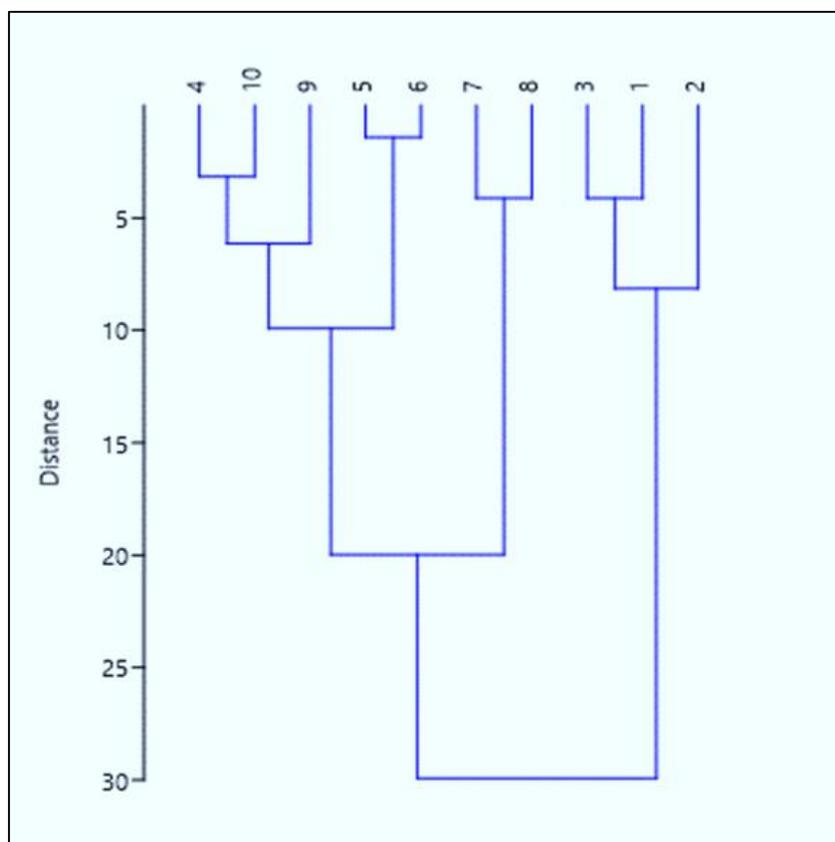


Figura 6. Coeficiente de similaridad de Morisita-Horn que muestra la relación de las familias entre las especies en las fincas muestreadas.

Los tres grupos ambientales que se forman (Figura 6) a una distancia de poco más de 10 se debe a que en las fincas (4, 5, 6, 9 y 10) el número de familias está entre 16 y 19 y la cantidad de especies por familia es de 30 a 45, se asociaron porque tenían estas características en común. En referencia al otro grupo ambiental que se da a una distancia ligeramente por encima de 20, es porque la cantidad de familias en las fincas (7 y 8) va de 8 a 9 y el número de especies por familia de 14 a 18, por este motivo se unieron. El tercer grupo ambiental se asoció en la distancia de 30, debido que en las fincas (1, 2, y 3) el número de familias va de 22 a 24 y el número de especies por familia es de 52 a 62 (Cuadro 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/)

CONCLUSIONES

- La presente investigación muestra uniformidad con relación a los resultados de los índices de Shannon-Wiener y Simpson siendo coherente y reiterativo la gran biodiversidad de las especies.
- La riqueza caracterizada de la zona de estudio fue de 30 familias con 84 géneros y 99 especies.

REFERENCIAS

- Banco de Desarrollo Agropecuario. (2016). Gaceta Oficial N^o 28036. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28036_C/56095.pdf
- Cardenal, Z. C., Torres, D. F., Dotor, M. Y., y Morillo, A. C. (2016). Caracterización del banco activo de semillas en cultivos de zanahoria del municipio de Villa Pinzón (Cundinamarca). <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v19n2/v19n2a06.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). Cassava production statistics. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QC>
- Guzmán, R., Hernández, V., Salas, M. D., y Núñez, H. G. (2022). Diversidad de especies de plantas arvenses en tres monocultivos del Bajío, México. Polibotánica no.53. México. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682022000100069
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2015-2024). Proyecto Red Agroclimática. Grupo de investigación. https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion_agroclimatica_para_mejorar_la_sostenibilidad_del_agronegocio_en_Azuero/
- Juárez, A., Herrera, N., Martínez, J. L., y Umaña, M. (2016). Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México. Rev. Iberoamericana de las



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

Ciencias Biológicas y Agropecuarias pp 1-20.
<https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/58>

Magurran, A. E. (1988). Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey. 179 p.

[https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+\(1988\).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.+179+p.&ots=dapgTnMuCI&sig=FiA4NCwS0L55KP_ccmApzK3oR_k#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pa/books?hl=es&lr=&id=X7b7CAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=Magurran,+A.+E.+(1988).+Ecological+diversity+and+its+measurement.+Princeton+University+Press,+New+Jersey.+179+p.&ots=dapgTnMuCI&sig=FiA4NCwS0L55KP_ccmApzK3oR_k#v=onepage&q&f=false)

Magurran, A. (2004). Measuring Biological Diversity: Blackwell Science LTD, Australia, 256-256.

<https://www.google.com/search?q=Measuring+Biological+Diversity+A.+MAGURRAN+Measuring+Biological+Diversity%3A+256-256%2C+Blackwell+Science+LTD%2C+Australia%2C+200&og=Measuring+Biological+Diversity+A.+MAGURRAN+Measuring+Biological+Diversity%3A+256-256%2C+Blackwell+Science+LTD%2C+Australia%2C+200&aqs=chrome.69i57.2142j0j15&sourceid=chrome&ie=UTF-8>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario. (2016). Dirección de Agricultura.

<https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/08/2015-2016-CIERRE.pdf>

Miranda, I. (2011). Estadística Aplicada a la Sanidad Vegetal, Inst. Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria (CENSA), folleto, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 173 p.

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542022000100010

Mostacedo, B., y Fredericksen, T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología vegetal, Missouri Botanical Garden library Estados Unidos Santa Cruz de la Sierra – Bolivia pp 87. <https://www.studocu.com/ec/document/universidad-estatal->



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

[amazonica/teoria-y-tecnicas-de-muestreo/mostacedo-2000-ecologia-vegetal-y-tecnicas-de-muestreo/16000069](#)

Peña, D. (2002). Análisis de datos multivariados. Madrid. McGraw Hill.

[https://www.researchgate.net/profile/Daniel-](https://www.researchgate.net/profile/Daniel-Pena/publication/40944325_Analisis_de_Datos_Multivariantes/links/549154880cf214269f27ffae/Analisis-de-Datos-Multivariantes.pdf)

[Pena/publication/40944325_Analisis_de_Datos](#)

[Multivariantes/links/549154880cf214269f27ffae/Analisis-de-Datos-Multivariantes.pdf](#)

Restrepo, L., Posada, S., y Noguera, R. (2012). Aplicación del análisis por componentes principales en la evaluación de tres variedades de pasto. *Rev Colomb Cienc Pecu*, 25,258–266 http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-06902012000200011

Santos, H. (2004). Malezas comunes de El Salvador. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. 9 p. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/1673/1/13101231.pdf>

Silva, F. M. L., de Abreu, M. L., Brachtvogel, E. L., Curcelli, F., Gimenes, M. J., y Da Costa Lara, A. C. (2009). Moléculas de herbicidas seletivos à cultura da mandioca. *Rev. Tróp. Cie. Agra. Biol.* 3(2), 61-72.

<https://periodicoseletronicos.ufma.br/index.php/ccaatropica/article/view/42/27>

Storkey, J., y Neve, P. (2018). What good is weed diversity? *Weed Research*, 58, 239-243.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/wre.12310>

AGRADECIMIENTOS

A los productores de las provincias de Herrera y Veraguas y a los colaboradores del IDIAP Ing. Aurisbel Ávila (Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero. Ingeniero Germán De León (CIAAz)) y al Agr. Julio Concepción (Subcentro de Ocú).



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

COMUNIDAD DE HYMENOPTERA ASOCIADOS A AGROECOSISTEMAS HORTÍCOLAS EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ¹

**Rubén D. Collantes G.²; Javier E. Pittí C.³; Ruth J. Del Cid A.⁴;
Alonso Santos-Murgas⁵; Randy Atencio V.⁶; José A. Lezcano B.⁷**

RESUMEN

El Orden Hymenoptera es uno de los grupos más diversos de insectos, desempeñando múltiples funciones en el ecosistema. Sin embargo, también son vulnerables a la acción de plaguicidas de síntesis utilizados frecuentemente en cultivos de papa, cebolla y hortalizas de hoja en Cerro Punta, distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, Panamá. El objetivo del presente estudio fue identificar la comunidad de Hymenoptera asociados a estos agroecosistemas hortícolas. Para ello, como propuesta de evaluación se realizaron recorridos periódicos en campo desde julio de 2019 hasta enero de 2023, hasta completar el avistamiento de 100 especímenes de Hymenoptera. Se registraron las especies vegetales asociadas a estos taxa y se realizó un análisis de regresión lineal entre el número de especies de plantas asociadas y el número de avistamientos por taxón. Se aplicó el índice de Simpson, para estimar la diversidad de Hymenoptera. Según los resultados, se encontró un total de 14 taxa, predominando *Apis mellifera* L. (Apidae) (36%), seguida de los géneros *Cryptanura* (Ichneumonidae) (10%) y *Pepsis* (Pompilidae) (8%); se registró por primera vez en Cerro Punta la presencia del género *Pseudometoca* (Mutillidae) y se encontraron más de 17 especies vegetales asociadas a Hymenoptera. El análisis de regresión lineal tuvo un coeficiente de determinación (R^2) de 0,88 y el índice de diversidad de Simpson fue de 0,84. En conclusión, la comunidad de Hymenoptera asociada a cultivos hortícolas en Cerro Punta está constituida por al menos 14 taxa relacionadas con más de 17 especies vegetales y *A. mellifera* fue la especie dominante.

Palabras clave: Abejas, avispas, cebolla, hortalizas, papa.

¹Recepción: 13 de junio de 2023. Aceptación: 02 de noviembre de 2024. Proyectos IDIAP: Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol Aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas. Investigación e Innovación Apícola en Panamá.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Ph.D. Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

³IDIAP, Ph.D. Biología de Organismos. e-mail: pittjavier28@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

⁴IDIAP, M.Sc. Ciencias Ambientales. e-mail: ruthdelcida07@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7917-7663>

⁵Universidad de Panamá, Ph.D. Biología. e-mail: santosmurgasa@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

⁶IDIAP, Ph.D. Entomología. e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

⁷IDIAP, M.Sc. Parasitología Agrícola. e-mail: josealb53@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8867-7192>



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

HYMENOPTERA COMMUNITY ASSOCIATED WITH HORTICULTURAL AGROECOSYSTEMS IN CERRO PUNTA, CHIRIQUI, PANAMA

ABSTRACT

Order Hymenoptera is one of the most diverse groups of insects, performing multiple functions in the ecosystem. However, they are also vulnerable to the action of synthetic pesticides frequently used in potato, onion and leafy vegetable crops in Cerro Punta, Tierras Altas District, Chiriqui Province, Panama. The aim of this study was to identify the Hymenoptera community associated with these horticultural agroecosystems. For this, as evaluation proposal periodic field trips were made from July 2019 to January 2023, until completing the sighting of 100 Hymenoptera specimens. Plant species associated with these taxa were recorded and a linear regression analysis was performed between the number of associated plant species and the number of sightings per taxon. The Simpson index was applied to estimate the Hymenoptera diversity. According to the results, a total of 14 taxa were found, predominantly *Apis mellifera* L. (Apidae) (36%), followed by genera *Cryptanura* (Ichneumonidae) (10%) and *Pepsis* (Pompilidae) (8%); the presence of the genus *Pseudometoca* (Mutillidae) was recorded for the first time in Cerro Punta and more than 17 plant species associated with Hymenoptera were found. The linear regression analysis had a coefficient of determination (R^2) of 0.88 and the Simpson diversity index was 0.84. In conclusion, the Hymenoptera community associated with horticultural crops in Cerro Punta is made up of at least 14 taxa related to more than 17 plant species, and *A. mellifera* was the dominant species.

Key words: Bees, horticultural crops, onion, potato, wasps.

INTRODUCCIÓN

El Orden Hymenoptera es uno de los grupos más diversos de la Clase Insecta, estimándose 160 mil especies descritas en el planeta (Fernández y Pujade-Villar, 2015). En lo referente a las abejas (Apoidea), se estiman entre 20 mil y 40 mil especies existentes, incluidas en unos 443 géneros y siete familias, clasificándose según su forma de vida en solitarias (eusociales y parasociales) y cleptoparasitas (Martínez-Puc y Merlo-Maydana, 2014).

Este orden comprende insectos polinizadores, depredadores y parasitoides, los cuales impactan positivamente y contribuyen con la seguridad alimentaria (Atencio et al., 2023). Sin embargo, estos organismos confrontan problemas derivados de la acción



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

antrópica como la deforestación, el cambio de uso de suelos y la contaminación ambiental (Martínez-Puc y Merlo-Maydana, 2014). Sumado a lo anterior, el desarrollo de la agricultura convencional, altamente dependiente de insumos externos, incrementa el costo productivo y energético, degrada el suelo y agrava el cambio climático (Friedrich, 2014).

En respuesta a ello, Panamá está desarrollando iniciativas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+I), orientadas a contribuir con el logro de la Agenda 2030 y con los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2022; Naciones Unidas en Panamá, 2023). Por otro lado, en Cerro Punta, provincia de Chiriquí, una de las principales zonas de producción hortícola en Panamá, aún persiste el manejo convencional altamente dependiente del uso de plaguicidas de síntesis, lo cual compromete la sostenibilidad de estos medios de vida (Herrera et al., 2021).

Dichos agroecosistemas tienen potencial de lograr ser sostenibles, dado que algunos productores están apostando por la diversificación productiva y la implementación de un manejo agronómico orientado hacia la conservación del suelo y el manejo integrado de plagas (MIP) (Collantes et al., 2022a). Todo ello contribuye con la resiliencia del agroecosistema, permitiendo aprovechar la biodiversidad funcional y los servicios ecosistémicos (Fortín y González, 2022).

Guzmán-Mendoza et al. (2016), señalaron que, debido al creciente interés en la restauración ecológica y en modelos de desarrollo sostenible, los insectos son un excelente punto de partida para elaborar propuestas de desarrollo que respondan a las necesidades de la sociedad. El objetivo del presente estudio fue identificar la comunidad de Hymenoptera asociados a agroecosistemas hortícolas en Cerro Punta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se desarrolló en la localidad de Cerro Punta, distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, República de Panamá; específicamente en la Estación Experimental del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) (8°51'14,50" N 82°34'16,31" O, 1952 msnm) (Figura 1), la cual cuenta con un área



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

aproximada de 3 ha con cultivos y vegetación silvestre. El clima es tropical de altura, con temperaturas menores a 18° C (Figura 2) y época seca durante el primer semestre entre enero y abril (Biblioteca Nacional de Panamá, 2019).

Fase de campo: El trabajo es de naturaleza conservacionista, descriptiva, exploratoria y transversal; similar a lo desarrollado previamente por Collantes et al. (2022b). Desde julio de 2019 hasta enero de 2023 (siete semestres), se realizaron 40 recorridos aleatorios en campo (seis por semestre), hasta haber avistado un total de 100 especímenes de Hymenoptera, registrados mediante libreta de campo y un smartphone con cámara de 13 MP; complementariamente se recolectaron algunos especímenes para su posterior confirmación en el laboratorio. Esta metodología ha sido propuesta por los autores del estudio, en aras de no comprometer los servicios ecosistémicos brindados por los taxa estudiados. Se revisaron parcelas con cultivos de papa, cebolla, camote, hortalizas de hoja y vegetación aledaña como cercas vivas, frutales y plantas silvestres.

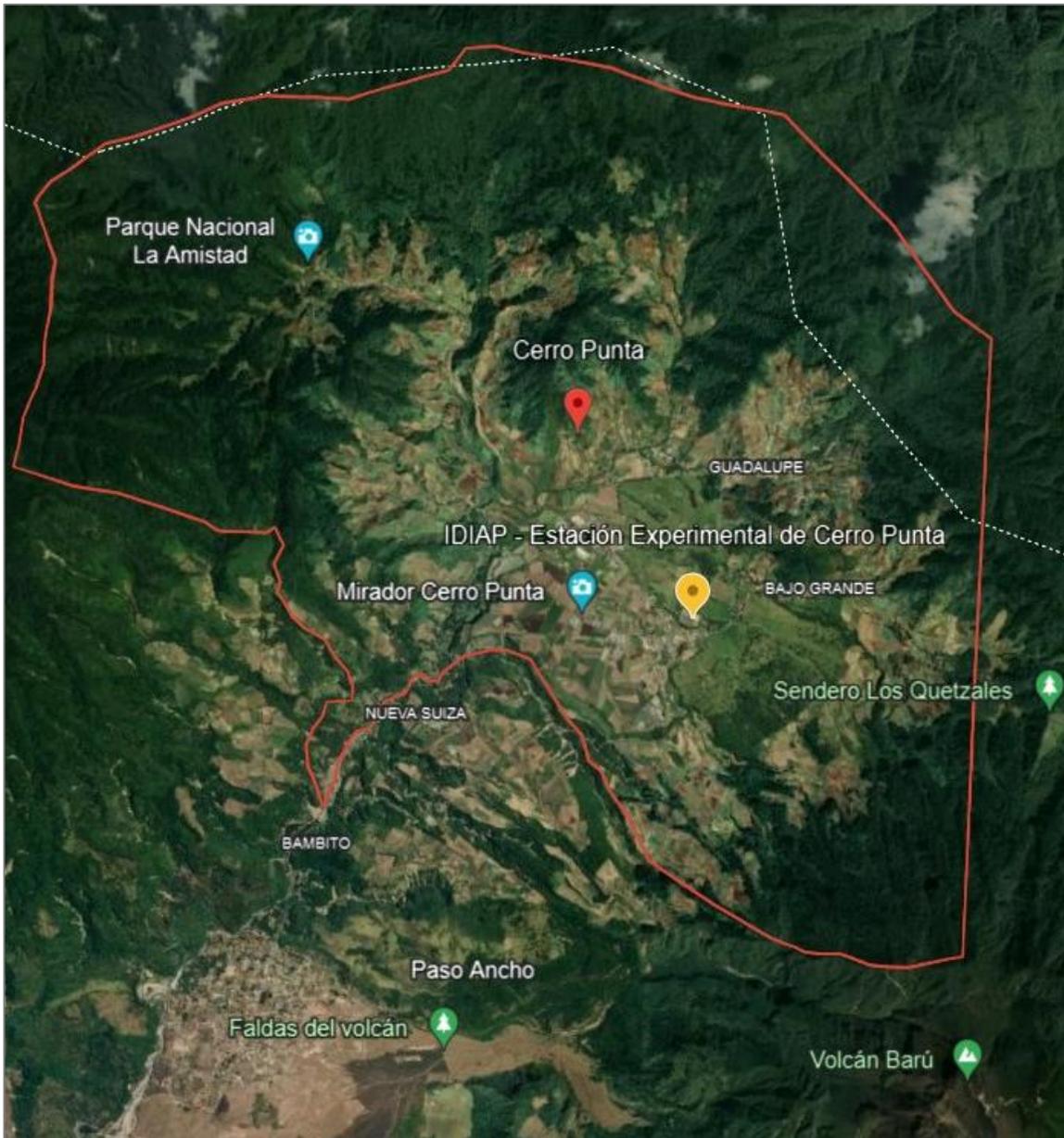
Fase de laboratorio: Los especímenes colectados fueron llevados al laboratorio para su identificación mediante el apoyo de un estereoscopio y literatura especializada (Hanson y Gauld, 2006; Iowa State University, 2023; Smithsonian Tropical Research Institute, 2023). Se remitieron parte de las muestras al Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá, para contar con el apoyo de especialistas. Los datos registrados se analizaron mediante el programa Microsoft Excel. Las variables de interés fueron superfamilia, familia, especie, vegetación asociada, hábito y número de avistamientos. Se realizó una regresión lineal, entre el número de especies vegetales y los avistamientos por taxón. Se calculó el índice de diversidad de Simpson mediante la siguiente ecuación:

$$S_i = 1 - \sum_{i=1}^S \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

Donde N es la población total de artrópodos encontrados, n_i es la población encontrada por especie, S el número de especies encontradas.



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

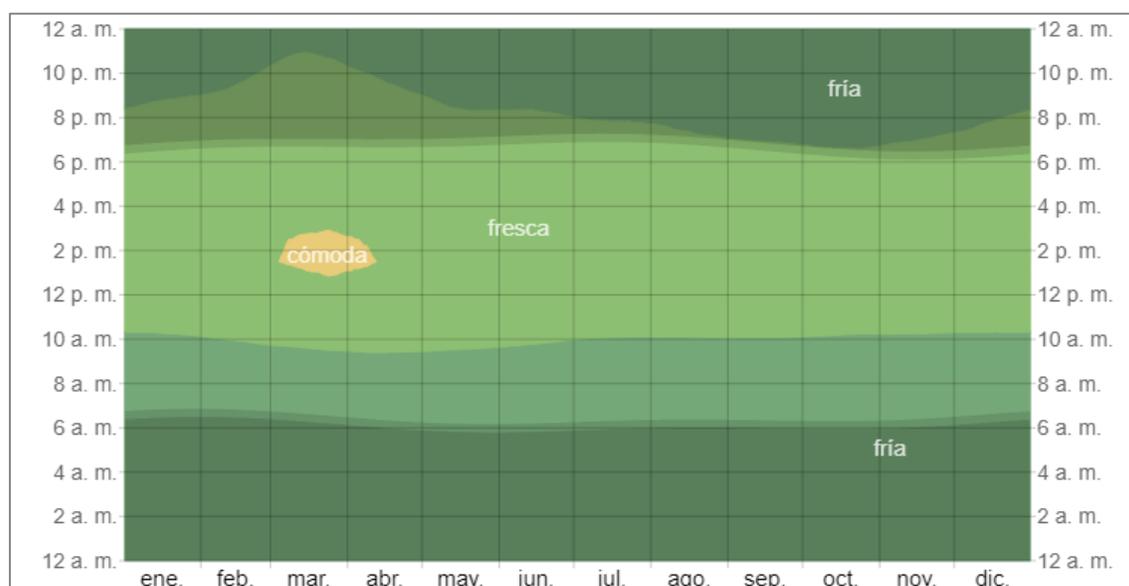


Fuente: Google Earth (2023).

Figura 1. Área de estudio: Corregimiento de Cerro Punta (rojo) y Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta (amarillo).



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



Muy Fría = 7° C; Fría = 13° C; Fresca = 18° C; Cómoda = 24° C

Fuente: Weather Spark (2023).

Figura 2. Temperatura promedio por hora en Cerro Punta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron 14 taxa de Hymenoptera (Cuadro 1), predominando la especie *Apis mellifera* L. (Apidae) con 36 avistamientos (36%), seguida de especímenes de los géneros *Cryptanura* (Ichneumonidae) con 10%, *Pepsis* (Pompilidae) con 8% y se observaron más de 17 especies vegetales asociadas a este Orden (Figura 3). El Semestre 2019-II (época lluviosa) fue el periodo con más avistamientos (24) y el Semestre 2020-I (época seca) el periodo con menos (5) (Figura 4). Se encontró hábitos polinizadores (49%), parasitoides (44%) y depredadores (7%) (Cuadro 2). Se registró por primera vez para Cerro Punta el género *Pseudometoca* (Mutillidae) (Figura 5); grupo que comparte mimetismo mulleriano con otros insectos como los escarabajos tigre (Coleoptera: Cicindelidae) (Schultz y Puchalski, 2001).

Respecto al análisis de regresión lineal, se encontró una buena relación entre el número de especies vegetales y el número de avistamientos por taxón, con un coeficiente de determinación (R^2) de 0,88 (Figura 6). Se estimó el índice de diversidad de Simpson en 0,84 (Cuadro 3); lo cual reflejaría la dominancia de por lo menos una especie de Hymenoptera en el agroecosistema productivo de hortalizas en Cerro Punta; que en este caso sería *A. mellifera*.



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. Hymenoptera asociados a cultivos hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá y plantas asociadas.

Superfamilia	Familia	Taxón	PA*	No. PA	Obs.	HB**
Proctotrupeoidea	Pelecinidae	<i>Pelecinus polyturator</i>	<i>Ib, Cl, Fo, Tm</i>	4	7	Par
	Braconidae	<i>Bracon</i>	<i>Pp, Cl, VS</i>	3	3	Par
Ichneumonoidea	Ichneumonidae	<i>Cryptanura</i>	<i>Pp, Cl, Td</i>	3	10	Par
		<i>Enicospilus 1</i>	<i>Pp, Cl</i>	2	4	Par
		<i>Enicospilus 2</i>	<i>Pp, Cl</i>	2	3	Par
	Mutillidae	<i>Pseudometoca</i>	<i>Ac, Boc</i>	2	2	Par
Vespoidea	Pompilidae	<i>Pepsis</i>	<i>GR, Cl, VS</i>	3	8	Par
	Tiphidae	<i>Tiphia</i>	<i>Ca, Cl, Rb, VS</i>	4	7	Par
	Vespidae	<i>Polybia</i>	<i>Pp, Td, Ib</i>	3	7	Dep
Apoidea	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	<i>Pp, Td, Sr, Cl, St, Rb, Ls, VS</i>	8	36	Pol
		<i>Bombus 1</i>	<i>Pp, Clim, Ap</i>	3	5	Pol
		<i>Bombus 2</i>	<i>Clim, Ej, VS</i>	3	3	Pol
	Halictidae	Halictidae 1	<i>Pp, VS</i>	2	1	Pol
	Halictidae 2	<i>Rb, VS</i>	2	4	Pol	
Total	9	14	> 17	44	100	3

*PA = Plantas Asociadas. *Ib* = *Ipomoea batatas*; *Cl* = *Cupressus lusitanica*; *Fo* = *Faramea occidentalis*; *Tm* = *Tropaeolum majus*; *Pp* = *Physalis peruviana*; *VS* = Vegetación Silvestre; *Td* = *Tithonia diversifolia*; *Ac* = *Allium cepa*; *Boc* = *Brassica oleracea* var. *Capitata*; *GR* = Grass; *Ca* = *Coffea arabica*; *Rb* = *Rubus* sp.; *Sr* = *Salvia rosmarinus*; *St* = *Solanum tuberosum*; *Ls* = *Lactuca sativa*; *Clim* = *Citrus x limonia*; *Ap* = *Arachis pintoii*; *Ej* = *Eriobotrya japonica*.

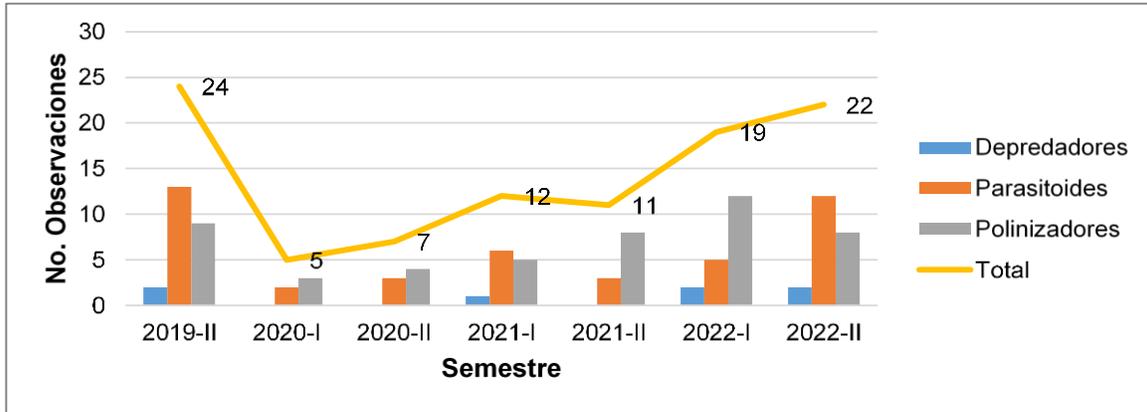
**HB = Hábito; Par = Parasitoide; Dep = Depredador; Pol = Polinizador.



Figura 3. Taxa de Hymenoptera en Cerro Punta: A) *Cryptanura* (Ichneumonidae); B) *Pepsis* (Pompilidae); C) *Polybia* (Vespidae); D) *A. mellifera* (Apidae); E) *Bombus* (Apidae).



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



*Época lluviosa = 2019-II, 2020-II, 2021-II y 2022-II; Época seca = 2020-I, 2021-I y 2022-I.

Figura 4. Distribución temporal de hábitos de Hymenoptera en Cerro Punta*.

Cuadro 2. Hymenoptera observados por semestre en Cerro Punta.

Taxón	2019-II	2020-I	2020-II	2021-I	2021-II	2022-I	2022-II	Total
<i>Pelecinus polyturator</i>	1				1		5	7
<i>Bracon</i> sp.	2	1						3
<i>Cryptanura</i> sp.	2		1	2	2		3	10
<i>Enicospilus</i> 1	2	1					1	4
<i>Enicospilus</i> 2	1		1	1				3
<i>Pseudometoca</i>				1			1	2
<i>Pepsis</i>	3		1	1		2	1	8
<i>Tiphia</i>	2			1		3	1	7
<i>Polybia</i>	2			1		2	2	7
<i>Apis mellifera</i>	6	3	4	3	8	5	7	36
<i>Bombus</i> 1	1					4		5
<i>Bombus</i> 2				2		1		3
Halictidae 1	1							1
Halictidae 2	1					2	1	4
Total	24	5	7	12	11	19	22	100



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. Género *Pseudometoca* (Hymenoptera: Mutillidae) en parcela de *Allium cepa*: A) Especimen recolectado; B) Vista lateral; C) Vista dorsal; D) Vista ventral.

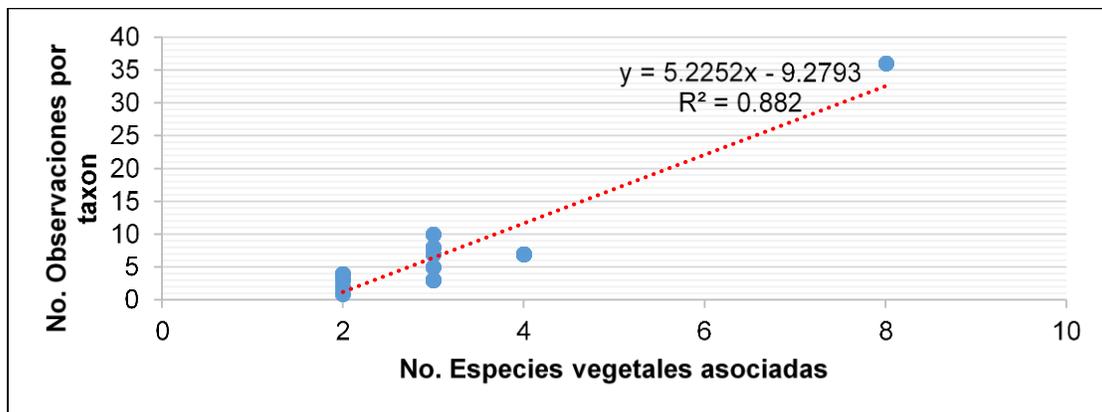


Figura 6. Regresión lineal entre el número de especies vegetales asociadas y el número de observaciones por taxon de Hymenoptera en Cerro Punta.

De acuerdo con Fernández (2022), el Orden Hymenoptera está representado en el Neotrópico por 26 superfamilias, 92 familias, 3162 géneros y cerca de 33 640 especies; con lo cual, lo encontrado en Cerro Punta representaría cerca del 15,4% de las superfamilias y el 9,8% de las familias conocidas; además del 0,4% de géneros y 0,04% de especies reconocidas. Según investigaciones desarrolladas previamente en el área de estudio, el Orden Hymenoptera representó entre el 25,9% y 31,6% de los taxa de insectos y otros artrópodos asociados a cercas vivas y cultivos de traspatio (Collantes y Pittí, 2019; Collantes et al., 2022b). Vale recordar que el estudio es de-identificación y conservación, por lo que de haberse ocupado otros métodos de colecta (directa e indirecta), estos valores podrían ser diferentes.



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

Cuadro 3. Cálculo del índice de diversidad de Simpson (S_i).

Taxón	Frecuencia (n_i)	$n_i (n_i - 1)$	$n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$	S_i
<i>Pelecinus polyturator</i>	7	42	0,004	
<i>Bracon</i>	3	6	0,001	
<i>Cryptanura</i>	10	90	0,009	
<i>Enicospilus 1</i>	4	12	0,001	
<i>Enicospilus 2</i>	3	6	0,001	
<i>Pseudometoca</i>	2	2	0,000	
<i>Pepsis</i>	8	56	0,006	
<i>Tiphia</i>	7	42	0,004	1 – 0,161
<i>Polybia</i>	7	42	0,004	
<i>Apis mellifera</i>	36	1260	0,127	
<i>Bombus 1</i>	5	20	0,002	
<i>Bombus 2</i>	3	6	0,001	
Halictidae 1	1	0	0,000	
Halictidae 2	4	12	0,001	
Total	100	1596	0,161	0,839

Rojo = Especie dominante.

Lo señalado previamente reafirma la importancia del Orden Hymenoptera en los agroecosistemas por los múltiples roles que desempeñan, pero la predominancia de *A. mellifera*, reflejada en el índice de Simpson calculado de 0,84, es consecuencia de la intervención continua e intensiva del ser humano. Agüero et al. (2018), manifestaron que, *A. mellifera* contribuye con la polinización de especies vegetales cultivadas y silvestres, pero puede alterar las redes de interacción abejas nativas-plantas silvestres al competir por recursos, actuando como agente de selección y pudiendo transmitir patógenos a especies silvestres. Collantes et al. (2022b), obtuvieron un índice de diversidad de Simpson de 0,946 (alto), porque se consideraron más taxa (artrópodos en general), con lo cual se puede decir que, mientras más específico sea un estudio sobre biodiversidad, dicho sesgo podría reflejar una diversidad menor a la real.

Si bien la clasificación de hábitos se realizó en función del rol principal que desempeñan determinados taxa, las avispas tanto depredadoras como parasitoides pueden contribuir con la polinización, porque los especímenes adultos se alimentan del néctar de flores (Vanoye-Eligio et al., 2019). Por otro lado, al comparar los semestres



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

durante los cuales se realizaron las observaciones del presente estudio, entre las posibles explicaciones del por qué los registros del 2020-I (época seca) y 2020-II (época lluviosa) fueron bajos, estarían las siguientes:

Naturaleza del estudio. Al no ocuparse trampas como en otras investigaciones (Castillo-Sánchez et al., 2019), la posibilidad de encontrar especímenes de Hymenoptera se reduce al azar. La razón por la cual se optó por un método de observación fue para alterar lo menos posible el equilibrio natural.

COVID-19. Durante el año 2020, las actividades en múltiples sectores productivos de Panamá se vieron afectadas por la pandemia de COVID-19 (Rodríguez et al., 2021); lo cual también afectó el desarrollo regular de las labores de investigación en campo (instalación y seguimiento de ensayos, por ejemplo).

Instalación de nuevos ensayos, 2020-II. Una vez se pudo retomar las labores en campo, se instalaron nuevos ensayos, específicamente en el cultivo de cebolla; con lo cual la preparación del terreno y las subsiguientes aplicaciones fitosanitarias (insecticidas y herbicidas, por citar algunos ejemplos), pudieron impactar sobre las poblaciones de Hymenoptera.

La importancia de identificar la vegetación asociada radica en determinar posibles plantas refugio de entomofauna benéfica (Mendoza et al., 2021). Además, al encontrarse una buena correlación entre el número de especies vegetales y el número de taxa de Hymenoptera observados, indica que mientras más diversa sea la oferta floral, habrá una mayor diversidad de hábitos, especies y número de especímenes. Sin embargo, la constante presión que ejercen los plaguicidas compromete el desempeño de las abejas; provocándoles hipersensibilidad, alteraciones fisiológicas en el sistema nervioso, ciclo reproductivo e inmunosupresión (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 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/)

CONCLUSIÓN

- La comunidad de Hymenoptera asociada a cultivos hortícolas en Cerro Punta está constituida por al menos 14 taxa, que a su vez están relacionadas con más de 17 especies vegetales y *A. mellifera* fue la especie dominante. Hasta donde se conoce, se registra por primera vez para esta región de Panamá la presencia del género *Pseudometoca* (Mutillidae). Adicionalmente, la presencia de Hymenoptera parasítica es importante por los servicios ecosistémicos que brindan en materia de control biológico natural de insectos plaga.

RECOMENDACIONES

Continuar desarrollando estudios de biodiversidad sobre grupos de insectos y otros organismos, en aras de contar con una estimación más real sobre los impactos derivados de la presión antrópica en los agroecosistemas productivos. Se espera en futuras investigaciones poder ampliar el conocimiento actual sobre las especies insectiles que interactúan en el agroecosistema productivo de Tierras Altas (zona productiva de gran importancia en el país), para poder identificar y potencialmente utilizar enemigos naturales nativos como aliados estratégicos en el control biológico de plagas. Así mismo, es meritorio investigar más sobre los polinizadores silvestres que están presentes y en interacción con los cultivos.

REFERENCIAS

- Agüero, J., Rollin, O., Torretta, J., Aizen, M., Requiere, F., y Garibaldi, L. (2018). Impactos de la abeja melífera sobre plantas y abejas silvestres en hábitats naturales. *Ecosistemas*, 27(2), 60-69. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1365>
- Atencio-Valdespino, R., Collantes-González, R., Caballero-Espinosa, M., Hernández-Aparcedo, P., y Vaña-Herrera, M. (2023). Impacto de los insectos en la seguridad alimentaria en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (36), 139-165. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/609>



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

Biblioteca Nacional de Panamá. (2019). Relieve Panameño.

<https://www.binal.ac.pa/binal/nosotros/82-ofrecemos/94-panama-y-sus-contrastes-naturales.html#:~:text=Los%20climas%20de%20Panam%C3%A1%20son,tienen%20alta%20temperatura%20media%20anual.>

Castillo-Sánchez, L., Jiménez-Osomio, J., Delfín-González, H., Ramírez Pech, J., Canul-Solís, J., González-Moreno, A., y Campos-Navarrete, M. (2019). Diversity of ichneumonidea (Hymenoptera) in three types of land use in a multiple production agroecosystem in Xmatkuil, Yucatan, Mexico. *Revista Bio Ciencias*, 6, e543. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.01.18>

Collantes, R., Herrera, H., Caballero, M., y Pittí, J. (2022a). Indicadores de sostenibilidad en agroecosistemas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 5(1), 85-92. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/3362

Collantes, R., Pittí, J., Santos-Murgas, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022b). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): Plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924

Collantes, R., y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí – Panamá. *Aporte Santiaguino*, 12(2), 147-160. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.638>

Fernández, F. (2022). On the diversity of Neotropical Hymenoptera. *Caldasia*, 44(3), 502-513. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v44n3.94286>

Fernández, S., y Pujade-Villar, J. (2015). Orden Hymenoptera. *Revista IDE@ - SEA*, (59), 1-36. http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_59.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/)

Fortín, M., y González, M. (2022). Manual de capacitación 2: Diversificación productiva. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) – San José, Costa Rica.

[https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20744/BVE22088367.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20diversificaci%C3%B3n%20productiva%20es%20una,gran%20escala%20\(Diverfarming%202020\)](https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/20744/BVE22088367.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20diversificaci%C3%B3n%20productiva%20es%20una,gran%20escala%20(Diverfarming%202020))

Friedrich, T. (2014). Marco Teórico: Intensificando la producción de manera sostenible. En S. Salcedo y L. Guzmán (Eds.), Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Política, Capítulo 6 (pp. 125-134). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago, Chile.

https://www.biopasos.com/biblioteca/Agricultura%20familiar%20AL_FAO.pdf

Google Earth. (2023). *Mapa de Cerro Punta.*

https://earth.google.com/web/search/Cerro+Punta/@8.85319494,-82.54270699,2230.34766065a,26668.77922079d,35y,0.0597115h,0t,0r/data=CnYaTBJGCIUweDhmYTVjMjAyZDdjM2VhZTc6MHgyNzU5OGlyODUyMDVINjYyGWs3sAv1viFAlet4J_pXpVTAKgtDZXJybyBQdW50YRgCIAEiJgokCbxQfvAZ4SFAEWgYAydcjCFAGYia3meEmFTAlD-0IBUIrITAMikKJwolCiExSFVHcGgtbl9YeHlmbXB3UmxxdnI4cHBHVDNtdUJjeW4qAToDCgEy

Guzmán-Mendoza, R., Calznotzi-Marín, J., Salas-Araiza, M., y Martínez-Yáñez, R. (2016). La riqueza biológica de los insectos: análisis de su importancia multidimensional. *Acta Zoológica Mexicana*, 32(3), 370-379.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/azm/v32n3/0065-1737-azm-32-03-00370.pdf>

Hanson, P., y Gauld, I. (Eds.). (2006). Hymenoptera de la Región Neotropical. *Memoirs of the American Entomological Institute*, 77. 994 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/)

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://doi.org/10.18271/ria.2021.329>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022). Proyecto de Innovación Agropecuaria Sostenible e Incluyente. https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/innovacion_productiva_sostenible_sistemas_produccion_agricultura_familiar_panama/es

Iowa State University. (2023). Bugguide. Department of Plant Pathology, Entomology, and Microbiology. <https://bugguide.net/node/view/15740>

Martin-Culma, N., y Arenas-Suárez, N. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232-240. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>

Martínez-Puc, J., y Merlo-Maydana, F. (2014). Importancia de la diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea) y amenazas que enfrenta en el ecosistema tropical de Yucatán, México. *J Selva Andina Anim Sci.*, 1(2),28-34. http://www.scielo.org.bo/pdf/jsaas/v1n2/v1n2_a03.pdf

Mendoza, E., Vargas, B., Plana, A., Ramos, Y., Cobas, M., y Martínez, R. (2021). Diversidad de insectos benéficos asociada a la flora existente en fincas suburbanas en Santiago de Cuba, Cuba. *Revista Chilena de Entomología*, 47(1), 121-145. <http://dx.doi.org/10.35249/rche.47.1.21.13>

Naciones Unidas en Panamá. (2023). Acerca de nuestro trabajo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Panamá. <https://panama.un.org/es/sdgs>

Rodríguez, C., Pittí, G., y Best, N. (2021). Efectos del COVID-19 en Panamá: Cierre de empresas y tasa de desempleo en los jóvenes. *Investigación Y Pensamiento Crítico*, 9(3), 40-50. <https://doi.org/10.37387/ipc.v9i3.263>



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

Schultz, T., y Puchalski, J. (2001). Chemical Defenses in the Tiger Beetle *Pseudoxychella tarsalis* Bates (Carabidae: Cicindelinae). *The Coleopterists Bulletin*, 55(2), 164-166. <http://www.istor.org/stable/4009588>

Smithsonian Tropical Research Institute. (2023). Panamá Biota. <https://panamabiota.org/stri/index.php>

Vanoye-Eligio, M., Meléndez-Ramírez, V., Ayala-Barajas, R., Delfín-González, H., y Horta-Vega, J. (2019). Diversidad de avispas depredadoras en dos tipos de vegetación del estado de Yucatán en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 90, e902885. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2019.90.2885>

Weather Spark. (2023). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Cerro Punta*. Cedar Lake Ventures, Inc. <https://es.weatherspark.com/y/16724/Clima-promedio-en-Cerro-Punta-Panam%C3%A1-durante-todo-el-a%C3%B1o>

AGRADECIMIENTO

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, por el respaldo brindado a los Gerentes e Investigadores de los Proyectos: Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas; Alternativas Tecnológicas y Estrategias de Biocontrol Aplicadas a los Sistemas Productivos Hortícolas de Tierras Altas; Investigación e Innovación Apícola en Panamá. Al Sistema Nacional de Investigación (SNI-SENACYT), por el apoyo brindado al Dr. Randy Atencio Valdespino, coautor del presente estudio. Al Profesor Roberto Cambra, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá, por identificar el género *Pseudometoca*.



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

PARTO MULTIPLE POR TRANSFERENCIA DE UN EMBRIÓN *in vitro* EN VACAS PREVIAMENTE INSEMINADAS¹

Raúl H. De León-García²; Roderick A. González M.³; Pedro Guerra M.⁴; Jair O. Jaén⁵

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto que tiene el sitio de colocación de un segundo embrión en vacas previamente inseminadas sobre la tasa de preñez y de gestaciones dobles, se realizó el presente trabajo de investigación en el Laboratorio de Biotecnología Animal del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Para ello, se seleccionaron 20 hembras múltiparas con diferentes encastes de Brahman, las cuales se sincronizaron utilizando una dosis de 3 cc (0,75 mg) de Cloprostenol (Lutaprost[®] 250, Pharmadix. Corp) vía intramuscular profunda. A las 48 horas de la aplicación, las hembras fueron inseminadas mientras que, al mismo tiempo, en laboratorio, se procedió a realizar la fertilización de los ovocitos colectados y madurados *in vitro*, procedentes de ovarios *post mortem*. Siete días después de la inseminación, el lote de vacas inseminadas fue separado en dos grupos de 10 hembras y se les transfirieron los embriones, en estadios de blastocistos. Al primer grupo (T₁), se les colocó el embrión ipsilateral al cuerpo lúteo (CL) (T₁) y al segundo grupo (T₂) se le colocó el embrión colateral al cuerpo lúteo (T₂). La confirmación de la gestación se realizó a los 30, 60 y 90 días post transferencia, utilizando para ello un ecógrafo SonoVet 2000 (SV2000 Medison) con un transductor lineal de 7,5Mhz. Los resultados obtenidos indicaron una diferencia significativa ($p < 0,05$) para el sitio de colocación del embrión. La información obtenida fue analizada utilizando la prueba de Chi-cuadrado con un alfa del 0,05. Para el T₂ se logró un 70% de sobrevivencia de los embriones, mientras que para el T₁ solo se alcanzó el 30%. A los 60 días, el 57,1% de las hembras que recibieron un embrión colateral al CL presentaron gestaciones dobles y para los 90 días el 75% de las mismas presentaron gestaciones dobles. Del total de gestaciones dobles en ambos grupos, solo el 20% de las mismas llegó a término con un nacimiento doble. Se concluye que es posible inducir partos dobles mediante la transferencia de un segundo embrión siete días post inseminación en la hembra bovina.

Palabras clave: Brahman, colateral, ipsilateral, parto múltiple, sincronizaron.

¹Recepción: 27 de abril de 2023. Aceptación: 18 de noviembre de 2023. Trabajo para optar por el Título de Ing. Agr. con orientación en Producción Animal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad de Panamá. Financiado por el Proyecto Mejoramiento de las Técnica de Biotecnología Animal utilizadas en el Mejoramiento Animal del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Oriental. Subcentro de Buena Vista. Ing. Agr. Zootecnista. e-mail: raul.deleon@idiap.gob.pa ; ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6223-5380>

³IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí. M.Sc. en Producción animal. Estación Experimental de Gualaca. e-mail: roderickagm@gmail.com

⁴IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí. M.Sc. Mejoramiento genético. Estación Experimental de Gualaca. e-mail: pedroguerram16@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000/0001/6731/3624>

⁵Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Estudiante graduando.



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

MULTIPLE PREGNANCY BY TRANSFER OF AN *in vitro* EMBRYO IN PREVIOUSLY INSEMINATED COWS

ABSTRACT

In order to determine the effect of the site of placement of a second embryo in previously inseminated cows on the rate of pregnancy and double gestation, the present research work was carried out in the Animal Biotechnology Laboratory of the Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). To do this, 20 multiparous females with different Brahman cross were selected, which were synchronized using a dose of 3 cc (0.75mg) of Cloprostenol (Lutaprost® 250, Pharmadix. Corp) deep intramuscular route. 48 hours after application, the females were inseminated while, at the same time, in the laboratory, the fertilization of the oocytes collected and matured *in vitro*, from *post-mortem* ovaries, was carried out. Seven days after insemination, the batch of inseminated cows was separated into two groups of 10 females and the embryos were transferred to them, in blastocyst stages. In the first group (T₁), the ipsilateral embryo was placed in the corpus luteum (CL) (T₁) and second group (T₂) the collateral embryo was placed in the corpus luteum (T₂). Confirmation of gestation was carried out at 30, 60 and 90 days after transfer, using a SonoVet 2000 ultrasound scanner (SV2000 Medison) with a linear transducer of 7.5Mhz. The results obtained indicated significant differences ($p < 0.05$) for the site of placement of the embryo. The obtained information was analyzed using the Chi-square test with an alpha of 0.05. For T₂, 70% of the embryos' survival was achieved, while for T₁ only 30% was achieved. At 60 days, 57.1% of the females who received a collateral embryo to the CL presented double pregnancies and by 90 days 75% of them presented double pregnancies. Of the total number of double pregnancies in both groups, only 20% of them achieved a double birth. In conclusion, it is possible to induce double births by transferring a second embryo seven days after insemination in the bovine female.

Keywords: Brahman, collateral, ipsilateral, multiple birth, synchronized.

INTRODUCCIÓN

El objetivo fundamental de la ganadería moderna no es solo incrementar la productividad del hato, sino llegar a ser competitiva, sostenible y resiliente ante una economía globalizada, de manera tal que el empleo de las biotecnologías de la reproducción, para lograr grandes avances en el mejoramiento genético, han representado una importante herramienta.



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

Dentro de los programas de mejoramiento se deben distinguir dos etapas: la primera consiste en lograr la mejora a través de la selección de individuos superiores tomando en cuenta su superioridad genética con relación a ciertas características determinadas, y la segunda es la diseminación de este valor genético dentro de una población comercial. Es en esta segunda etapa donde la biotecnología viene a jugar un papel preponderante.

La contribución de un individuo al progreso genético de su especie está condicionada por el número de descendientes que se puedan obtener de él durante su vida reproductiva o en un periodo de tiempo determinado. En este contexto, las biotecnologías de la reproducción se emplean para reducir el intervalo generacional y aumentar la presión de selección obtenidos a partir de animales de alto valor genético. Con el propósito de lograr esta meta se emplean soluciones tecnológicas a fin de reducir la intervención de estos animales en la reproducción al mínimo imprescindible y cuya máxima expresión sería la producción de gametos (Palma, 2008).

Inducir la producción de gemelos en el ganado ha sido objeto de interés y esfuerzos de investigación durante varios años. En la actualidad, la inducción de partos múltiples se está considerando como un medio para combatir el aumento dramático en el costo de alimentación que se han producido durante los últimos años. Para lograr este objetivo, se han considerado tres enfoques para la inducción artificial de la gestación gemelar en bovinos: selección genética, tratamiento con gonadotropina exógena y transferencia embrionaria (Anderson, 1978).

En los bovinos, la incidencia de partos dobles es una característica de baja heredabilidad (0,03) y repetibilidad (0,06) y se estima que la frecuencia de nacimientos dobles puede variar entre 1% y 5% dependiendo, principalmente de la raza, la edad y las condiciones ambientales (Morris, 1984). Sin embargo, se ha demostrado que es posible obtener una alta incidencia de gestaciones dobles al transferir dos embriones bilateralmente al útero de hembras receptoras (Rowson et al., 1971).



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

Trabajos de investigación realizados por Gordon et al. (1962) y Gordon (1989) sugerían que una de las posibles aplicaciones de la técnica de transferencia de embriones debería ser la colocación de un segundo embrión en el útero de vacas previamente cubiertas. Esta recomendación podría ser aplicada hoy día, puesto que la mayoría de las inducciones de mellizos en bovinos, se realizan depositando el embrión en el cuerno uterino colateral al cuerpo lúteo (CL), aunque existen evidencias que sugieren que la transferencia embrionaria al cuerno ipsilateral podría presentar ventajas comparativas al método colateral, para lograr preñeces dobles en receptoras (Penny et al., 1995).

Cerca del 18% de las receptoras previamente inseminadas, no tendrán su embrión nativo viable en el cuerno uterino ipsilateral al día siete post estro, debido a fallas en la fecundación y mortalidad embrionaria temprana, según Sreenan y Diskin, 1986. Por otro lado, Silvia (1994) señala que para el día 20 post inseminación, la mayor parte de la mortalidad embrionaria ya ha ocurrido y ésta llega a afectar al 30% de los embriones.

El principal objetivo al transferir el embrión colateral al cuerno en donde está el CL, es evitar la coexistencia de dos embriones en un mismo cuerno, ya que Rowson et al. (1971) y Hanarahan (1983) han reportado que las ovulaciones dobles unilaterales coinciden con altas tasas de mortalidad embrionaria en comparación con ovulaciones dobles bilaterales u ovulaciones únicas. Además, de establecerse la gestación doble en un solo cuerno, las posibilidades de aborto, de acuerdo a Reichenbach et al. (1992), serían mayores que si ésta fuera bilateral. Sin embargo, existen otros antecedentes, que indican que no habría diferencia en el porcentaje de abortos presentados por vacas gestando mellizos uni o bilateralmente (Sreenan y Diskin, 1986). Rowson et al. (1969 a y b) demostraron que la transferencia quirúrgica de embriones ipsilateral al cuerpo lúteo, produce mayor porcentaje de preñeces.

Por otra parte, la transferencia de un segundo embrión colateral al CL tiene la desventaja que su sobrevivencia es altamente dependiente de la sobrevivencia del embrión nativo que se encuentra en el cuerno ipsilateral al CL (Gordon, 1989; Sinclair et al., 1995), siendo altamente improbable que el embrión transferido se desarrolle a menos que el embrión nativo haya podido sobrevivir más allá del día 20 post ovulación (Penny et al., 1995).



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

Es por ello que, con el propósito de comparar el efecto del lugar de transferencias de un segundo embrión, ipsilateral o colateral al cuerpo lúteo (CL), sobre la tasa de gestación doble, realizamos el presente trabajo de investigación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La investigación se llevó a cabo en la Estación Experimental Carlos M. Ortega (EE-CMO) del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, ubicada en el corregimiento de Gualaca, distrito de Gualaca, provincia de Chiriquí, que se caracteriza por estar a una altitud de aproximadamente 100 msnm, tener una precipitación anual de 4200 mm y su temperatura media anual es de 26,5° C.

Animales experimentales

Para el estudio se seleccionaron 20 vacas multíparas con diferentes encaste de Brahman, con buen estado de salud y condición corporal de 5 a 6 (escala de 1 a 9 de Stahringer et al., 2003), que pastoreaban en parcelas de *Brachiaria humidicola*, manejada en un sistema de rotación de siete días de pastoreo por 21 de descanso y eran fertilizadas con 60, 30 y 20 kg·ha⁻¹ de N₂, P₂O₅ y K₂O, anualmente.

Las hembras seleccionadas fueron divididas, completamente al azar, en dos grupos de 10 hembras cada uno. Ambos grupos se le sincronizó el celo utilizando una dosis única de 0,75 mg (3 cc) de cloprostenol (Lutaprost® 250, Pharmadix. Corp) que es un análogo sintético de la prostaglandina (PGF₂α).

Luego de pasadas 48 horas de la aplicación de cloprostenol, se procedió a realizar la inseminación artificial (IA), utilizando para ello pajuelas de 0,5 cc de semen de un toro de la raza Wagyu (Japanese Black) cuya calidad fue evaluada previamente. Al mismo tiempo, en el laboratorio de fertilización *in vitro* de la EE-CMO, se procedía a realizar, de manera sincronizada, la fertilización *in vitro* (FIV) de ovocitos colectados de ovarios *post mortem* y madurados *in vitro*. Para ello se usó semen de tres toros de razas distintas a saber; Angus rojo, Beefmaster y Charoláis.



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

Transcurridas 20 horas post FIV, se procedió a denudar los posibles cigotos y se continuó con el proceso de cultivo de embriones siguiendo la metodología descrita por De León et al. (2012). Una vez finalizado el proceso de producción de los embriones, que tuvo una duración de siete días, se procedió a la evaluación y selección de los embriones producidos para determinar si eran aptos o no para su transferencia.

Para la determinación de los estadios de desarrollo embrionario se utilizó la tabla de clasificación de embriones de acuerdo con los estadios de desarrollo de Stringfellow y Siedel (2000) y para la determinación de la calidad del embrión apto para transferencia la tabla descrita por De Armas y Solano, (2006).

Transferencia embrionaria

Siete días posterior a la inseminación de las receptoras, se procedió a transferirles un embrión fresco producido *in vitro*. Para ello, las vacas fueron inmovilizadas en un brete y se les administró una anestesia epidural baja (Lidocaína 2%, OVER, Argentina), luego, mediante palpación transrectal se ubicó el CL, con lo cual se determinó el sitio de la ovulación. Las pajuelas conteniendo los embriones fueron cargadas en una pistola Cassou y se procedió a la transferencia directa (no quirúrgica) del embrión a las 20 receptoras de la siguiente manera; 10 receptoras recibieron un embrión ipsilateral al CL (T_1) y las otras 10 recibieron el embrión colateral al CL (T_2).

Periodos de evaluación y variables de respuesta

Los diagnósticos para la determinación de la tasa de sobrevivencia la de gestación se realizó por ecografía a los 30, 60 y 90 días post transferencia del embrión utilizando un ecógrafo SonoVet 2000 con un transductor lineal de 7.5Mhz por vía transrectal.

Análisis estadístico de los datos

Como variables de respuesta se consideraron las siguientes:

- Porcentaje de concepción a los 30 días.
- Porcentaje de gestación los 60 días.
- Porcentaje de gestación simple y doble a los 90 días.
- Número de nacimientos dobles.

La información obtenida fue analizada utilizando la prueba de χ^2 con un alfa del 0,05.



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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tasa de sobrevivencia de los embriones a los 30 días

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos (sitio de colocación del embrión). La tasa de sobrevivencia promedio de los embriones transferidos, para ambos tratamientos, fue de 50%, sin embargo, la mayor sobrevivencia se encontró en los embriones colocados colateralmente al CL (T_2) con 70%, mientras que los embriones colocados ipsilateral al CL solo sobrevivieron el 30% (Cuadro 1).

La sobrevivencia de los embriones transferidos podría estar asociada a la migración de los mismos, según resultados de McMillan y Peterson (1999). Estos autores observaron que las primeras migraciones ocurrieron a partir del día 14 post transferencia, produciendo una mayor migración durante los siguientes 12 días, asociando con una mayor supervivencia desde el día 14 hasta el 26. Además, indican que en transferencias contralaterales la sobrevivencia fue de 60% y en las ipsilaterales de 19%. De igual forma, Renard et al. (1977) encontró que la sobrevivencia de embriones transferidos a vacas previamente servidas era de 42,3% hasta el día 57, un poco superior a los hallazgos de este trabajo.

Aunque estos resultados difieren de los reportados por Sreenan et al. (1975) quienes encontraron una mayor tasa de supervivencia embrionaria en el cuerno ipsilateral al CL (69,2%) que en el cuerno colateral al CL (30,8%), corroboran lo señalado por Sreenan y Diskin (1986) quienes indican que hembras previamente inseminadas y a las cuales se les transfiere un embrión posteriormente no tendrán su embrión nativo viable en el cuerno uterino ipsilateral al día siete post estro, debido a fallas en la fecundación y mortalidad embrionaria temprana.

Cuadro 1. Tasa de sobrevivencia de los embriones transferidos a los 30 días.

	Sitio de colocación del embrión		Total
	Ipsilateral	Colateral	
Número de hembras transferidas	10	10	20
Tasa de sobrevivencia			
Porcentaje de sobrevivencia	30%	70%	50%



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

Estas pérdidas embrionarias, que podrían alcanzar entre 25% y 40%, son difíciles de diagnosticar, ya que la mayoría de las vacas retornan al celo a los 20-22 días, manifestando un comportamiento estral regular, por lo que se supone que las pérdidas embrionarias se originaron entre los días 7 y 17; es decir, el periodo correspondiente entre la transferencia embrionaria y el reconocimiento materno de la preñez (RMP).

Tasa de gestación doble a los 60 días post transferencia

A los 60 días después de realizada la transferencia, se pudo observar que, de las 20 vacas previamente inseminadas y a las cuales se les transfirió el embrión, el 50% (10/20) fueron diagnosticadas gestantes, de las cuales el 50% (5/10) presentaban gestaciones dobles; 33,3% para el T1 (1/3) y el 57,1% (4/7) en el T2 (Cuadro 2). En promedio, para ambos tratamientos, la tasa de gestación doble fue de 50,0%, valor inferior a lo que reporta Dahlen et al. (2012) que fue de 57% de gestaciones dobles, los reportados por Sreenan y Diskin, (1989) y a los encontrados por Guerra et al. (1990) que fue de 68% en novillas y 74% en vacas.

Cuadro 2. Porcentaje de gestaciones dobles en vacas previamente diagnosticadas gestantes.

	Sitio de colocación del embrión		Total
	Ipsilateral	Colateral	
Hembras diagnosticadas preñadas a los 60 días	3/10	7/10	10/20
Hembras con gestación doble	1/3	4/7	5/10
Porcentaje	33,3%	57,1%	50%

Los valores reportados para gestaciones doble, cuando el embrión se coloca ipsilateral al CL (33,3%), resultan inferiores a los que reporta Tervit et al. (1977) quienes hallaron hasta 54%. Por otra parte, Silva et al. (2000) reportan gestaciones dobles de 57,1% a 14,3% para transferencias ipsilateral y colateral respectivamente a los 60 días, sin embargo, el promedio de gestaciones doble solo fue de 37,5% en comparación con el 50% que encontramos en este trabajo. Sinclair et al. (1995) también reportan gestaciones dobles de 30% a los 56 días, señalando un mayor número de gestaciones dobles cuando el embrión fue colocado ipsilateral al CL (33,4%), lo cual coincide con nuestros resultados, al igual que Holy et al. (1981) quienes encontraron 61,6% de gestaciones dobles en embriones transferidos no quirúrgicamente.



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

Gestaciones dobles y simples diagnosticadas a los 90 días

El diagnóstico de gestación a los 90 días indico que, hasta ese momento el 100% y el 75% de las gestaciones dobles inducidas se habían mantenido para el T₁ y T₂, respectivamente (Cuadro 3). De un total de cuatro partos registrados en este ensayo, al final, solo el 20% (1/5) de las receptoras tuvo parto múltiple en comparación con el 38% que reportan Sreenan y Diskin, (1989) y el 60% que encontró Guerra et al. (1990). El resto partos fueron sencillos y en parto múltiple ambos animales resultaron ser machos, sin problemas de distocia al momento del nacimiento y sin freemartinismo.

Cuadro 3. Porcentaje de gestaciones dobles en vacas previamente diagnosticadas gestantes.

	Sitio de colocación del embrión		Total
	Ipsilateral	Colateral	
Número de receptoras	10	10	20
Tasa de preñez doble a los 60 días	1	4	5/20
Tasa de preñez doble a los 90 días.	1	3	4/20
Porcentaje de gestación doble a los 90 días	100%	75%	



Terberos nacidos por inducción de parto múltiple.



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

- Los resultados previos obtenidos en este ensayo indican la posibilidad de inducir partos múltiples en hembras bovinas previamente inseminadas mediante la transferencia de un embrión el día siete post inseminación con posibilidades de éxito al momento del nacimiento.

RECOMENDACIÓN

- Continuar con este tipo de estudio, aumentando el número de hembras, además, tomar en cuenta el diámetro del cuerpo lúteo a fin de determinar su efecto en la persistencia de la gestación.

REFERENCIAS

- Anderson, G. B. (1978). Methods for producing twins in cattle. *Theriogenology*, 9, Issue 1, 3-16. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X78900481>
- Dahlen, C. R., DiCostanzo, A., Spell, A. R., y Lamb, G. C. (2012). Use of embryo transfer seven days after artificial insemination or transferring identical demi-embryos to increase twinning in beef cattle. *J Anim Sci.* 90(13), 4823-4832. Doi:10.2527/jas.2011-4778. https://www.researchgate.net/publication/269429798_Use_of_embryo_transfer_seven_days_after_artificial_insemination_or_transferring_identical_demi-embryos_to_increase_twinning_in_beef_cattle#fullTextFileContent
- De Armas, R., y Solano, R. (2006). *Manual Práctico de Transferencia de Embriones y Fertilización in vitro*. Centro de Investigación y Mejoramiento Animal. La Habana, Cuba. 118 pp.
- De León, R. H., González, R. A., y Guerra, P. (2012). *Manual técnico de fertilización in vitro*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Departamento de Ediciones y Publicaciones. Panamá, 2010 p. 48.



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

- Gordon, I. (1989). Control en la Crianza de los Animales de Granja. Compañía Editorial Continental, S.A., México, D.F. Disponible en: <https://internacionallibros.cl/product/control-en-la-crianza-de-animales-de-granja/>
- Gordon, I., Williams, G., y Edwards, J. (1962). The use of PMSG in the induction of twin pregnancy in the cow. *J. Agric. Sci. Camb.* 59, 143-198. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-agricultural-science/article/abs/use-of-serum-gonadotropin-pms-in-the-induction-of-twinpregnancy-in-the-cow/E131737749B44DE2D03521C7B01EF253>
- Guerra, M. P., Dickerson, G. E., Anderson G. B., y Green, R. D. (1990). Embryo transfer twinning and performance efficiency in beef production. *J. Anim. Sci.* 68, 4039-4050. <https://doi.org/10.2527/1990.68124039x>
- Hanarahan, J. P. (1983). The inter-ovarian distribution of twin ovulations and embryo survival in the bovine. *Theriogenology*, 20, 3-11. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16725826/>
- Holy, L., Jirícek, A., Vanatka, F., Vrtel, M., y Fernández, V. (1981). Artificial induction of twins in cattle through supplementary embryo transfer. *Theriogenology*, 16, Issue 4, 483-488. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X81900819>
- Morris, C.A. 1984. A Review of the genetics and reproductive physiology of dizigotic twinning in cattle. Animal breeding abstracts. November, 1984, Vol. 52 N° 11. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/19850186201>
- M^oMillan, W.H., y Peterson, A.J. 1999. Transuterine embryo migration in recipient cattle. *Theriogenology* Volume 51, Issue 8, June 1999, Pages 1577-1586. En: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10729084/>
- Palma G. (2008). *Bioteconología de la Reproducción*. In: Consideraciones económicas en la producción de embriones *in vitro*. 2^a edición.



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://www.google.com.pa/books/edition/Biotecnolog%C3%ADa_de_la_Reproducci%C3%B3n/zmHbayu_hfIC?hl=es&gbpv=1&dq=Consideraciones+econ%C3%B3micas+en+la+producci%C3%B3n+de+embriones+in+vitro&pg=PA268&printsec=frontcover

Penny, C. D., Lowman, B. G., Scott, N. A., Scott, P. R., Voelkel, S., y Davies D. A. R. (1995). Management aspects of induced twinning in beef suckler cows using in vitro fertilized embryos. *Vet. Rec.* 136, 506-510.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/7660547/>

Reichenbach, H.D., Leibrich, J., Berg, U., y Brem, G. (1992). Pregnancy rates and births after unilateral or bilateral transfer of bovine embryos produced *in vitro*. *J. Reprod. Fert.* 95, 363-370.
https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/95/2/jrf_95_2_005.xml

Renard, J. P., Heyman, Y., y Du Mesnil Du Buisson, F. (1977). Unilateral and bilateral cervical transfer of bovine embryos at the blastocyst stage. *Theriogenology*, 7, Issue 4, 189-194. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/873039/>

Rowson, L. E. A., Lawson, R. A. S., y Moor, R. M. (1971). Production of twins in cattle by egg transfer. *J. Reprod. Fert.* 25, 261 - 268.
https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/25/2/jrf_25_2_013.xml

Rowson, L., Moor, R. M. & Lawson, R. A. S. (1969a). Fertility following egg transfer in the cow; effect of method, medium and synchronization of oestrus. *J. Reprod. Fert.* 18, 517. En: https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/18/3/jrf_18_3_015.xml

Rowson, L., Lawson, R. A. S. & Moor, R. M. (1969b). Production of twins in cattle by egg transfer. *Vet. Rec.* 88, 583. En: https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/25/2/jrf_25_2_013.xml



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

Silva, M. E., Gatica, R., y Correa, J. E. (2000). Inducción de mellizos mediante la transferencia de un segundo embrión ipsilateral o contralateral al cuerpo lúteo en vacas cubiertas. *Arch. med. vet.* 32 (1) Valdivia. 2000. <https://www.redalyc.org/pdf/1730/173013741005.pdf>

Silvia, W. J. (1994). *Embryonic mortality and repeat breeder cows*. In: Proceedings National Reproduction Symposium, Pittsburgh, PA. Edited by E R. Jordan Texas A&M University, United States.

Sinclair, K. D., Broadbent, P. J., Dolman, D. F., Watt, R. G., y Mullan, J. S. (1995). Establishing twin pregnancies in cattle by embryo transfer. *Anim. Sci.* 61, 25-33. <https://www.cambridge.org/core/journals/animal-science/article/abs/establishing-twin-pregnancies-in-cattle-by-embryo-transfer/38A0F89695C47481238CC482E341B98D>

Sreenan, D., Beehan, J. M., y Mulvehill, P. (1975). Egg transfer in the cow: factors affecting pregnancy and twinning rates following bilateral transfers. *J Reprod Fertil*, 44 (1), 77-85. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0440077>. Consultado en: https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/44/1/jrf_44_1_008.xml

Sreenan, J. M., y Diskin, M. G. (1986). The extent and timing of embryo loss in cattle. In: J.M. Sreenan y M.G. Diskin (eds.). *Embryonic mortality in farm animals*, pp 1-11. Martinus Nijhoff, The Hague. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-5038-2_1

Sreenan, J.M., M.G. Diskin. 1989. Effect of a unilateral or bilateral twin embryo distribution on twinning and embryo survival rate in the cow. *J Reprod Fertil*. 1989 noviembre; 87(2):657-664. DOI: <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0870657>. En: https://rep.bioscientifica.com/view/journals/rep/87/2/jrf_87_2_027.xml

Stahring, R. C., Chifflet, S., y Díaz, C. (2003). *Cartilla descriptiva del grado de condición corporal en vacas de cría*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación



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

Experimental Colonia Benítez Dr. Augusto G. Schulz. Rev. Braford. Año 18, N° 49.
https://branqus.org.ar/wp-content/uploads/2022/12/script-tmp-inta_-_cartilla_descriptiva_del_grado_de_condicin_cor.pdf.pdf

Stringfellow, D. A.; y Siedel, S. M. (2000). *Manual de la Sociedad Internacional de Transferencia de Embriones (IETS)*. 3ª Ed. Illinois U.S.A, Ambiotec. 181. pags.

Tervit, H.R., Havik, P.G., Smith, J.F. (1977). Egg transfer in cattle: Pregnancy rate following transfer to the uterine horn ipsilateral or contralateral to the functional corpus luteum. *Theriogenology*, 7, Issue 1, 3-10.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0093691X7790262X>

Turman E.J., Laster, D.B., Renbarger, R.E., Stephens, D.F. 1971. Multiple births in beef cows treated with equine gonadotropin (PMSG) and chorionic gonadotropin (HCG) J. Anim. Sci. DOI: <https://doi.org/10.2527/jas1971.325962x>.
<https://academic.oup.com/jas/article-abstract/32/5/962/4666627?redirectedFrom=fulltext&login=false>



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 FENOTÍPICA Y MOLECULAR DE BACTERIAS ÁCIDO LÁCTICAS EN GANADO JERSEY DE TIERRAS ALTAS¹

Melvys Jacqueline Vega-Quintero²; Rosa Itzela Quintero-Montenegro³;

Howard Junca⁴

RESUMEN

Las bacterias del ácido láctico (BAL) son microorganismos unicelulares procariotas responsables del proceso de fermentación de los alimentos como: leche, carnes y vegetales, es decir, degradan carbohidratos y producen ácido láctico. La composición de bacterias del ácido láctico en la leche, constituyen factores importantes en la elaboración industrial de productos lácteos de alta calidad. La diversidad de bacterias del ácido láctico presentes en la leche de la raza vacuna Jersey, supone indicadores biológicos de los procesos de fermentación láctica, para la fabricación de leche fermentada, quesos, yogurt y otros productos derivados de la leche. El tipo de especie bacteriana utilizado como iniciador en el proceso de fermentación, refiere un factor determinante en la calidad y características sensoriales del producto final. El objetivo es determinar las características fenotípicas y genotípicas de las bacterias del ácido láctico en la leche de ganado Jersey. La raza Jersey es un ganado vacuno británico introducido en las Tierras Altas de Chiriquí, cuyo potencial como fuentes de producción de leche en Panamá, específicamente en el área de estudio, es de gran interés en el desarrollo socioeconómico y es valorada como una raza de lechería en la actividad ganadera. El alcance de la investigación está enmarcado en la identificación de las bacterias del ácido láctico por métodos moleculares y actividad enzimática. Como hallazgo se plantea la diversidad biológica de *Streptococcus*, *Streptobacillus* y *Bifidobacterium* identificada en la leche del ganado Jersey, con actividad enzimática de 2% heterofermentativa y 92% homofermentativa, las cuales revelan beneficios para la fabricación de lácteos.

Palabras clave: Bacterias ácido lácticas, fenotipo, fermentación, genotípico, indicadores biológicos.

¹Recepción: 09 de febrero de 2024. Aceptación: 06 de marzo de 2024. Tesis de Doctorado en Ingeniería de Proyectos, Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología.

²Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología. e-mail: melvys.vega@utp.ac.pa / melvysjv@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-4303-4994>

³Universidad Tecnológica de Panamá, Facultad de Ciencias y Tecnología. e-mail: rosa.quintero@utp.ac.pa; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-1342-932>

⁴Microbiomas Foundation, Colombia. e-mail: info@howardjunca.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/)

MOLECULAR CHARACTERIZATION OF LACTIC ACID BACTERIA IN JERSEY CATTLE MILK FROM TIERRAS ALTAS DISTRICT

ABSTRACT

Lactic acid bacteria (LAB) are unicellular prokaryotic microorganisms responsible for the fermentation process of foods such as: milk, meat and vegetables, that is, they degrade carbohydrates and produce lactic acid. The composition of lactic acid bacteria in milk are important factors in the industrial production of high-quality dairy products. The diversity of lactic acid bacteria present in the milk of the Jersey cattle breed is biological indicators of the lactic acid fermentation processes for the manufacture of fermented milk, cheese, yogurt and other products derived from milk. The type of bacterial species used as initiator in the fermentation process is a determining factor in the quality and sensory characteristics of the final product. The objective is to determine the phenotypic and genotypic characteristics of lactic acid bacteria in the milk of Jersey cattle. The Jersey breed is a British cattle breed introduced in the Chiriquí Highlands, whose potential as sources of milk production in Panama, specifically in the Chiriquí Highlands, is of great interest in socio-economic development and is valued as a dairy breed in livestock activity. The scope of the research is framed in the identification of lactic acid bacteria by molecular methods and enzymatic activity. As a finding, the biological diversity of *Streptococcus*, *Streptobacillus* and *Bifidobacterium* identified in the milk of Jersey cattle is proposed, with enzymatic activity of 2% heterofermentative and 92% homofermentative, which reveal benefits for the manufacture of dairy products.

Keywords: Lactic acid bacteria, phenotype, fermentation, genotypic, biological indicators.

INTRODUCCIÓN

La investigación se fundamenta en la identificación y análisis de la diversidad biológica de las bacterias del ácido láctico presentes en la leche entera de la raza de ganado vacuno Jersey, en el distrito de Tierras Altas de la provincia de Chiriquí, República de Panamá. El objetivo del proyecto es evaluar la composición de bacterias del ácido láctico en la leche entera de la raza Jersey como potencial para la producción de derivados lácteos probióticos de calidad en la industria láctea. El aporte de la investigación al conocimiento sobre la composición microbiológica de la leche entera de la raza Jersey, radica en la identificación de la diversidad de especies de bacterias ácido láctico, para la fermentación y generación de nuevos modelos de procesos lácteos en la industria. El ganado vacuno



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

Jersey, es una raza británica (Isla Jersey) productora de leche y carne, con mejor composición nutricional y propiedades químicas a diferencia de las razas Guernsey, Suizo Pardo, Ayrshire y Holstein, de acuerdo con el análisis comparativo (Vega y Quintero, 2023) y según las referencias aportadas por De los Reyes et al. (2010).

Las bacterias del ácido láctico, lácticas o lacto-bacterias, son microorganismos unicelulares procariontes, es decir, organismos constituidos por una sola célula, cuyo núcleo no está definido o delimitado por una membrana nuclear (Ville, 1996). Se presentan en tres formas: esféricas denominadas cocos, cilíndrica denominados bacilos y cilíndrica divididas en dos partes en sus extremos denominadas bífidas. Las bacterias lácticas con formas esféricas y cilíndricas se presentan en agrupaciones en cadenas, las cuales se denominan Streptococos y Streptobacilos, respectivamente (Carroll et al., 2016).

Además, las bacterias lácticas no requieren de oxígeno para los procesos metabólicos (respiración), por lo que, las identifica anaeróbicas. La respiración celular se realiza, a través, de la ruta metabólica anaeróbica conocida como fermentación láctea o fermentación del ácido láctico, el cual ocurre en el citosol de la célula y en el que se oxida parcialmente la glucosa para obtener energía y el producto de desecho es el ácido láctico (Madigan y Martiniko, 2009).

También, pueden ser identificadas en cepas de bacilos, cepas de cocos o cepas de bacilos bífidas y son reconocidas como Gram positivas (+) por la coloración púrpura (azul intenso o morado) de acuerdo con la tinción diferencial de Gram (Ramírez-López y Vélez-Ruíz, 2016). López-Jácome et al. (2014) indica que las bacterias Gram (+) retienen el cristal violeta después de la decoloración, debido a que tienen pared celular gruesa, de allí el color que las identifica. Ramírez-López y Vélez-Ruíz (2016) afirman que fisiológicamente las bacterias del ácido láctico pueden generar la fermentación homoláctica o heteroláctica y procesos enzimáticos de oxidasa y catalasa negativa.

En la industria, las bacterias lácticas son importantes en procesos de producción de quesos, yogurt, mantequilla, leche fermentada, vinagre, vinos, embutidos, vegetales



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

encurtidos, en la fabricación de medicamentos, cosméticos y de otros productos químicos, así como en el tratamiento de las aguas residuales (Madigan y Martiniko, 2009).

Las leches fermentadas son productos preparados a partir de la leche entera, parcial o totalmente descremada, concentrada o bien sustituida, total o parcialmente con leche descremada en polvo, pasteurizada o esterilizada y fermentada por medio de microorganismos específicos, siendo las principales las bacterias lácticas (García et al., 2010). Cuando las fermentaciones de la leche son realizadas por las bacterias lácticas se producen metabolitos como el ácido láctico, etanol, bacteriocinas y muchos otros compuestos que conservan la leche y le imparten características organolépticas distintivas (Shirai et al., 1996).

Las bacterias lácticas son un grupo de microorganismos probióticos representados por varios géneros con características morfológicas, fisiológicas y metabólicas en común. Su clasificación está basada en la morfología, modo de fermentación de la glucosa (homofermentativas y heterofermentativas), el crecimiento a diferentes temperaturas, la configuración del ácido láctico producido y la habilidad para crecer en medios altamente alcalinos o ácidos. Describe que la función de géneros de bacterias lácticas y otros microorganismos como probióticos, determinan las propiedades de las bacterias para la conservación y desarrollo de las características sensoriales de los alimentos como el olor, sabor, textura y calidad nutritiva. Además, que las principales aplicaciones de la bacteria lácticas se producen en la elaboración de las leches fermentadas y diversas variedades de quesos (Ramírez et al., 2011).

Para el estudio de la identificación y la genética de los microorganismos, Hernández, (2003) refiere algunas técnicas de biología molecular, entre las cuáles menciona la técnica Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), electroforesis de ácidos nucleicos y proteínas, secuenciación de DNA clonación de fragmentos de DNA. En microbiología permiten la detección de fragmentos de ácidos nucleicos (DNA o RNA) que son específicos de cada microorganismo, en diferentes materiales o muestras. Además, permiten la identificación de la especie bacteriana (Stambouljian, 2019).



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

El aislamiento, identificación y caracterización de grupos de bacterias lácticas en una muestra de queso venezolano ahumado andino artesanal realizado por Alvarado et al. (2007), se identificó tres géneros de bacterias *Lactococcus*, *Lactobacillus* y *Leuconostoc*. Además, se describieron la morfología de las cepas y se observó la actividad metabólica como cultivos iniciadores.

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio la constituye el distrito de Tierras Altas, el cual se localiza en la provincia de Chiriquí, República de Panamá, en la Cuenca Hidrográfica No. 102 denominada Chiriquí Viejo - Cuenca Alta (Figura 1). Está conformada por los corregimientos de Volcán, Cerro Punta, Cuesta de Piedra, Nueva California y Paso Ancho. Se caracteriza por su zona de vida bosque muy húmedo con 43,26% de la superficie y bosque húmedo tropical con 15,93%. Comprende clima oceánico de montaña y clima tropical de montaña media y alta. Los suelos de textura mimosa, color chocolate oscuro, formas irregulares con alta permeabilidad. La precipitación media anual de la cuenca es de 3,322 mm (Autoridad Nacional del Ambiente [ANAM], 2014).

Se realizó inspección en la zona de estudio, se tomaron datos de campo a través de observaciones *in situ*, sobre las características de las fuentes de extracción leche de ganado Jersey. También, se recopiló la información sobre las características biogeográficas del área de estudio con un equipo Garmin GPSMAP 66i. Se elaboró la cartografía del área de estudio a través de *Sistema de Información Geográfica* (SIG), cuyos datos fueron tomados en campo.

Se seleccionaron seis sitios de muestreos (fincas Grado A), en el corregimiento de Volcán, distrito de las Tierra Altas. En cada sitio se realizó un muestreo en frecuencia de 15 días por período de dos meses (diciembre a enero). En total se tomaron 24 muestras, cada muestra fue compuesta tomada de tercer chorro de la ubre de una vaca Jersey, previa desinfección, a través de equipo de ordeño instalado en los cuatro pezones. La vaca Jersey seleccionada como ejemplar en cada finca fue rotulada en la oreja con un dispositivo, para



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

la identificación en los subsiguientes muestreos. Las muestras fueron preservadas en envases esterilizados y en etanol absoluto en proporción de 4:9. Se aplicaron pruebas microbiológicas a cada muestra, las cuales se realizaron en el laboratorio microbiológico del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá y Laboratorio Microbiomas Foundation, Colombia. El análisis de datos se realizó con software especializado en estadística *Statistical Package for the Social Science-SPSS, 2017* y por comparación genética microbiana (Lozupone et al., 2011).

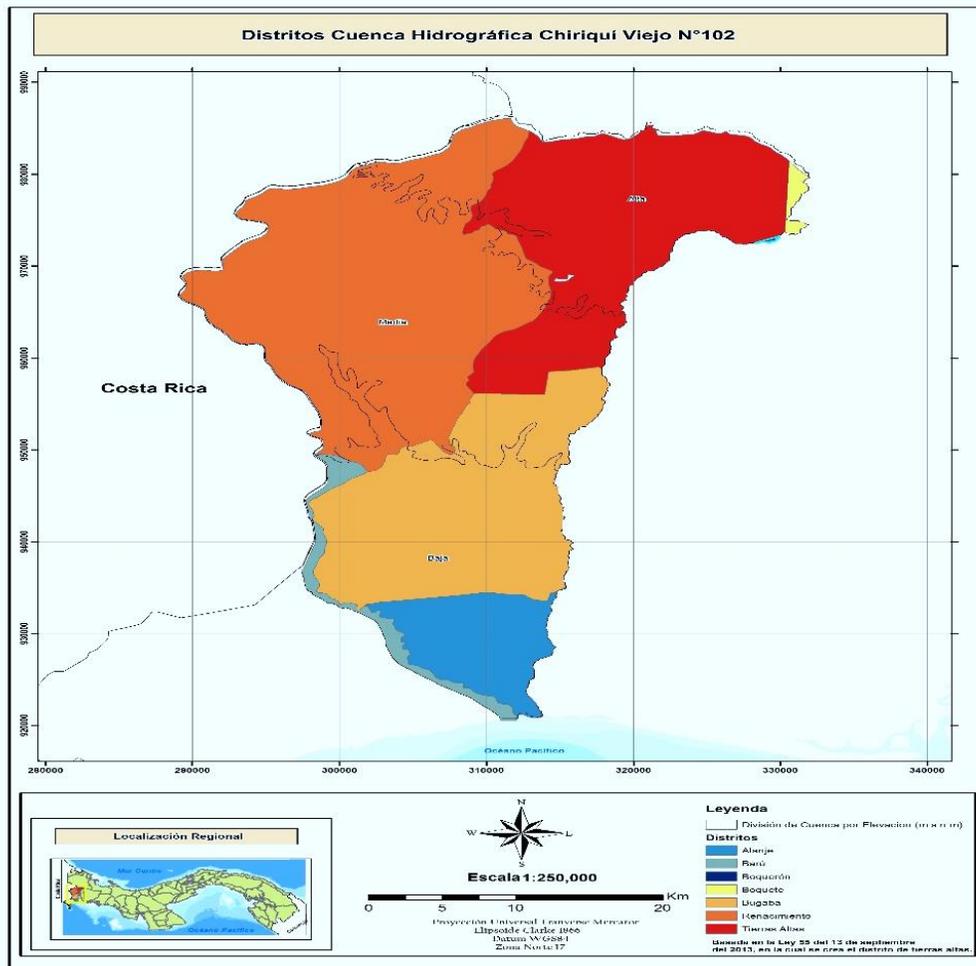


Figura 1. Distrito de Tierras Altas en la cuenca hidrográfica del río Chiriquí Viejo con base en datos recolectados en campo y procesados en Sistema de Información Geográfica (SIG), 2018. Instituto Geociencias, Universidad de Panamá.



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

Las pruebas microbiológicas realizadas fueron las siguientes:

1. Determinación de las características fenotípicas de las bacterias del ácido láctico.

- Aislamiento, purificación y preservación de las bacterias del ácido láctico: Este proceso implica la obtención de colonias bacterianas del ácido láctico puras y libres de contaminantes. Las bacterias del ácido láctico de 24 muestras se aislaron a través del método de siembra con asada en medio de cultivo de agar triptona soja (TSA), incubada a 38° C por 24 horas. La purificación se realizó mediante la técnica de Baird Parker incubada a la misma temperatura y tiempo. La preservación de las colonias de bacterias del ácido láctico se realizó en caldo luria (luria Bertani) incubada a 35° C por 24 horas (Acevedo et al., 2013).
- Identificación morfológica y agrupación de las bacterias del ácido láctico: Se emplearon técnicas de frotis, fijación y tinción diferencial para la identificación de bacterias Gram positivas y negativas (Aquihuati-Ramos et al., 2012). Las placas de bacterias del ácido láctico obtenidas fueron observadas en el microscopio Nikon Eclipse E200, con magnificación de 40x, 100x, 400x y 1000x (Nikon Company, 2016).
- Identificación de cepas y recuento de colonias: El método empleado permitió el conteo preciso de células de bacterias del ácido láctico. Se realizó mediante el método de tinción de las bacterias con fluorescente naranja acridina e iluminación a longitud de onda determinada, cuyas señales fluorescentes emitidas por las bacterias fueron recogidas por un foto-detector. El conteo se realizó automáticamente en el microscopio (Heer, 2007).
- Determinación de la oxidasa y catalasa: Para detectar la enzima oxidasa, se empleó la prueba de oxidasa a través de un método directo, el cual activa la reacción enzimática del sistema citocromo oxidasa para la identificación de bacterias patógenas como la *Neisseria* (+) y la *Pseudomonas*, que suponen contaminantes de la leche. Para esta prueba se utilizó cultivo bacteriano de las muestras de leche y la solución acuosa de diclorhidrato de tetrametil-p-fenilendiamina (reactivo de Kovacs) al 1%, el cual tiñe las colonias oxidasa positiva de color lavanda que degrada a púrpura, ante la presencia de las bacterias indicadas. Para la detección de la enzima catalasa se aplicó la prueba de catalasa. Esta



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

enzima se encuentra en las bacterias patógenas *Streptococcus* y cataliza la descomposición del peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno, lo que supone contaminación bacteriana de la leche. Se utilizó el peróxido de hidrógeno al 30% y cultivo bacteriano de las muestras de leche (Fernández et al., 2010).

- **Determinación de la actividad enzimática:** Mediante la siembra por estrías en medio de cultivo M5, se determinaron las cepas como homolácticas o heterolácticas (elaborado con un monosacárido denominado fructuosa como fuente de carbono), incubadas a 35° C. Se consideran homolácticas cuando el medio cambia a color verdoso y heteroláctica cuando no hay cambio de color (celeste) (Zuñiga et al., 1993).

Los cultivos fueron observados en Estereoscopio Binocular SFX-33 OPTIKA.

- **Determinación de la cinética de crecimiento de las bacterias del ácido:** El estudio del comportamiento de crecimiento poblacional de las cepas de bacterias del ácido láctico se llevó a cabo a través de este procedimiento. Se inoculó 100 ml de leche al 100% concentrada pasteurizada con 1 ml de agua peptonada preparada con 10^3 UFC/ml de la cepa de bacterias del ácido láctico a analizar. Para evaluar el recuento (\log_{10} UFC g^{-1}) en función del tiempo, se tomaron muestras de la anterior preparación, se inocularon en agar MRS y M17, *Lactobacillus* y *Lactococcus*, respectivamente. La incubación se realizó a 34° C por 8, 16, 24, 32, 48, 56, 64 y 72 horas. El conteo se realizó mediante observaciones macroscópicas, cámara de Neubauer y luego se elaboró la curva de crecimiento bacteriano (Ramírez-López y Vélez-Ruíz, 2016). Los cálculos paramétricos de crecimiento de las bacterias del ácido láctico se realizaron mediante el método propuesto por (Infansón y Rojas, 2016).

- **Determinación del antagonismo cruzado de las bacterias del ácido láctico:** Este proceso implicó la identificación de cepas compatibles para su aplicación potencial en la iniciación de fermentaciones lácticas. Se utilizaron 100 μ l de cultivo de bacterias del ácido láctico procedente de la leche, por cada 30 ml de caldo (Agar MRS - Becton Dickinson France, S.A.). Luego de la solidificación de las muestras, se hizo cuarto pocillos en el agar y se agregó 100 μ l del sobrenadante libre de células. Se aplicó refrigeración a 4° C, incubación a 30° C por 24 horas. Concluido el periodo, se verificó si existió la inhibición de crecimiento



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 bacterias del ácido láctico, mediante la presencia de halos, indicador de incompatibilidad o antagonismo (Ramírez-López y Vélez-Ruíz, 2016).

2. Determinación de las características genotípicas (moleculares) de las bacterias ácido lácticas.

Las características genotípicas corresponden al conjunto de información genética contenida en el DNA (genoma), la cual identifica en forma específica cada especie, en este caso las bacterias ácido lácticas. El método para la identificación se basó en la extracción y purificación del DNA, la amplificación génica, secuenciación genética y el análisis bioinformático.

Extracción y purificación del DNA: Consistió en la lisis o rompimiento de las estructuras contenidas en el citoplasma, la liberación de los líquidos, la retirada o purificación de las sustancias y la detección de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), métodos aplicados con base en Olivares, 2020 y Villegas-Plazas et al., 2019. La extracción a base de dodecil sulfato sódico (SDS) y bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB), adición de buffer TE 1x, realización de lisis mecánica e incubaciones en frío (Blanco-Jarvio et al., 2014).

Amplificación Génica: Se refiere al aumento en el número de copias de un fragmento de DNA, con la finalidad de aumentar el número de copias de un gen en el genoma de las bacterias del ácido láctico con base en las técnicas de la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR), descritas en (Crespo et al., 2011). El procedimiento consistió en preparar la mezcla de PCR: 10 ng de DNA extraído molde, regulador de la Taq DNA Polimerasa (1X) (Invitrogen, Brazil), $MgCl_2$ (2 mM), los iniciadores (16S SENSE y 16S ANTISENSE) (0.4 μ m), Taq DNA Polimerasa (IU) (Invitrogen). La mezcla se utilizó en las reacciones de amplificación utilizando un termociclador de DNA (TECHNE Inc. Burlington, NJ, U.S.A) a 35 ciclos en condiciones desnaturalización de 94° C, 1 min, alineamiento a 54° C, 1 min, polimerización a 72° C, 1 min. Los productos finales de la reacción en cadena de la polimerasa fueron analizados en gel de agarosa al 1% con regulador TAE 1X, teñido con Bromuro de etidio. El corrido del gel se realizó por 2 horas (Ramos-Izquierdo et al., 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/)

Secuenciación Genética: Se refiere a la ordenación y construcción de los genotipos del DNA (16S) de las bacterias del ácido láctico. La secuenciación se realizó por el método de microarrays, en el cual se empleó un soporte poroso (cristal) para facilitar la miniaturización. La detección de los pares de nucleótidos se basó en la técnica de fluorescencia y desarrollo de oligonucleótidos. Se realizó de acuerdo con los procedimientos descritos por (Campion y Canul, 2004).

Análisis Bioinformática (bancos de datos genéticos): Identificación de especies de las bacterias del ácido láctico, se realizó por comparación de los genotipos obtenidos con la secuenciación genética y las reportadas en los bancos de datos (Acceso a datos Beta Diversidad para comparación), referenciadas en Villegas-Plazas et al. (2019).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Características fenotípicas de las bacterias del ácido láctico.

▪ Morfología, Agrupación, Cepas y Recuento de las Bacterias del Ácido Láctico

Se muestra tres tipos de cepas de bacterias del ácido láctico (BAL) identificadas en la leche de ganado Jersey, las cuales son: los bacilos, bifidobacilos y los cocos (Cuadro 1). De cada muestra se obtuvo un cultivo puro que se caracterizó por el tipo de cepa (especie) identificada, por lo cual, se derivaron 11 cepas de bacilos con recuento total de 33 colonias promedio, una cepa de bifidobacilos con recuento total de dos colonias promedio y 12 cepas de cocos con recuento total de 41 colonias promedio. Significa que la proporción de cepas encontradas representa el 44% bacilos, 8% de bifidobacilos y 48% cocos. La mayor cantidad de colonias se encuentra en los cocos. La morfología identificada para las cepas de bacilos corresponde a cilíndricas; para las cepas bifidobacilos la morfología identificada es cilíndrica con sus extremos en forma de V, mientras que para los cocos la forma identificada es redonda. De acuerdo con las observaciones microscópicas, las formas y agrupaciones de las cepas de bacilos se presentaron en forma de bastón dispuestas en cadena, por lo que, se identificaron como estreptobacilos (*Streptobacillus*) (Figura 2). Las cepas de cocos se presentaron en forma circular y en agrupaciones en cadena, las cuales se identificaron como estreptococos (*Streptococcus*) (Figura 3). Las cepas bifidobacilos se identificaron cilíndricas dividido en dos partes en los extremos y en agrupaciones



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

ramificadas (Figura 4). Los resultados coinciden con los tipos de cepas, morfología y agrupaciones descritas por Carroll et al., 2016.

Según la tinción diferencial Gram positiva (+) o negativa (-), (Cuadro 1), las cepas de bacilos, bifidobacilos y las cepas de cocos se reportaron como Gram (+), por el color púrpura (azul intenso). Por consiguiente, se identificaron *Streptobacillus* Gram (+), *Streptococcus* Gram (+) y *Bifidobacillus* Gram (+). Significa que las bacterias identificadas pertenecen al grupo de bacterias del ácido láctico (BAL). Lo anterior revela la diversidad de especies de bacterias ácido lácticas, las cuales influyen en la producción y calidad de productos lácteos, por sus cualidades aromáticas y velocidad de fermentación láctica. Por comparación con los resultados de Ramírez-López y Vélez-Ruíz (2016), se reporta que las bacterias del ácido láctico corresponden a Gram (+) y pueden tener variabilidad de formas, agrupación y características influyentes en la fermentación de la leche, por lo que, constituye un potencial de interés en los procesos lácteos. En los seis sitios de toma de muestra, las bacterias ácido lácticas se distribuyeron en forma heterogénea en abundancia y diversidad.

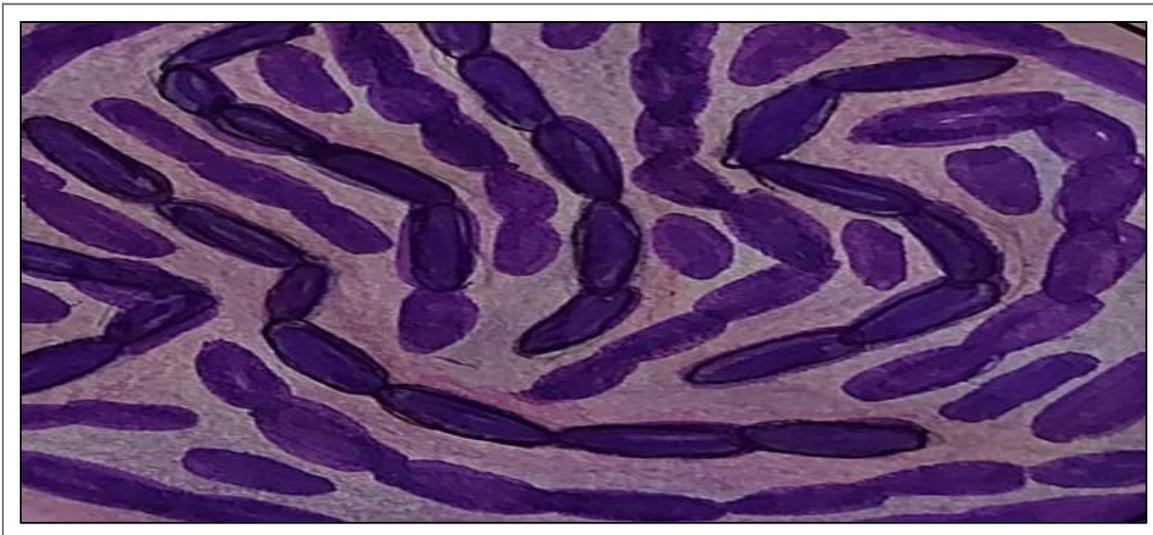


Figura 2. Agrupación y morfología identificada (Estreptobacilos). Tinción Gram (+). Microscopio Nikon Eclipse E200 (Nikon Company, 2016). Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.



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

Cuadro 1. Caracterización fenotípica de las bacterias ácido láctica.

No. de Muestras	Cultivos Obtenidos	Cepas Obtenidas	Recuento de Colonias Obtenidas Promedio	Tinción Diferencial (Gram positiva/negativa)	Agrupación Identificada	Morfología Identificada
M1	Puros	Bacilos	4	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M2	Puros	Cocos	3	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M3	Puros	Bacilos	2	Positiva (+)	Bifidobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en forma de V en los extremos
M4	Puros	Cocos	3	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M5	Puros	Bacilos	4	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M6	Puros	Bacilos	3	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M7	Puros	Cocos	5	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M8	Puros	Bacilos	3	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M9	Puros	Cocos	4	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M10	Puros	Cocos	4	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M11	Puros	Bacilos	3	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M12	Puros	Bacilos	3	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M13	Puros	Bacilos	2	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M14	Puros	Cocos	2	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M15	Puros	Cocos	4	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M16	Puros	Bacilos	2	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M17	Puros	Cocos	3	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M18	Puros	Cocos	4	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M19	Puros	Cocos	2	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M20	Puros	Bacilos	3	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M21	Puros	Bacilos	4	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M22	Puros	Bacilos	2	Positiva (+)	Streptobacilos	Célula en forma cilíndrica con disposición en cadenas
M23	Puros	Cocos	4	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas
M24	Puros	Cocos	3	Positiva (+)	Streptococos	Célula en forma redonda con disposición en cadenas

Fuente: Pruebas de las bacterias del ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica 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/)

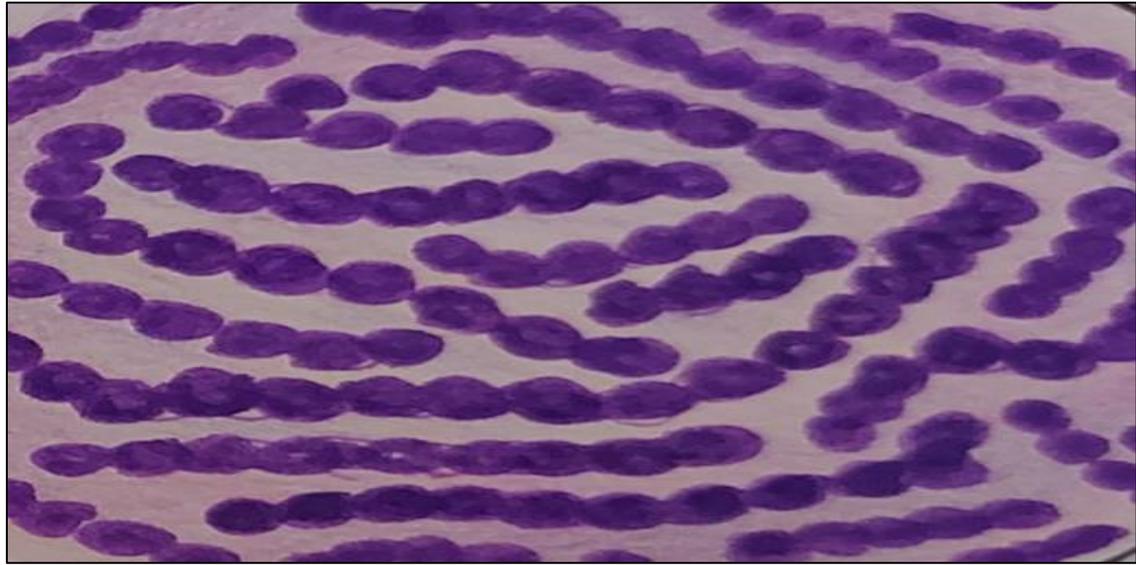


Figura 3. Agrupación y morfología identificada (Streptococos). Tinción Gram (+). Microscopio Nikon Eclipse E200 (Nikon Company, 2016). Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

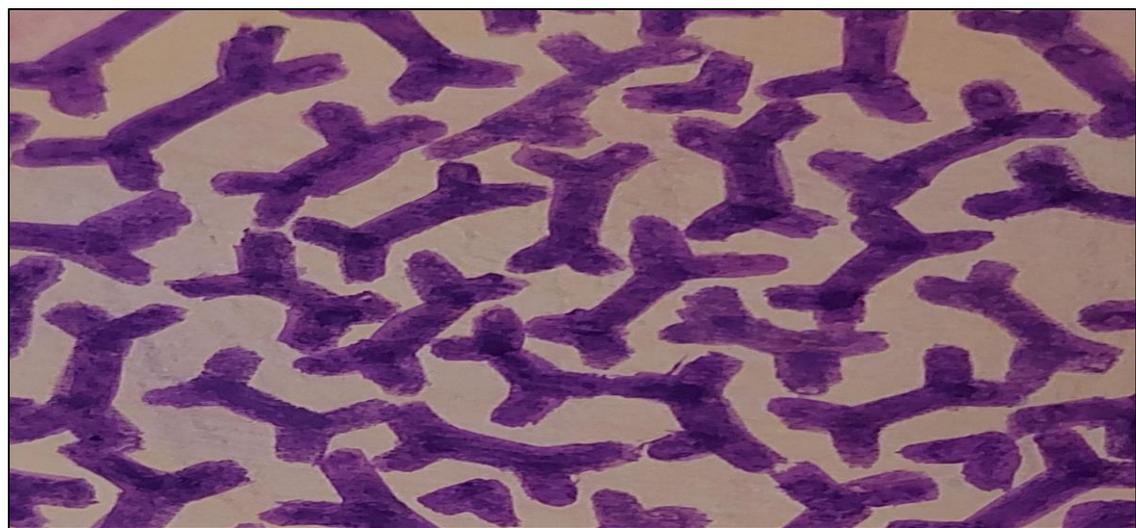


Figura 4. Agrupación y morfología identificada (Bifidobacilos). Tinción Gram (+). Microscopio Nikon Eclipse E200 (Nikon Company, 2016). Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.



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

▪ Catalasa, Oxidasa y actividad enzimática de las Bacterias del Ácido Láctico

En cuanto a las pruebas de oxidasa y catalasa (Cuadro 2), se presentaron negativas para las cepas de bacilos, bifidobacilos y cocos, puesto que, en las pruebas no hubo producción de gas, lo que significa que las enzimas oxidasa y catalasa están ausentes en estas cepas. El proceso indica que las cepas de bacilos, bifidobacilos y cocos corresponden a bacterias anaerobias (respiración celular en ausencia de oxígeno). Por lo tanto, la vía de respiración celular es la fermentación. En las 24 muestras analizadas (Cuadro 2) se identificó dos tipos de actividad enzimática de fermentación, las cuales son: heteroláctica y homoláctica. Las muestras M6 y M13 reportadas con cepas de bacilos (*Streptobacillus*), fueron las únicas donde se identificó la fermentación heteroláctica, ya que, el medio no cambio de color, permaneció en color celeste (Figura 5 a). Significa que el 2% de las muestras totales de las bacterias del ácido láctico (BAL) corresponden a heterofermentativas, por lo tanto, este grupo de cepas utilizan la ruta de la pentosa para el proceso de fermentación láctica. La fermentación homoláctica, se identificó en las 22 muestras restantes (M1 a M5; M7 a M12 y M14 a M24), reportadas con cepas de bacilos, bifidobacilos y cocos (*Streptobacillus*, *Bifidobacillus* y *Streptococcus*), debido al cambio de color del medio verdoso (Figura 5 b). Refiere que el 92% de las muestras totales de BAL son homofermentativas, por consiguiente, degradan glucosa por la vía glucólisis en la fermentación láctica. Estos resultados guardan similitud, con los reportados por Ramírez-López y Vélez-Ruíz (2016), donde afirma dos aspectos importantes de los análisis sobre las cepas de bacterias del ácido láctico a) que aquellas cepas con resultado de catalasa y oxidasa negativa no tienen producción de gas al adicionar H₂O₂ b) las bacterias del ácido láctico se consideran homolácticas, aquellas cepas cuyo medio cambia a verdoso; mientras que las cepas que no producen cambios en el color del medio (celeste) se consideran heterolácticas. La implicación que tiene estos hallazgos en los procesos industriales lácteos, es que la leche derivada del ganado Jersey posee características microbiológicas, bioquímicas y actividad enzimática diversas, que aportan diferentes rutas metabólicas para degradar los carbohidratos (lactosa). Por lo tanto, podrían reducir el tiempo de proceso, sabor, color y olor del producto final.



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. Prueba de Oxidasa, catalasa y actividad enzimática de las bacterias del ácido láctico.

No. Muestras	de Cultivos Obtenidos	Cepas Obtenidas	Prueba Oxidasa	Prueba Catalasa	Actividad Enzimática Identificada
M1	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M2	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M3	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M4	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M5	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M6	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Heteroláctica
M7	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M8	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M9	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M10	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M11	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M12	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M13	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Heteroláctica
M14	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M15	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M16	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M17	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M18	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M19	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M20	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M21	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M22	Puros	Bacilos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M23	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica
M24	Puros	Cocos	Negativa (-)	Negativa (-)	Homoláctica

Fuente: Pruebas de las bacterias del ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

▪ Cinética de Crecimiento de las Bacterias del Ácido Láctico

El comportamiento de las cepas obtenidas de la cinética de crecimiento de las bacterias del ácido láctico se muestra en la curva de crecimiento en función a los diferentes tiempos tomados.

La cinética de crecimiento poblacional de las bacterias del ácido láctico (Cuadro 3), refieren que la población de células en la muestra M1 en el medio de cultivo Agar MRS que identifica las cepas de *Streptobacillus* (conocidas como *Lactobacillus*), en comparación con población de células en la muestra M24 en Agar M17, que determina las cepas 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/)

Streptococcus (conocidas como *Lactococcus*), a temperatura estandarizada a 34° C, difieren en el crecimiento poblacional. Los resultados se reflejaron en dos muestras, ya que, se consideró las pruebas en la fase inicial y la fase final de tomas de muestras. Las especies *Lactobacillus* y *Lactococcus* identificadas son susceptibles a responder al crecimiento en medios de cultivo Agar MRS y Agar M17, respectivamente, conocidos como indicadores de especies y su cinética de crecimiento.

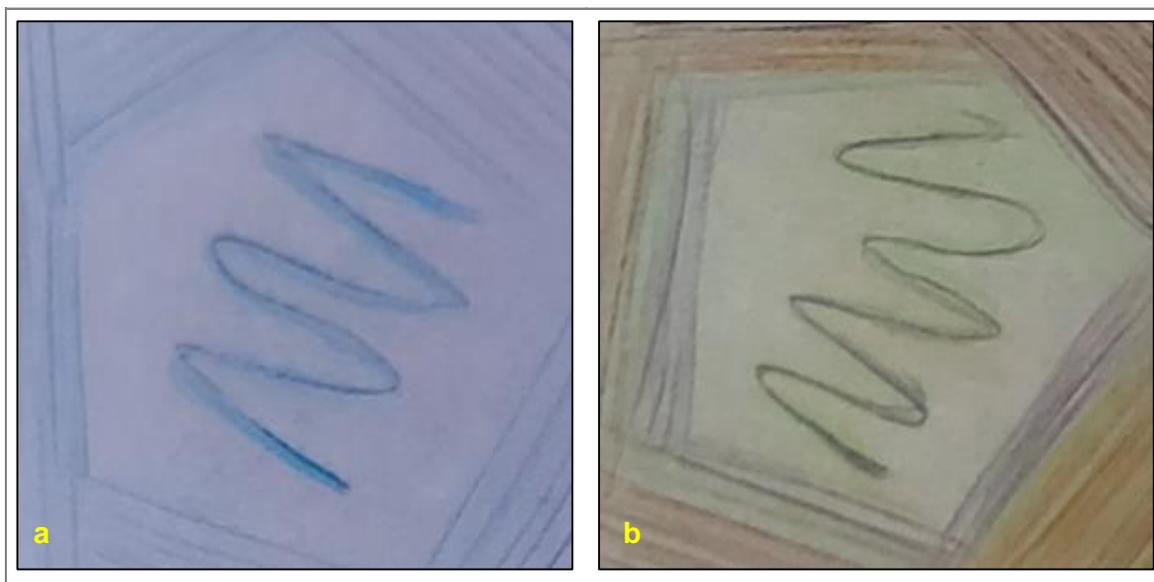


Figura 5. Actividad enzimática a) Heteroláctica b) Homoláctica. Estereoscopio Binocular SFX-33 OPTIKA. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Los *Lactobacillus* presentan mayor crecimiento poblacional que los *Lactococcus*, en la medida que transcurre el tiempo de exposición en los medios de cultivos. En la Figura 6, se muestra que el crecimiento poblacional de los *Lactobacillus* se manifiesta en forma exponencial, es decir, el número de células se incrementa proporcionalmente al aumentar el tiempo de exposición en el medio nutritivo. El punto máximo de crecimiento se alcanza a las 72 horas con log 44,79, luego el crecimiento se mantiene constante de 96 a 120 horas. En el caso del crecimiento poblacional de los *Lactococcus* (Figura 7), el crecimiento poblacional es similar y de carácter proporcionalmente directo. El crecimiento máximo se alcanza a las 72 horas, pero con valor menor en log 44,65. Estadísticamente la diferencia



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 valores entre los *Lactobacillus* y *Lactococcus*, corresponde a Log 0,14, considerado similar. De acuerdo con la comparación de estos resultados con los obtenidos por Agudelo et al. (2010), ambas cepas (*Lactobacillus* y *Lactococcus*), presentan cinética de crecimiento similar. Igualmente, estos resultados se contrastaron con los presentados por López (2016) y se determinó que las dos cepas mencionadas, modelan la curva de crecimiento bacteriano en tres fases: fase de adaptación (inicial), fase exponencial (ascenso del crecimiento) y fase estacionaria (se detiene el crecimiento poblacional y se mantiene constante), Figura 6 y 7. El análisis de la cinética de crecimiento poblacional de *Lactobacillus* y *Lactococcus*, revelan el comportamiento de crecimiento poblacional favorable para la fermentación láctica y la posibilidad de uso de estos microorganismos como fermentos iniciadores para mejorar los procesos en la industria láctea.

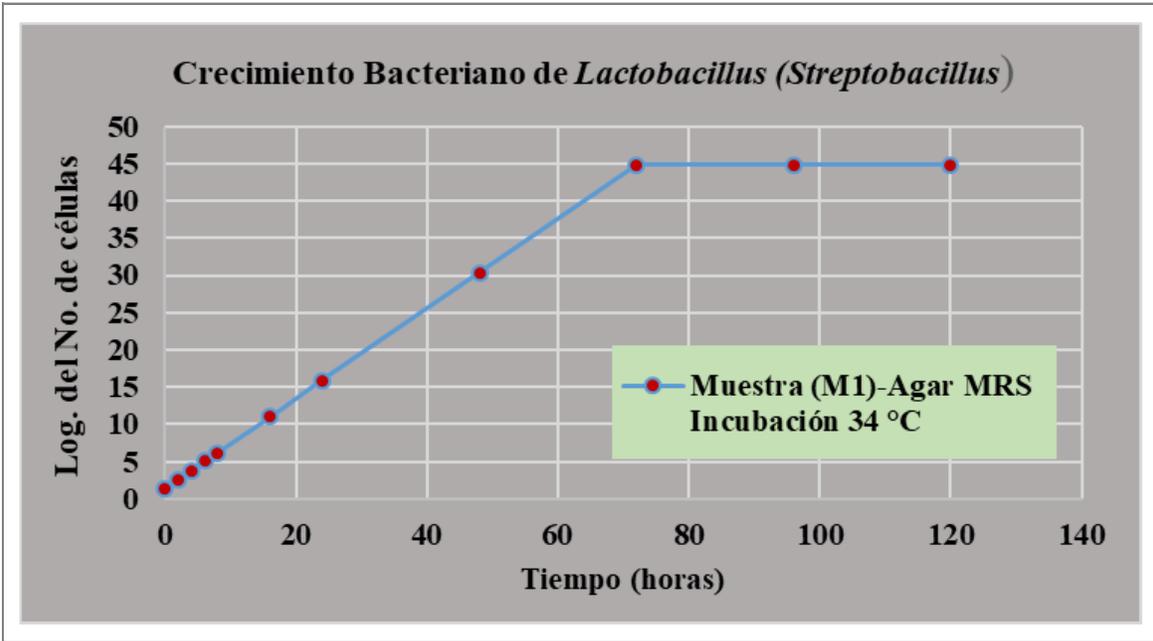
Cuadro 3. Cinética de crecimiento poblacional de las bacterias del ácido láctico.

Tiempo horas (h)	Cepas (Crecimiento Poblacional)			
	Muestra (M1)-Agar MRS Incubación 34 °C Streptobacilos		Muestra (M24) - Agar M17 Incubación 34 °C Streptococos	
	Número de células bacterianas $X=X_0e^{\mu t}$	Logaritmo del número de células bacterianas (Log X)	Número de células bacterianas $X=X_0e^{\mu t}$	Logaritmo del número de células bacterianas (Log X)
0	28	1.45	20	1.3
2	448	2.65	320	2.51
4	7168	3.85	5120	3.71
6	114688	5.1	81920	4.91
8	1835008	6.23	1310720	6.12
16	1.20×10^{11}	11.07	8.58×10^{10}	10.93
24	7.88×10^{15}	15.89	5.62×10^{15}	15.75
48	2.21×10^{30}	30.34	1.58×10^{30}	30.19
72	6.24×10^{44}	44.79	4.46×10^{44}	44.65
96	6.23×10^{44}	44.79	4.40×10^{44}	44.64
120	6.22×10^{44}	44.79	4.35×10^{44}	44.64

Fuente: Pruebas de las bacterias ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá y los cálculos del número de células de las BAL, mediante el modelo matemático por Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2016).

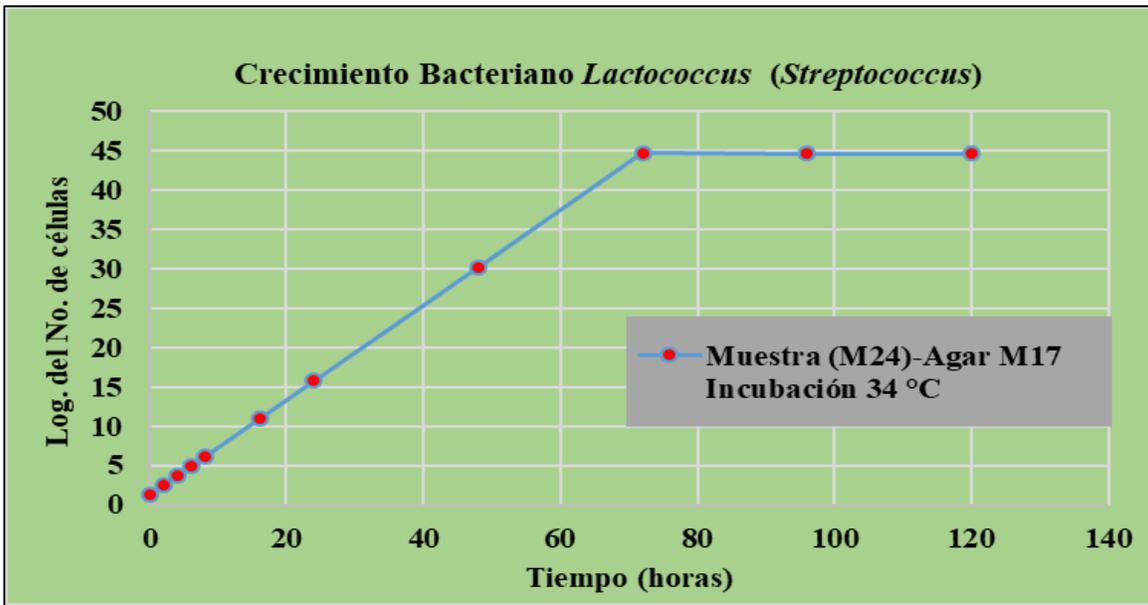


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



Fuente: Pruebas de las bacterias ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Figura 6. Cinética de crecimiento de bacterias del ácido láctico (*Streptobacillus*).



Fuente: Pruebas de las bacterias ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Figura 7. Cinética de crecimiento de bacterias del ácido láctico (*Streptococcus*).



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

▪ **Antagonismo Cruzado de las Bacterias del Ácido Láctico**

La compatibilidad de las bacterias ácido lácticas, refieren la afinidad fisiológica y bioquímica entre las especies para la actividad enzimática, por el contrario, la incompatibilidad indica disimilitud fisiológica y bioquímica de las especies (Ramírez-López y Vélez-Ruíz, 2016). Los resultados obtenidos revelan que siete pares y un impar de cepas son compatibles fisiológica y bioquímicamente, pues en la unión de cepas no se formó halos (indicador de compatibilidad en la prueba de antagonismo cruzado). Las propiedades identificadas son determinantes en la aplicación de los procesos lácteos, ya que, permiten obtener mixtos o mezclas de cepas para favorecer la biomasa de microorganismos, por ende, modificar la velocidad de fermentación láctea y el producto formado con características específicas de sabor, olor y color en los procesos industriales en contraste, el resultado obtenido en el par de cepa incompatible, identificado antagónico, pues se formó halos, permitió reconocer mixtos de cepas que son inadecuados para utilizar en procesos lácteos .

En lo que se refiere a la prueba del antagonismo cruzado, se presentó negativa (Cuadro 4). Se determinó al azar la compatibilidad de cepas en las siguientes muestras: M17 y M24; M8 y M24; M12 y M24; M1 y M24; M8, M1 y M12; M1 y M3; M8 y M3; M24 y M3. De acuerdo con las observaciones microscópicas, los conjuntos de muestras mencionados presentaron sobrenadantes libres de las células en los pocillos del medio de cultivo (agar), sin formación de halos, lo que indica la compatibilidad entre las cepas. Por lo tanto, estos cultivos mixtos revelan potenciales iniciadores de fermentación láctica con características variadas. Por el contrario, las cepas M17 y M8 (Figura 8), en las pruebas del antagonismo cruzado, resultaron positivas, ya que, se identificó la formación de halos de inhibición en el medio de cultivo (Agar MRS), lo que indica que no es posible la mezcla de los conjuntos de cepas M17 y M8, no hay afinidad fisiológica, bioquímica y son antagónicas. La presencia o ausencia de halos (indicador) en las muestras revelan antagonismo (incompatibilidad) o afinidad (compatibilidad), respectivamente en las cepas de bacterias ácido lácticas. El comportamiento presencia-ausencia de halos, se explica por el efecto de la susceptibilidad de las bacterias ácido lácticas a partir de su exposición a la concentración estandarizada de Agar MRS. Por comparación, estos resultados son similares a los obtenidos por Ramírez-López y Vélez-Ruíz (2016), donde muestra el antagonismo cruzado entre las cepas de bacilos y cocos.

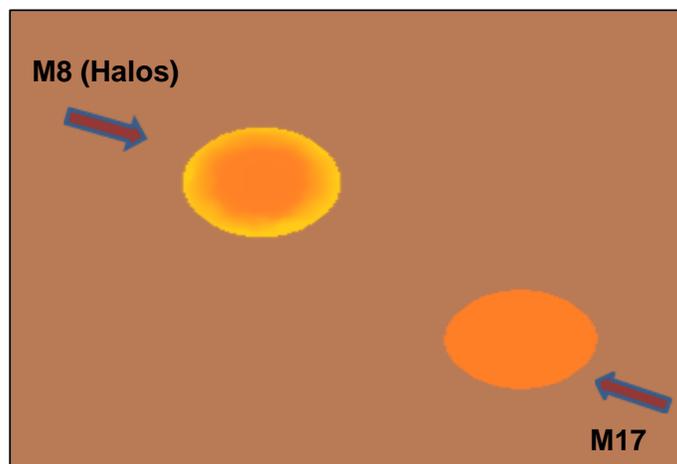


Este trabajo está licenciado bajo una [licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Cuadro 4. Prueba del antagonismo cruzado entre cepas (compatibilidad o antagonismos).

No. Muestras	de Cultivos Obtenidos	Prueba del Antagonismo Cruzado	Indicador fisiológico	Carácter Fisiológico	Agrupación Identificada
M17	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptococcus</i>
M24	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptococcus</i>
M8	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptobacillus</i>
M24	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptococcus</i>
M12	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptobacillus</i>
M24	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptococcus</i>
M1	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptobacillus</i>
M24	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptococcus</i>
M17	Puros	Positivo	Sin formación de halos	Antagónico	<i>Streptococcus</i>
M8	Puros	Positivo	Formación de halos		<i>Streptobacillus</i>
M8	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptobacillus</i>
M1	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptobacillus</i>
M12	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>Streptobacillus</i>
M1	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptobacillus</i>
M3	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>bifidobacillus</i>
M8	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptobacillus</i>
M3	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>bifidobacillus</i>
M24	Puros	Negativo	Sin formación de halos		<i>Streptococcus</i>
M3	Puros	Negativo	Sin formación de halos	Compatible	<i>bifidobacillus</i>

Fuente: Pruebas de antagonismo cruzado de las bacterias ácido láctico, 2018. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.



Fuente: Elaboración propia. Estereoscopio Binocular SFX-33 OPTIKA. Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Figura 8. Antagonismo cruzado de las bacterias del ácido láctico (BAL): conjunto de cepas M8 y M17. La cepa M8 *Streptobacillus (Lactobacillus)* produce halos. La cepa M17 *Streptococcus (Lactococcus)* no produce halos. Ambas cepas son antagónicas.



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

1. Características genóticas (moleculares) de las bacterias del ácido láctico

Las referencias obtenidas del análisis molecular para la identificación de las especies de bacterias del ácido láctico (Cuadro 5), indican que la composición del microbioma de bacterias del ácido láctico se definen en seis especies identificadas y distribuidas en tres géneros los cuales son: el género *Streptococcus* (*Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*), género *Lactobacillus* (*Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, y *Lactobacillus delbrueckii*) y el género *Bifidobacterium* (*Bifidobacterium bifidum*). El género *Streptococcus* representa el 33% de composición de especies, el género *Lactobacillus* el 50% y el género *Bifidobacterium* el 17%.

Los valores indican que la agrupación de *Lactobacillus* es la predominante en el microbioma de bacterias del ácido láctico y su diversidad biológica es más acentuada debido a la mayor cantidad de especies. La diversidad de especies identificadas en la leche de ganado Jersey coinciden con los reportados en investigaciones realizadas por Ramírez et al., 2011. También el género *Bifidobacterium*, identificado en la cepa M3, con la especie *Bifidobacillus bifidum*, revela la presencia de especies probióticas en la leche de ganado Jersey. En cuanto a la distribución de las bacterias de ácido lácticas en los sitios de toma de muestras, los resultados fueron los siguientes:

Sitio 1: 50% *Streptococcus*, 25% *Lactobacillus*, 25% *Bifidobacterium*.

Sitio 2: 75% *Lactobacillus*, 25% *Streptococcus*.

Sitio 3: 50% *Lactobacillus*, 50% *Streptococcus*

Sitio 4: 50% *Lactobacillus*, 50% *Streptococcus*

Sitio 5: 25% *Lactobacillus*, 75% *Streptococcus*

Sitio 6: 50% *Lactobacillus*, 50% *Streptococcus*

El hallazgo se corresponde con los reportados en las investigaciones realizadas por Ramírez et al., 2011, donde se identificaron los géneros *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, cepas del grupo de bacterias ácido lácticas.



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

Cuadro 5. Especies identificadas por análisis molecular en función de las agrupaciones obtenidas de la prueba del antagonismo cruzado.

No. de Muestras	Cultivos Obtenidos	Especies Identificadas por Análisis Molecular	Mezcla de Cepas Identificadas como Cultivos Iniciadores
M17	Puros	<i>Lactococcus lactis</i>	Compatible
M24	Puros	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
M8	Puros	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Compatible
M24	Puros	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
M12	Puros	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Compatible
M24	Puros	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
M1	Puros	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	Compatible
M24	Puros	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
M17	Puros	<i>Lactococcus lactis</i>	Compatible
M8	Puros	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	
M8	Puros	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Compatible
M1	Puros	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	
M12	Puros	<i>Lactobacillus helveticus</i>	Compatible
M1	Puros	<i>Lactobacillus delbrueckii</i>	
M3	Puros	<i>Bifidobacterium bifidum</i>	Compatible
M8	Puros	<i>Lactobacillus acidophilus</i>	
M3	Puros	<i>Bifidobacillus bifidum</i>	Compatible
M24	Puros	<i>Streptococcus thermophilus</i>	
M3	Puros	<i>Bifidobacillus bifidum</i>	

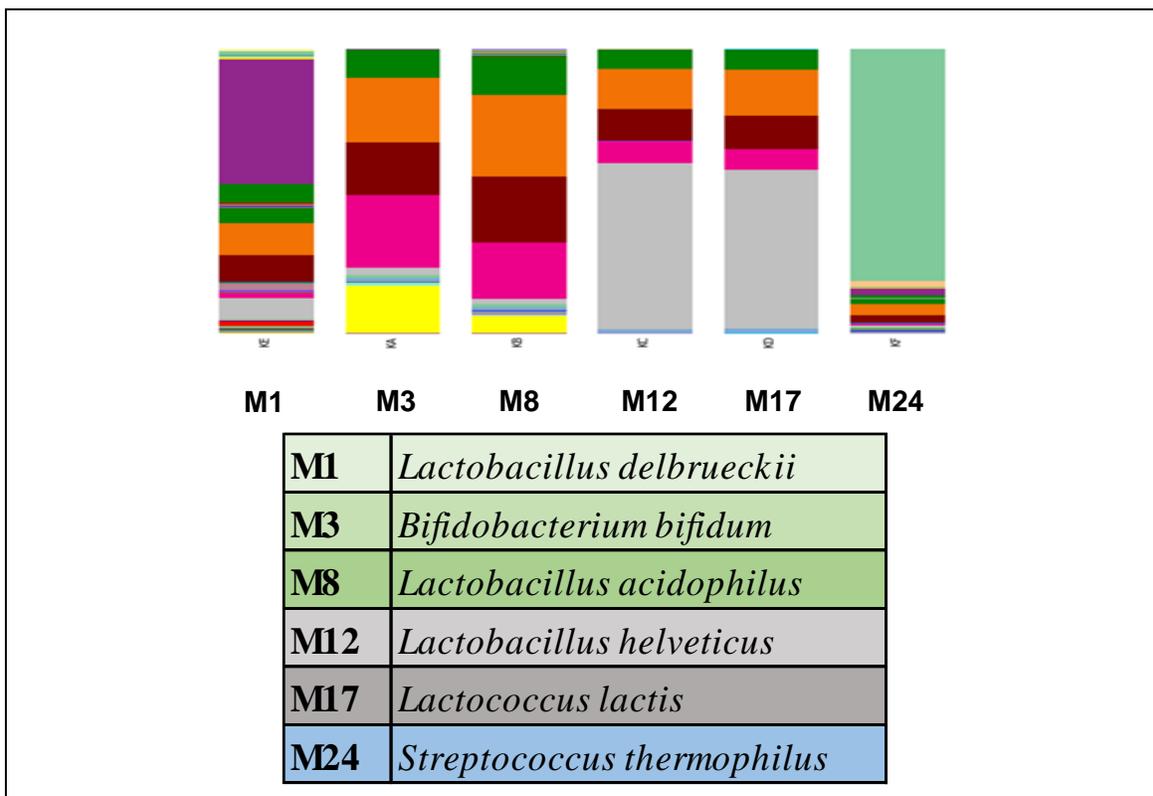
Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos de las extracciones de DNA en las bacterias ácido láctico, 2018. Laboratorio de Biología Molecular de Microbiomas Foundation, Colombia y Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

La secuenciación DNA de las cepas aisladas puras M1, M3, M8, M12, M17, M24 representada en los bloques 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (Figura 9) refieren la disposición, distribución y diversidad genotípica de cada una de las especies identificadas, importantes en la diferenciación para el reconocimiento molecular e identificación de especies de bacterias del ácido láctico. Los genotipos identificados (Figura 9) se corresponden con los encontrados en las investigaciones de Cremonesi et al. (2018), los cuales son: *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus delbrueckii* y *Bifidobacterium bifidum*. Los hallazgos sobre los genotipos de las bacterias ácido lácticas, han permitido comprender y descifrar el código genético de estas bacterias, por ende, su



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, abordar las posibles formas de comportamientos fisiológicos y bioquímicos aplicables a los procesos industriales de fermentación láctea y producción de derivados lácteos. Lo anterior sugiere, áreas de investigación futura basada en la relación entre los genotipos de las bacterias ácido lácticas y los procesos de fermentación láctica.



Fuente: Elaboración propia con base en resultados obtenidos de las extracciones de DNA, amplificación genética PCR y secuenciación con acceso a datos Beta Diversidad para comparación (Bioinformática). Laboratorio de Biología Molecular de Microbiomas Foundation, Colombia y Laboratorio de Microbiología del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA), Universidad Tecnológica de Panamá.

Figura 9. Secuenciación DNA (genes) que definen las especies de bacterias del ácido láctico.

Referente a las limitantes para el desarrollo de la técnica de secuenciación de DNA, han sido la disponibilidad de los laboratorios especializados de biología molecular y la accesibilidad a bancos de datos informáticos disponibles para la comparación de genotipos de bacterias ácido lácticas.



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

- Las formas y agrupaciones predominantes de bacterias ácido lácticas en la leche de ganado Jersey, fueron los estreptococos, estreptobacilos y bifidobacilos, correspondientes a Gram+.
- En la leche de ganado Jersey se producen dos tipos de actividad enzimática de fermentación, las cuales son: heteroláctica y homoláctica.
- El crecimiento de bacterias ácido lácticas se manifiesta en forma exponencial modeladas en la fase de adaptación, fase exponencial y fase estacionaria, favorables a la fermentación láctica.
- Se manifestó compatibilidad entre las cepas de bacterias ácido lácticas, lo que revela la potencialidad para producir mixtos como iniciadores de fermentación láctica.
- La composición de las bacterias del ácido láctico que caracteriza la leche de ganado Jersey, es diversa: dos especies correspondiente al género de *Streptococcus*, tres especies pertenecientes al género *Lactobacillus* y una especie representada en el género *Bifidobacillus*.

REFERENCIAS

- Acevedo, R.L., Severiche, C., y Castillo, M., (2013). *Biología y microbiología ambiental*. Prácticas de laboratorio. Primera Edición. EUMED.NED, España. 94 p.
- Agudelo, C., Ortega, R., y Hoyos, J. (2010). Determinación de los parámetros cinéticos de los inóculos lácticos: *Lactobacillus plantarum* A6 y bacterias ácido lácticas de yogurt. Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Universidad de Cauca. Colombia*, 8(2), 8-16. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612010000200002



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

- Alvarado, C., Chacón, Z., Rojas, J., Guerrero, B., y López, G. (2007). Aislamiento, identificación y caracterización de las bacterias del ácido láctico de un queso venezolano ahumado andino artesanal Su uso como cultivo iniciador. *Revista Científica*, 17(3), 301 – 308. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592007000300014
- Aquihuati-Ramos, M.A., Volke, T., Prado, L., y Shirai, K. (2012). *Manual de Practicas de laboratorio-microbiología general*. Primera Edición. Editorial Casa Abierta al Tiempo. Universidad Autónoma Metropolitana. Unidad Iztapalapa. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D.F.
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2014). *Informe del Estado del Ambiente, GEO-Panamá*. Panamá, República de Panamá. Editora Novo Art S.A. Apoyo de: Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) / Banco Interamericano de Desarrollo (BID). ISBN: 978-9962-651-33-8, 168 pp. http://www.pnuma.org/deat1/pdf/GEO_Panama_2014.pdf
- Blanco-Jarvio, A., Martínez-López, A., y Bautista-García, A. (2014). Optimización de un protocolo de extracción de DNA total para la amplificación de marcadores moleculares funcionales específicos de organismos desnitrificantes. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Av. Instituto Politécnico Nacional S/N, Col. Playa Palo de Santa Rita, A.P. 592. La Paz, B.C.S, México. C.P. 23096. *CICIMAR Oceanides*, 29(2), 37-44. <https://doi.org/10.37543/oceanides.v29i2.138>
- Carroll, K. Morse, S., Mietzner, T., y Miller, S. (2016). *Microbiología Médica*. 27 Edición. Editorial McGraw Hill Education /Interamericana Editores, S.A. Mexico, D.F. 865 p.
- Campion, R., y Canul J.C. (2004). *Métodos fisico-químicos en biotecnología: secuenciación de ácidos nucleicos*. Instituto de Biotecnología, Universidad Nacional de México. Cuernavaca NOR. 47 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/)

Cremonesi, P., Ceccarani, C., Curone, G., Severgini, M., Pollera, C., Bronzo, B., Riva, F., Amadori, M., Trevisi, E., Vigo, Daniele., Moroni, P., y Castiglioni, B. (2018). Milk microbiome diversity and bacterial group prevalence in a comparison between healthy Holstein fresian and rendena cows. *PloS one*, 13(10), 1-20. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205054>

Crespo, E., De La Mora, A., Martínez, A., y Staines, H. (2011). *Manual de prácticas de biología molecular*. Programa de Biología. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. México. 69 p. https://www.academia.edu/8094770/UNIVERSIDAD_AUT%C3%93NOMA_DE_CIUADAD_JU%C3%81REZ_INSTITUTO_DE_CIENCIAS_BIOM%C3%89DICAS_DEPARTAMENTO_DE_CIENCIAS_QU%C3%8DMICO_BIOL%C3%93GICAS_PROGRAMA_DE_BIOLOG%C3%8DA

De los Reyes, G., Molina, B., y Coca, R. (2010). *Calidad de la leche cruda: Primer foro sobre ganadería lechera de la zona Alta de Veracruz*. Sistemas Pecuarios del Estado de Veracruz. Memorias. México. 10 p. https://www.uv.mx/apps/agronomia/foro_lechero/Bienvenida_files/CALIDADDELA_LECHECRUDA.pdf

Fernández, A. García, C., Sáez, J., y Valdezate, S. (2010). *Procedimiento en microbiología clínica: métodos de identificación bacteriana en el laboratorio de microbiología*. SEIMC, Edición No. 1. España.

García, M., Quintero, R., y López, M. (2010). *Productos lácteos en biotecnología alimentaria*. Limusa Noriega Editores. García Garibay M., Quintero Ramírez Rodolfo, Agustín López – Munguía Canales. Compiladores. México, D.F. 163-178 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/)

- Heer, G. (2007). *Microbiología de la Leche*. Cátedra de Tecnología de la Leche. Facultad de Ciencias Agropecuarias. UNL. 19 p.
- Hernández, P. (2003). Técnicas moleculares: un avance en el diagnóstico y conocimiento de patologías oculares. *Molecular Techniques Reviews*, 1 (1), 113-123. <https://ciencia.lasalle.edu.co/svo/vol1/iss1/9/>
- Infansón, B., y Rojas, A. (2016). *Curva de crecimiento bacteriano en la producción de proteínas recombinantes*. Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud. Universidad Nacional de Asunción. Paraguay. NSI DENV Cn3D 4.3.1. 27 p.
- López-Jácome, L., Hernández, M., Colín, C., Ortega, S., Cerón, C., y Franco, F. (2014). Las tinciones básicas en el laboratorio de microbiología. Centro Nacional de Investigación y Atención a Quemados. Xochimilco. *Revista Investigación en Discapacidad-Medigaphic*, 3(1), 10-18. <https://www.medigraphic.com/pdfs/invdiss/ir-2014/ir141b.pdf>
- López, L. (2016). *Curva de crecimiento bacteriano en la producción de proteínas recombinantes*. Departamento de Biología Molecular y Biotecnología. Instituto de Investigaciones Biomédicas. Universidad Nacional Autónoma de México. 27 p.
- Lozupone, C., Lladser, M.E., Knights, D., Stoumbaugh, J., y Knight, R. (2011). UniFrac: An effective distance metric for microbial community comparison. *The ISME Journal*, 5(2), 169-172. <https://doi.org/10.1038/ismej.2010.133>
- Madigan, M., y Martiniko, J. M. (2009). *Brock biología de los microorganismos*. Brock, Barrachina, Coral, et. al (Traducción). Duodécima Edición. Pearson Educación, S.A. Ribera del Loira, 28. Madrid, España.
- Nikon Company. (2016). *Operating Instructions. Microscope ECLIPSE E200 MV Series, E200 LED MV Series*. <https://www.mvi-inc.com/wp-content/uploads/E200MV%20LED%20E200%20MV.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/)

Olivares, M. S. (2020). *Estudio de Metodologías de Extracción y Purificación de DNA de Alimento para Amplificación por PCR*. Tesis de Maestría en Ciencias y Tecnología de Alimentos. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

<https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/16094/13813%202020%20tesis%20Olivares%20soledad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramírez-López, C., y Vélez-Ruíz, J. (2016). Aislamiento, caracterización y selección de bacterias lácticas autóctonas de leche y queso fresco artesanal de cabra. Departamento de Ingeniería Química, Alimentos y Ambiental, Universidad de las Américas Puebla, Ex Hacienda Sta. Catarina Mártir S/N, Cholula, Puebla. C.P.72810. México. *Información Tecnológica*, 27(6), 115-128.

https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642016000600012

Ramírez, J., Rosas, P., Velázquez, M., Ulloa, J., y Arce, F. (2011). Bacterias lácticas: importancia en alimentos y sus efectos en la salud. *Revista Fuente*, (7), 1-16.

<http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/1.pdf>

Ramos-Izquierdo, B., Bucio-Galindo, A., Bautista-Muñoz, C., Aranda-Ibáñez, E., e Izquierdo-Reyes, F. (2009). *Aislamiento, identificación y caracterización de bacterias ácido lácticas para la elaboración de queso crema tropical*. *Revista Universidad y Ciencia Trópico Húmedo*, 25(2),159-171.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-29792009000200006

Stambouljan, D. (2019). Técnicas moleculares de microbiología en la práctica diaria. *Revista Bioanálisis*, 15-17.

https://www.stambouljan.com.ar/pdf/Tecnicas_moleculares.pdf

Shirai, K. Guerrero, I., y Lara, P. (1996). *Bacterias lácteas en alimentos fermentados*. *Revista Ciencia*, 47, 125-137.



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

Sistema de Información Geográfica. (2018). *Software desarrollado por Compañía Propietaria ESRI* (Environmental Systems Research Institute). Versión aportada por el Instituto Geociencias, Universidad de Panamá.

Statistical Package for the Social Sciences-SPSS. (2017). *Software desarrollado por Compañía International Business Machines*. Versión aportada por el Instituto de Geociencias, Universidad de Panamá.

Vega, M. J., y Quintero, R. I. (2023). Caracterización fisicoquímica y microbiológica de la leche de ganado Jersey en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria*, No. 36, 96-117. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/607/487>

Ville, C. (1996). *Biología*. Espinosa, Roberto (traducción). Octava Edición. Editorial McGraw-Hill Editores, S.A. de C.V. P.S. México, D.F. 944 p.

Villegas-Plazas, M., Wos-Oxley, M., Sánchez, J., Pieper, D., Thomas, O., y Howard, J. (2019). Variations in microbial diversity and metabolite profiles of the tropical marine sponge *xestospongia muta* with season and depth. [Project: RG Microbial Ecology: Metabolism, Genomics and Evolution - Microbiomas Foundation](https://doi.org/10.1007/s00248-018-1285-y). *Microbial Ecology*, 78, 243-256. <https://doi.org/10.1007/s00248-018-1285-y>
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30413836/>

Zúñiga, M., Pardo, I., y Ferrer, F. (1993). An improved medium for distinguishing between homofermentative and heterofermentative lactic acid bacteria. *International Journal of Food Microbiology*, 18 (1), 37– 42.



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

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a las Fincas del distrito de Tierras Altas, provincia de Chiriquí, por proporcionar el hato de ganado Jersey para la toma de muestras de leche y al Instituto de Geociencias de la Universidad de Panamá, por el apoyo con el SIG y SPSS. Igualmente, a los colaboradores del Centro de Producción e Investigaciones Agroindustriales (CEPIA) y Universidad Tecnológica de Panamá, por facilitar los laboratorios para la realización de las pruebas físicoquímicas y microbiológicas. También, agradecimiento al laboratorio físicoquímico y microbiológico, planta térmica de pasteurización, ultrapasteurización y esterilización de la Empresa Procesadora de lácteos Riba Smith, provincia de Panamá. También agradecimiento al Laboratorio de Biología Molecular de Microbiomas Foundation, 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/)

CARACTERIZACIÓN DE SUELOS EN ÁREAS PRODUCTIVAS DE LA REGIÓN DE AZUERO-PANAMÁ¹

José Ezequiel Villarreal-Núñez²; Iván Alexis Ramos-Zachrisson³

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos de áreas productivas de la región de Azuero-Panamá, con la finalidad de elaborar mapas digitales que sirvan de apoyo para la toma de decisiones por expertos. El estudio se realizó desde el año 2015 hasta el 2018 en las provincias de Herrera y Los Santos. Se procedió con el muestreo georreferenciado de suelos entre 0 y 2 m de profundidad del perfil, una calicata cada 25 km², en un área total de 6150 km². Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio de Suelos del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), donde se procedió con el análisis de textura, pH, contenido de macro y micronutrientes, materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y porcentaje (%) de saturación de aluminio. Los mapas se elaboraron por medio del programa Quantum GIS 2.8.2., considerando los niveles críticos definidos por el IDIAP en 1987. Se elaboró una base de datos con los resultados de los análisis físicoquímicos de los suelos de los 262 perfiles muestreados y sus coordenadas georreferenciadas en el terreno. Se obtuvieron mapas para 12 propiedades de suelo. Se determinó la variabilidad en el contenido de arcilla desde 4% en Potuga-Parita, provincia de Herrera, hasta >50% en Nalú-Guararé, provincia de Los Santos. En Herrera, el 51% de los suelos tienen pH < 5,0 y 36% saturación de aluminio >25%. En Los Santos el 36% tenían pH entre 5,6 y 5,9 y 11% alta saturación de aluminio. Con excepción de la composición textural, las propiedades de los suelos en ambas provincias están siendo muy influenciadas por el manejo dado al suelo.

Palabras clave: Base de datos, calicatas, mapeo digital de suelos, propiedades del suelo, sistemas de información geográfica.

¹Recepción: 14 de marzo de 2023. Aceptación: 13 de marzo de 2024. Proyecto Zonificación Agroecológica de Suelos de Panamá.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIAD). Doctor Edafología. e-mail: jevilla38@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-1317-1960>

³IDIAP, CIAD. Licdo. Programación de Sistemas. e-mail: jarz1103@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5939-070X>



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

CHARACTERIZATION OF SOILS IN PRODUCTIVE AREAS OF THE REGION OF AZUERO-PANAMA

ABSTRACT

The aim of the work was to characterize the physical-chemical properties of the soils of productive areas of the Azuero-Panama region, with the purpose of elaborating digital maps that serve as support for decision-making by experts. The study was carried out since the year 2015 until 2018 in the provinces of Herrera and Los Santos. The georeferenced sampling of soils between 0 and 2 m depth of the profile was carried out, one trial pit every 25 km², in a total area of 6,150 km². The samples were analyzed in the Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) Soils Laboratory, where texture, pH, macro and micronutrient content, organic matter, cation exchange capacity (CEC), aluminium saturation percentage (%) were analyzed. The maps were prepared using the Quantum GIS 2.8.2 program, considering the critical levels defined by the IDIAP in 1987. A database was prepared with the results of the physicochemical analyzes of the soils of the 262 sampled profiles and their georeferenced coordinates in the field. Maps for 12 soil properties were obtained. Great variability in clay content was determined from 4% in Potuga-Parita, province of Herrera, to >50% in Nalú-Guararé, province of Los Santos. In Herrera, 51% of the soils have pH < 5.0 and 36% have aluminum saturation >25%. In Los Santos, 36% had a pH between 5.6 and 5.9 and 11% high aluminum saturation. With the exception of the textural composition, the properties of the soils in both provinces are being greatly influenced by the management given to the soil.

Keywords: Database, digital soil mapping, geographic information systems, soil properties, trial pit.

INTRODUCCIÓN

El suelo es la parte más crucial de nuestro ecosistema y su funcionamiento en términos de producción de cultivos, filtración de agua, alojamiento y mantenimiento de la biodiversidad del suelo, secuestro y almacenamiento de carbono atmosférico, así como la producción de biomasa (Marion et al., 2022). Las funciones del suelo, a su vez, dependen de las propiedades del suelo, como la capacidad de retención de agua, los nutrientes disponibles, el contenido de materia orgánica del suelo, reserva de carbono, entre otros, que pueden ser representados por mapas de suelos (Adhikari y Hartemink, 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/)

La necesidad de conocer la distribución geográfica de los suelos y de aprovechar este recurso en las actividades humanas, agrícolas y ganaderas ha impulsado una gran cantidad de investigaciones y metodologías para desarrollar estudios, análisis y sistemas predictivos de suelos. En las últimas décadas y con el auge de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), se ha impulsado el desarrollo y la utilización de nuevas tecnologías que permiten capturar datos espaciales, es decir, datos de una variable regionalizada o asociados a una localización en el espacio creando una serie de mapas digitales, unidos a una base de datos georreferenciada, que contiene toda aquella información referente a las propiedades de los suelos bajo estudio (Córdoba et al., 2016).

La característica más importante de la realización de un inventario del suelo como recurso, es determinar el patrón de cobertura de cada suelo (Mendez y Bertsch, 2012) para así caracterizarlo y presentarlo de una manera entendible a todos sus usuarios, para poder realizar predicciones numerosas, precisas y útiles para propósitos específicos, que permitan el uso adecuado del suelo según la caracterización de estos. Además, el manejo sostenible del suelo debe ser el principio rector tanto para la investigación como para el manejo del suelo caracterizado (Amundson et al., 2015).

El mapeo de suelos convencional ya no es capaz de producir suficientes datos, por ejemplo, para proporcionar entrada de datos físicos y químicos dentro de modelos de procesos hidrológicos y ecológicos, para producir mapas que ayuden en la toma de decisiones de autoridades, terratenientes o agricultores (Scull et al., 2003) o para apoyar el mapeo o modelado de procesos del suelo que están determinados por flujos de agua, nutrientes, carbono o energía dentro de los suelos (Arrouays et al., 2017; Hengl et al., 2014).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), es un conjunto de elementos físicos y lógicos, de personas y metodologías, que interactúan de manera organizada, para adquirir, almacenar y procesar datos georreferenciados, para luego producir información útil en la toma de decisiones (Radilla, 2008; Mazundar, 2008; Villarreal y Ramos, 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/)

Hoy, la información precisa del suelo con alta resolución espacial tiene una gran demanda por parte de varias partes interesadas, incluido los científicos del suelo, planificadores del uso de la tierra, administradores ambientales y administradores de tierras agrícolas. Los levantamientos de suelo tradicional delimitan manualmente unidades discretas de suelo de tipo vectorial que son difíciles de actualizar, ya que existe la necesidad de repetir todo el procedimiento de producción que, en parte, es subjetivo y basado en el conocimiento experto (Adhikari y Hartemink, 2016).

Este método tradicional también requiere numerosas muestras de suelo y, por lo tanto, es costoso y requiere mucho tiempo. Aunque sea clásico los levantamientos de suelos son un prerrequisito fundamental para el mapeo digital de suelos (DSM por sus siglas en inglés), este último permite superar algunas limitaciones de los métodos clásicos utilizando métodos disponibles, información ambiental auxiliar distribuida espacialmente y SIG (Adeniyi et al., 2023).

Los mapas de fertilidad de suelo son una herramienta básica para una futura zonificación de cultivos. Permiten seleccionar zonas que presentan suelos con características adecuadas para un determinado cultivo complementariamente con información como el clima, topografía, uso actual del suelo, rendimiento, entre otros (Villarreal, 2018).

El Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP, 2006, Villarreal et al., 2013) publicó el documento titulado “Zonificación de Suelos por Niveles de Nutrientes”. En donde fueron presentados y entregados al sector agropecuario un total de 15 mapas zonificando el país basado en niveles críticos de diversos elementos en el suelo. Para ello, se utilizó los resultados de los análisis de suelos contenidos en la base de datos del Laboratorio de Suelos que comprendían más de 100,000 muestras de suelos, de las cuales, 19,100 contaban con sus respectivas coordenadas.

Estos mapas fueron confeccionados utilizando una escala de 1:2,000,000; por lo que su empleo para la toma de decisiones está un poco limitado. Además, los muestreos se realizaron tomando en cuenta únicamente la capa arable del suelo y no brindan



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

ninguna información sobre el comportamiento de las variables a lo largo del perfil (Villarreal et al., 2013).

La Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, 2009), publicó el “Atlas de las Tierras Secas y Degradadas de Panamá” en donde establece que el 27% del territorio nacional se encuentra en esa situación y que en la misma viven cerca de medio millón de personas. Este territorio comprende el Arco Seco Panameño, localizado en la vertiente del Pacífico y que comprende desde San Carlos en la provincia de Panamá Oeste hasta Pedasí, en la provincia de Los Santos, cerca del 30% del territorio de la península de Azuero está comprendida dentro del llamado Arco Seco de Panamá. Esto obliga a conocer mejor las propiedades de estos suelos para lograr su mejor uso y aprovechamiento del agua.

El objetivo del trabajo fue caracterizar las propiedades físico-químicas de los suelos de áreas productivas de la región de Azuero, provincias de Herrera y Los Santos en la República de Panamá, para permitir elaborar mapas digitales que sirvan de apoyo para la toma de decisiones por expertos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en fincas de productores de las provincias de Herrera y Los Santos, República de Panamá, que abarcan un territorio de 6150 km², ubicados entre los 8°06'55 de latitud Norte y 80°57'24 de longitud Oeste.

Se procedió al muestreo georreferenciado de suelos entre 0 y 2 m de profundidad del perfil, siguiendo la metodología utilizada por el IDIAP (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Conservación de Recursos Naturales [USDA-NRCS], 2010; IUSS-WRB, 2015), tratando de realizarla según uso del suelo y por cuenca hidrográfica. La densidad del muestreo se decidió luego de estudiar las fotografías aéreas de la región y de los polígonos que contenían suelos homogéneos.

El muestreo se realizó aleatoriamente en fincas localizadas, aproximadamente, cada 25 km² (5 km x 5 km). En cada sitio de muestreo, se elaboró una calicata o cajuela de hasta 2 m de profundidad, dependiendo de la profundidad del suelo. Se tomaron



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

muestras en los diferentes horizontes presentes, tratando de uniformizar entre 0 y 20 cm; 20 y 60 cm, 60 y 100 cm y más de 100 cm. En cada uno de estos se tomó una muestra representativa para la elaboración de mapas con una escala de 1:250,000 (Figura 1).

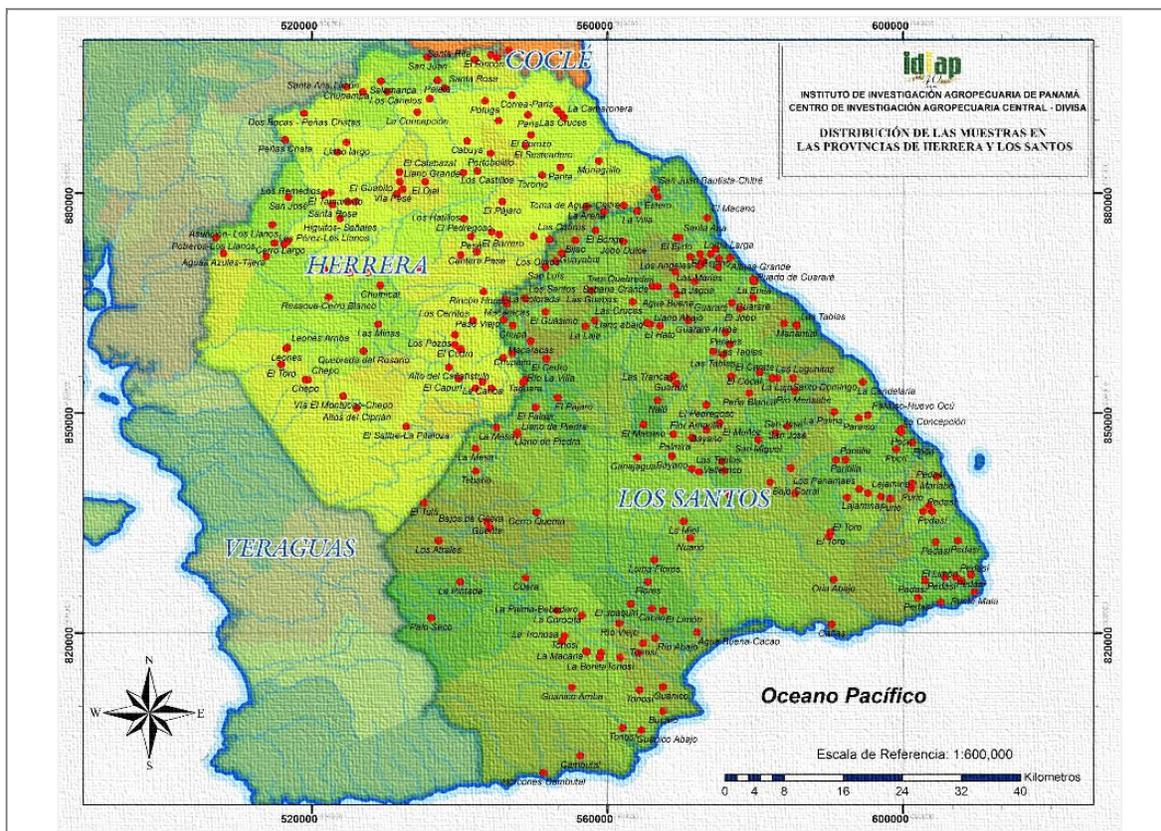


Figura 1. Distribución de las muestras en las provincias de Herrera y Los Santos, 2015-2018.

Las muestras colectadas fueron llevadas al Laboratorio de Fertilidad de Suelos del IDIAP, donde se procedió al análisis físico-químico de sus propiedades. Se midió el pH relación suelo:agua (1:2,5), textura del suelo (Bouyoucos), concentración de macro y micronutrientes (extraídos con Mehlich 1), materia orgánica (Walkley-Black), capacidad de intercambio catiónico (CIC) (acetato de amonio pH 7), Ca, Mg y Al extraíbles (KCl 1N), según metodología descrita por Teixeira 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/)

En la elaboración de los mapas se utilizaron los niveles críticos definidos en el Laboratorio de Suelos del IDIAP mediante experimentos realizados en suelos de todo el país (Name y Cordero, 1987). Para la manipulación, procesamiento, análisis y visualización de los datos se utilizó el programa de libre acceso Quantum GIS 2.8.2. Se utilizó el método de interpolación inversa a la distancia (IDW por sus siglas en inglés).

Además, se creó una base de datos con todos los resultados de los análisis de las propiedades fisicoquímicas muestras de suelo de las 262 calicatas y las respectivas coordenadas georreferenciadas en el terreno.

Se elaboraron mapas digitales para 14 propiedades del suelo en cuatro profundidades distintas. Se realizaron correlaciones de Pearson entre las principales propiedades del suelo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se elaboró una base de datos conteniendo los resultados de los análisis fisicoquímicos de los 262 perfiles de suelos caracterizados y sus coordenadas UTM. 162 calicatas elaboradas en la provincia de Los Santos y 100 en Herrera. Ejemplo resumido de esta base de datos se puede observar en el Cuadro 1. Según Pacciorett et al. (2020), diversos métodos de muestreo pueden ser usados para caracterizar sitios en estudios regionales. En este trabajo se extrajeron muestras a partir de las cuales se ajustaron modelos de regresión para explicar la variabilidad de una característica de interés en función de propiedades edáficas de los sitios muestreados. En términos generales, el muestreo de sitios en la ciencia de suelos puede orientarse hacia la recolección de datos con dos fines; el de estimar valores promedios poblacionales de una propiedad de interés, o de utilizar las muestras de valores en sitios no muestreados (modelos espacialmente explícitos).



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. Ejemplo de la base de datos de los perfiles de suelos caracterizados en las provincias de Herrera y Los Santos.

Lugar	Coordenadas UTM	Profundidad cm	pH 1:2,5	Arcilla %	P	K	Ca	Mg	Al
Parita	883530,23 N 553620,67 O	0-20	5,4	16	1	0,45	4,6	1,8	0,1
		21-60	5,5	18	0,1	0,34	3,3	1,4	0,1
		61-100	5,5	22	0,1	0,25	2,8	1,4	0,1
		> 100	5,5	22	0,1	0,16	2,2	0,4	0,1

Los mapas elaborados para 14 propiedades del suelo en cuatro profundidades distintas, reflejan que, con excepción de la composición textural, éstas son muy influenciadas por el manejo dado al suelo. Por ejemplo, tenemos: niveles de pH, contenido de P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, materia orgánica, porcentaje de saturación de Al, densidad aparente del suelo.

Se observó variabilidad en el contenido de arcilla, desde 4% en Potuga-Parita-provincia de Herrera, hasta 50% en Nalú-Guararé-provincia de Los Santos (Figura 2), sobre todo a medida que se iba profundizando en el perfil (61 – 100 cm). En Herrera, 51% de los suelos presentan pH < 5,0, mientras que en Los Santos sólo el 36% tienen pH entre 5,6 y 5,9 (Figura 3). Es bueno mencionar que Herrera sólo mantiene el 3,5% de cobertura boscosa y Los Santos únicamente el 7% (Ministerio de Ambiente, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [ANAM-FAO-PNUD-PNUMA], 2015), este factor puede haber influido mucho en la pérdida de la capa fértil de los suelos y la degradación de esta propiedad.



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

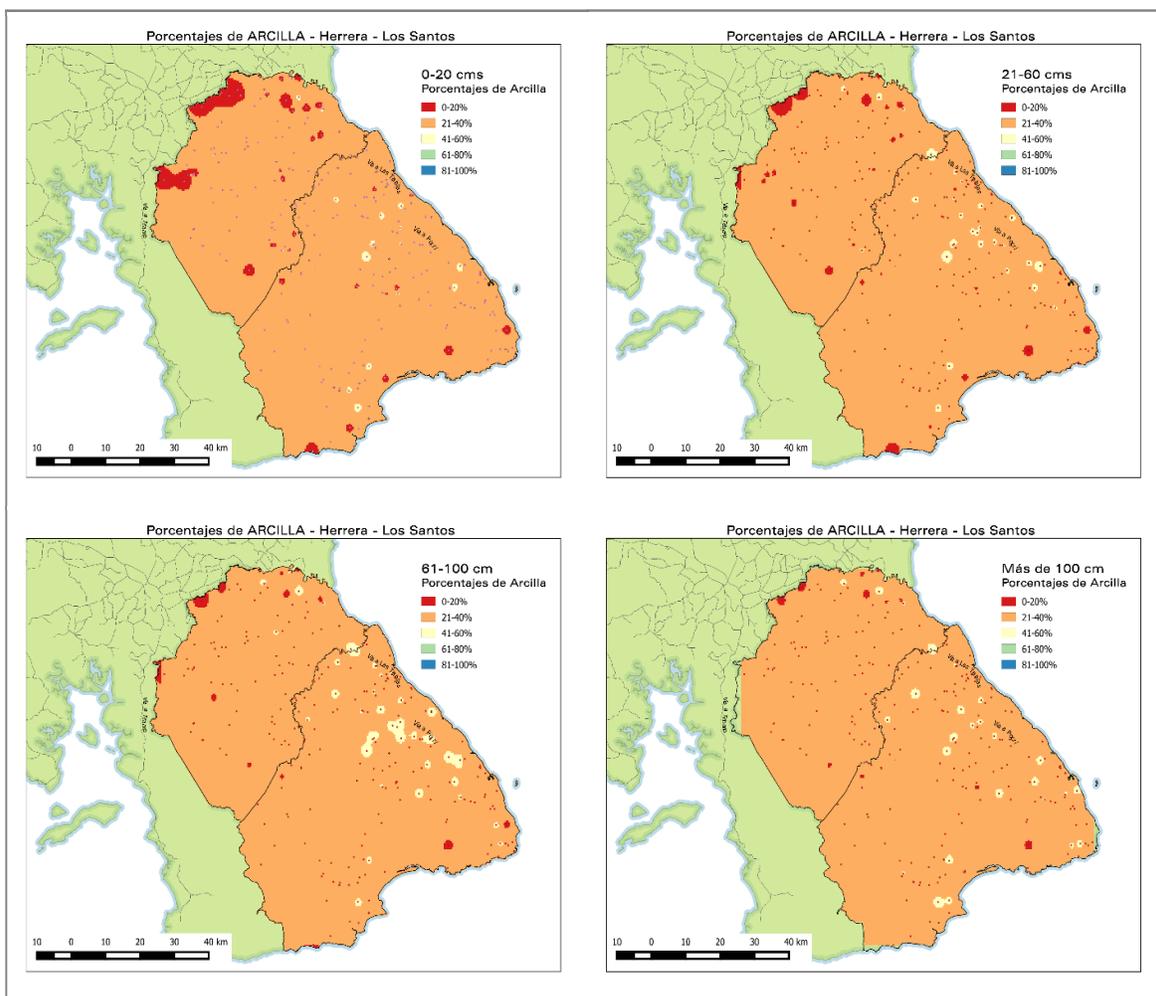


Figura 2. Contenido de arcilla en perfiles de suelo de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm; 21 – 60 cm; 61 – 100 cm; > 100 cm).

En Herrera se encontró que el 36% de sus suelos presentaban Saturación de Al > 25%, cuando la profundidad era mayor de 21 cm, alcanzando más del 60% en profundidades mayores de 100 cm, lo que convierte estos suelos en poco aptos para cultivos con baja tolerancia a la toxicidad por Al. En Los Santos únicamente 11% tenían alta saturación de Al (Figura 4).



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

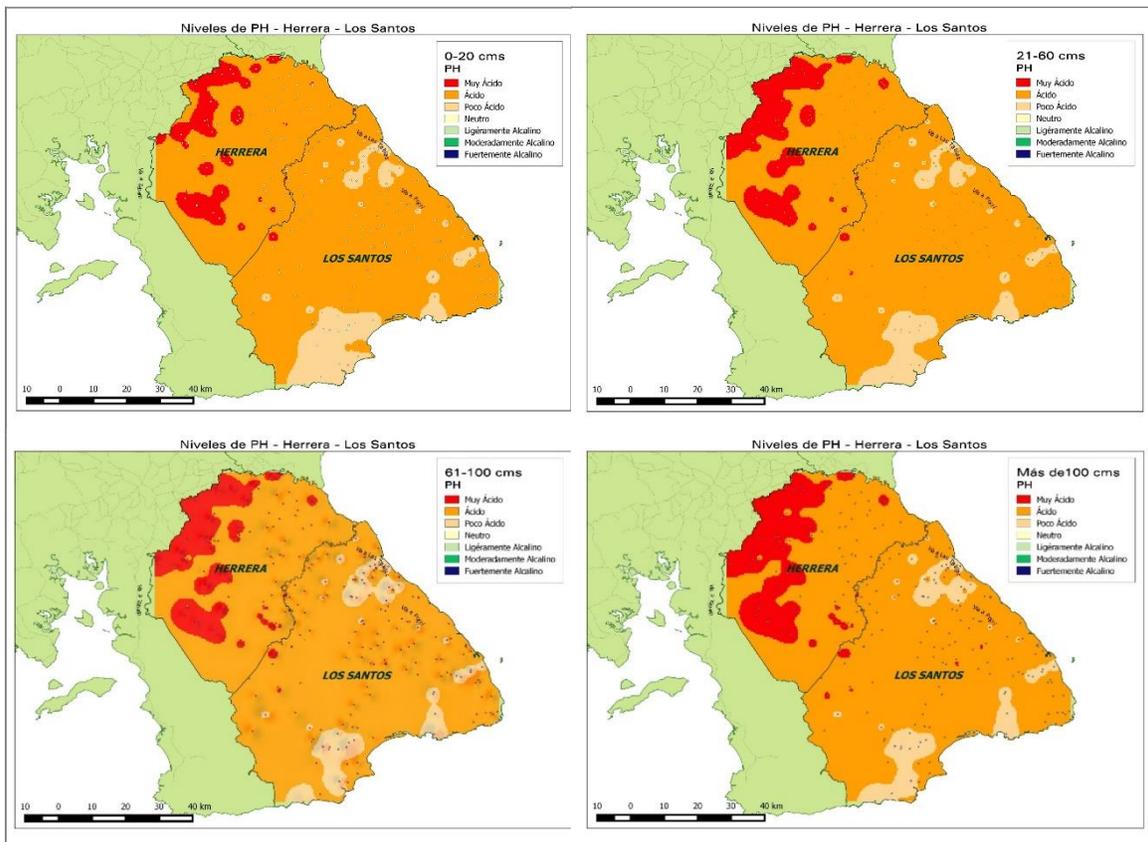


Figura 3. pH de los perfiles de suelos en las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm; 21 – 60 cm; 61 – 100 cm; > 100 cm).

El contenido de materia orgánica es bajo en ambas provincias. Se observa en la Figura 5 que en la región de Tonosí se pueden encontrar zonas con valores medios de contenido de materia orgánica (2,1% a 6,0%), pero en ningún punto se lograron obtener valores altos (> 6,1%). El manejo inadecuado de los suelos, aunado a prácticas como la quema y deforestación que traen como consecuencia la erosión y pérdida de la capa arable ha agravado esta situación en ambas provincias.



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

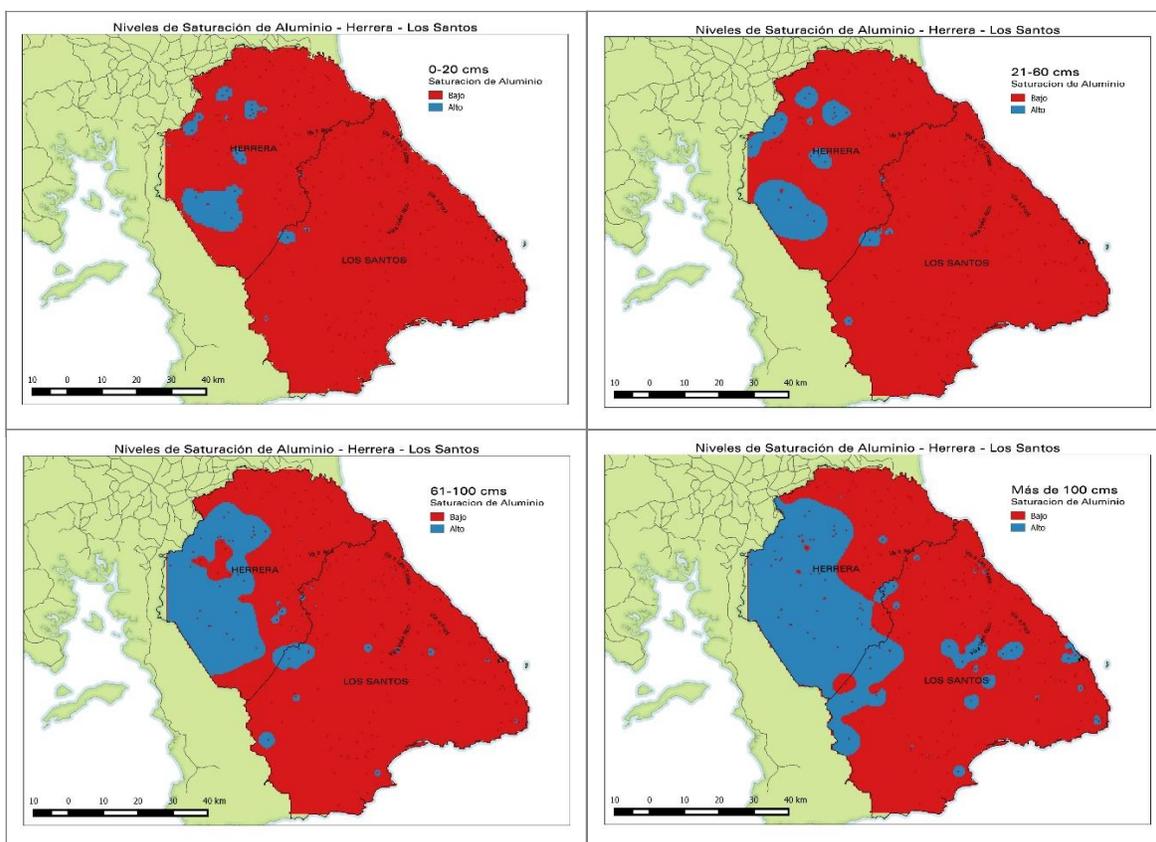


Figura 4. Porcentaje de saturación de aluminio en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm; 21 – 60 cm; 61 – 100 cm; > 100 cm).

Como es característico en suelos tropicales el contenido de fósforo disponible (Figura 6) es muy bajo o casi nulo en todos los suelos pues, gran parte del fósforo se encuentra fijado o adsorbido en los cristales de las arcillas caolinita y haloisita, las más comunes en la región (Jaramillo, 1991), óxidos de hierro y aluminio, favorecido por el pH ácido de los suelos. Sólo una pequeña región en Tonosí presenta niveles medios de fósforo disponible, lo que concuerda con los mapas de fertilidad elaborados a nivel nacional por Villarreal et al., 2013; y Villarreal et al., 2017.

Igualmente, se observa que el contenido de fósforo disponible disminuye a medida que se va profundizando en el perfil del 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/)

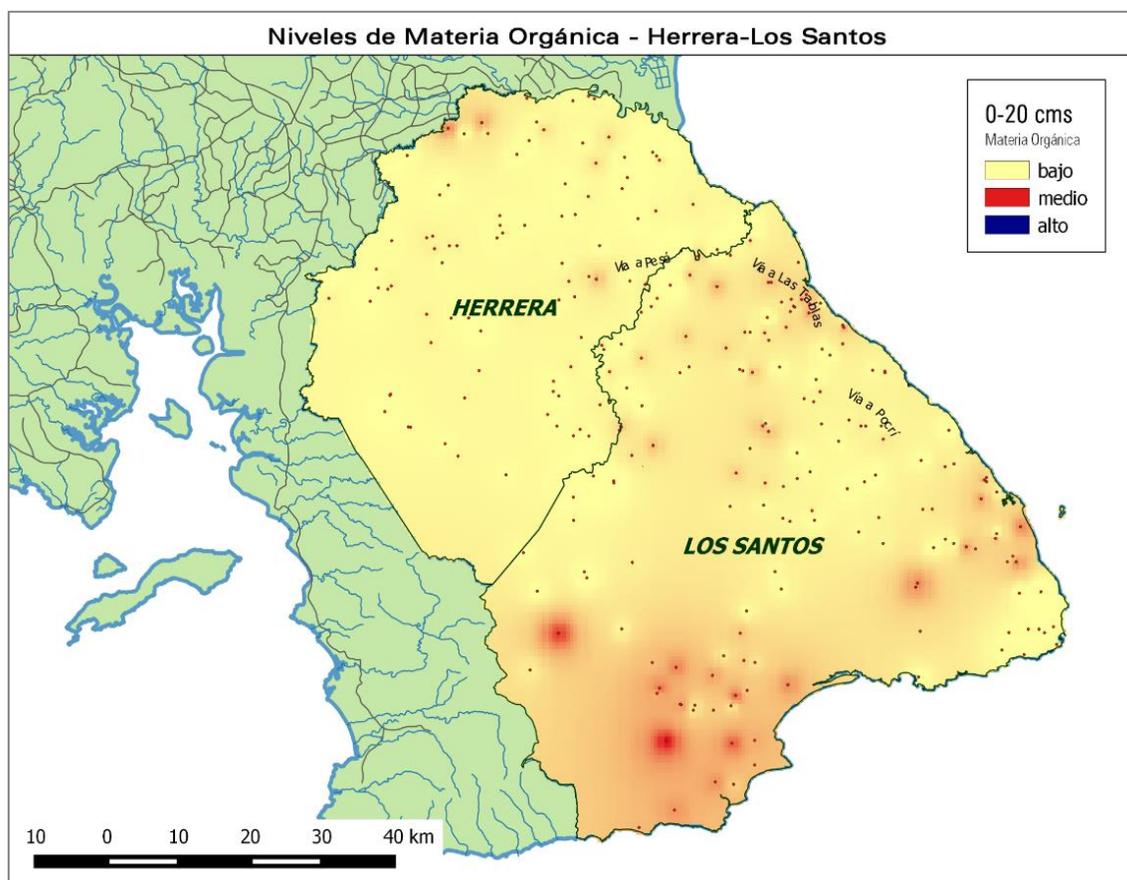


Figura 5. Contenido de materia orgánica en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm).

El contenido de potasio (Figura 7), calcio (Figura 8), magnesio (Figura 9) y zinc (Figuras 10) se concentró básicamente en los primeros 20 cm del perfil del suelo en todos los sitios estudiados, por esta razón solo se presenta los mapas correspondientes a esta profundidad. Sin embargo, es notorio que en muchos sitios dentro de Arco Seco y en el distrito de Tonosí se pueden encontrar niveles medios y altos de potasio, calcio y magnesio.

En el caso del potasio (Figura 7), ambas provincias presentaron suelos con niveles medios (44 a $151 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) incluso muchos suelos con alto contenido de potasio en la zona de Arco Seco, igualmente en el área de Cacao, Guánico, Cambutal en Tonosí.



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

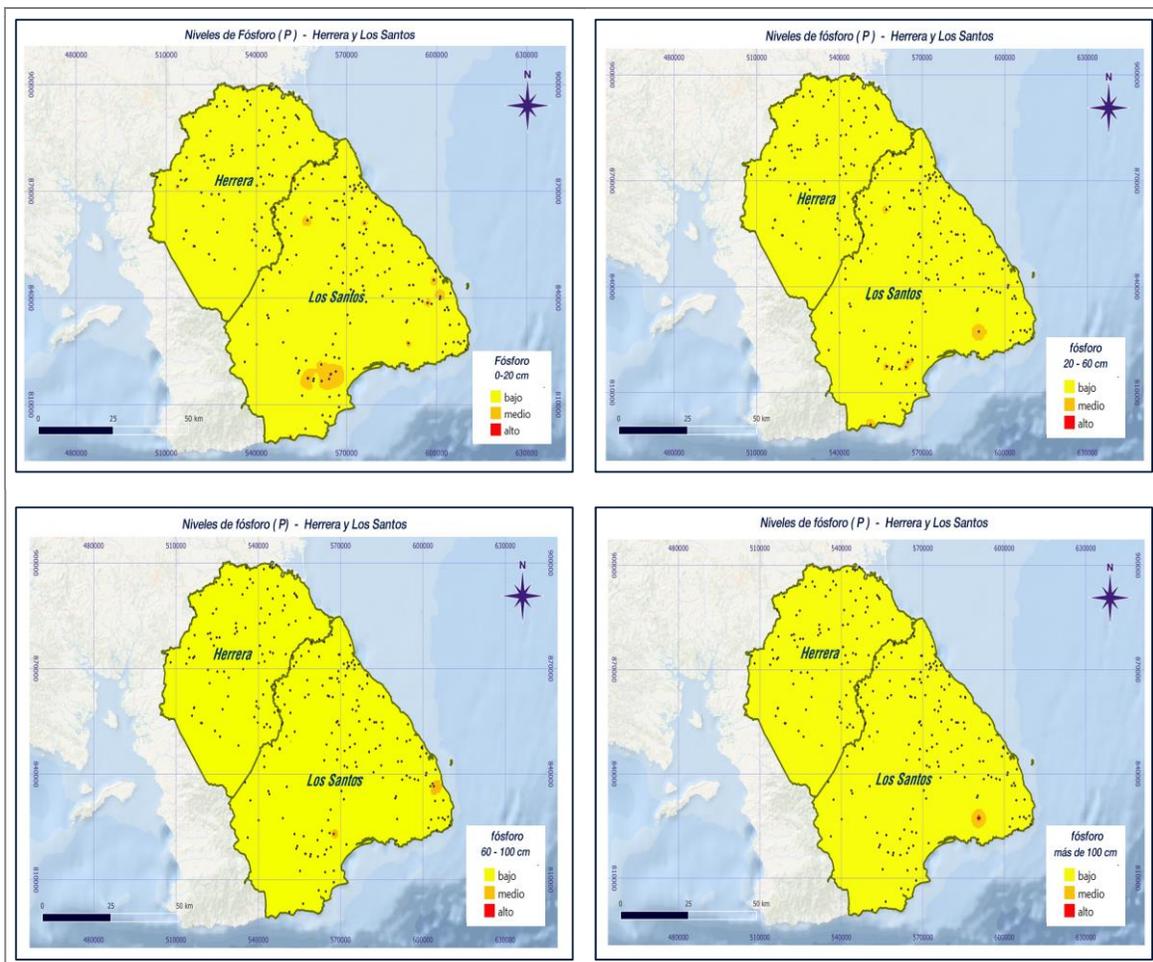


Figura 6. Contenido de fósforo disponible en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm; 21 – 60 cm; 61 – 100 cm; > 100 cm).

El calcio presentó un nivel medio y alto en las dos provincias. Se observa en la Figura 8 que cerca de un 50% de los suelos de la provincia de Los Santos presentan concentraciones altas de calcio, lo que explica los niveles elevados de pH en estos suelos.

En la provincia de Los Santos se concentra especialmente al suroeste de ésta, además en los distritos de Guararé, Las Tablas, y en el distrito de Los Santos en zonas cercanas a La Espigadilla, Agua Buena y San Agustín. En la provincia de Herrera los distritos de Chitré, Parita y Santa María presentan niveles altos de calcio. Solamente 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/)

las zonas con mayor elevación sobre el nivel de mar (El Montuoso, Las Minas) se observan sitios con bajos niveles de Ca coincidiendo con los suelos más ácidos de la región.

Para el magnesio (Figura 9), ambas provincias presentan suelos con elevado contenido de magnesio intercambiable. Con excepción de los suelos del distrito de Las Minas y parte de Los Pozos, en Herrera, parte norte del distrito de Macaracas, Guararé, Pocrí, parte de Pedasí y la zona de la serranía del Canajagua en la provincia de Los Santos, el resto presenta elevado contenido de magnesio.

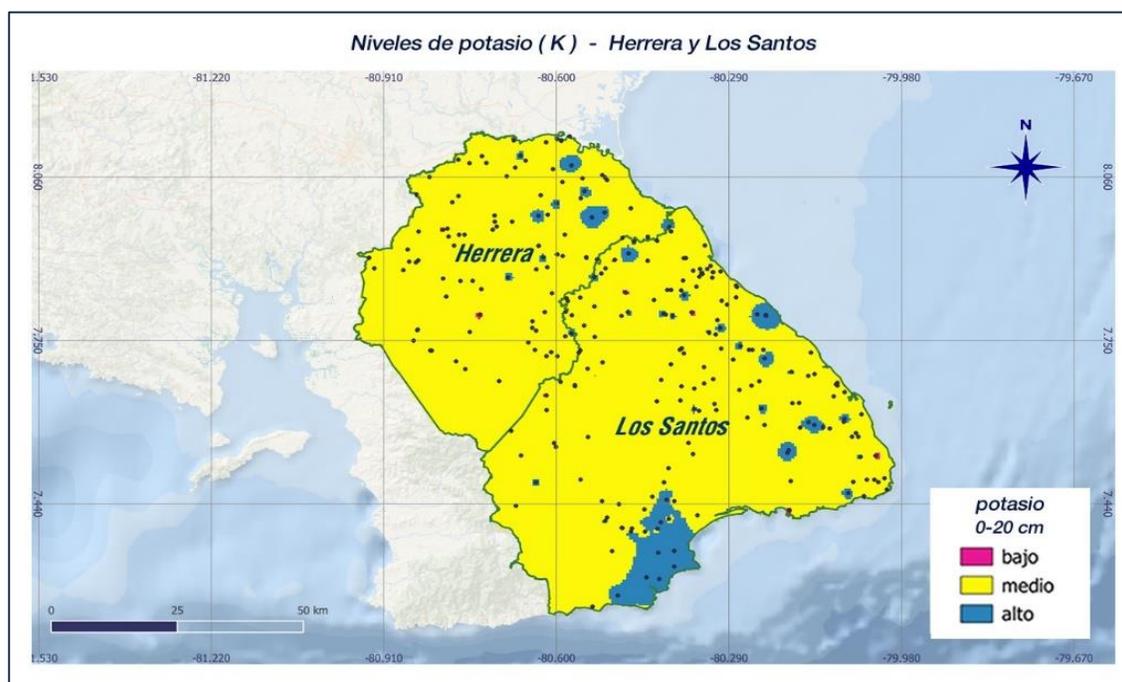


Figura 7. Contenido de potasio disponible en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm).

El zinc es un nutriente escaso en 90% de los suelos de Panamá (Villarreal et al., 2013). Se observa en la Figura 10 que ambas provincias presentan la misma tendencia que a nivel nacional, concentrando los niveles medios de zinc en la región de Tonosí donde abundan los suelos del orden vertisol con mayor contenido de materia orgánica (Villarreal 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/)



Figura 8. Contenido de calcio intercambiable en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm).

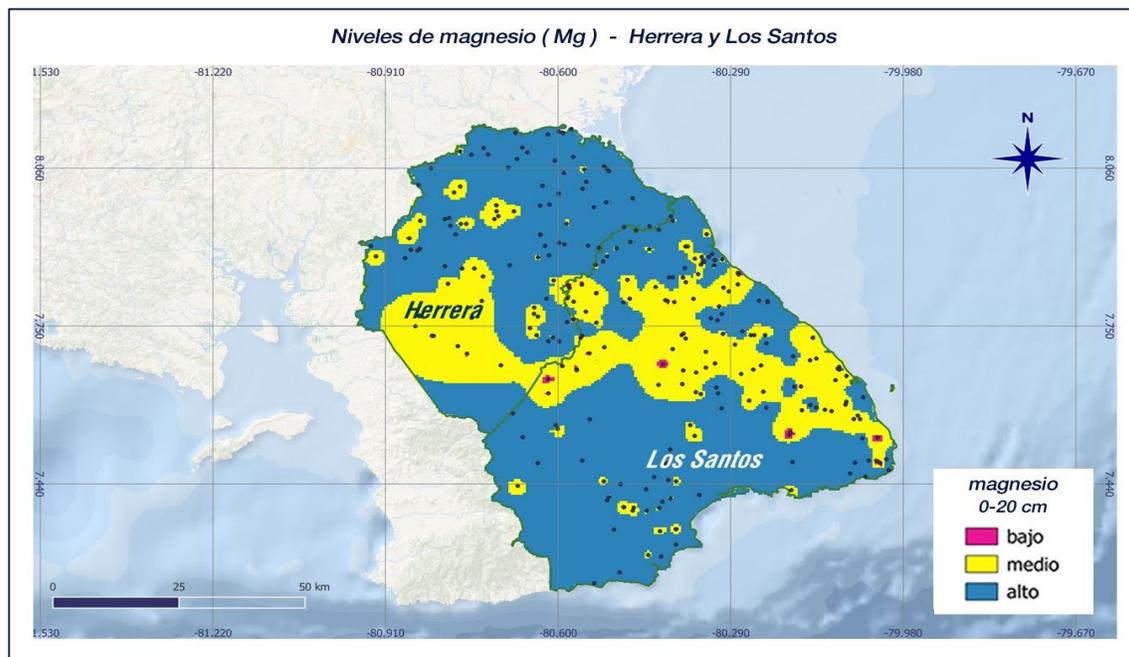


Figura 9. Concentración de magnesio intercambiable en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm).



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 10. Contenido de zinc en perfiles de suelos de las provincias de Herrera y Los Santos (0 – 20 cm).

Se realizaron correlaciones de Pearson entre algunas de las principales propiedades de los suelos de la región de Azuero, encontrando que había correlaciones altamente significativas entre algunas propiedades como, por ejemplo: correlación negativa entre el porcentaje de saturación de bases y porcentaje de saturación de aluminio. Igualmente, negativa entre porcentaje de saturación de aluminio con pH; positivas entre contenido de arcilla y materia orgánica, contenido de arcilla y porcentaje de saturación de bases, pH con la CIC.

Esto viene a demostrar la importancia que se le debe dar al manejo sostenible del suelo para mejorar estas propiedades que son interdependientes, ya que, si una se deteriora provoca la degradación de otras, afectando la fertilidad del 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/)

Cuadro 2. Correlaciones de Pearson obtenidas entre algunas propiedades del suelo.

PROPIEDAD	DENS. APAR.	Fe	CIC	SATUR. DE BASES	SAT. DE AL	ARCILLA	MATERIA ORGÁNICA
pH	0,43	-0,78*	0,92*	0,98**	-0,95**	0,34	0,61*
Materia orgánica	-0,75	0,11	0,88**	0,83*	-0,45	0,82*	--
Arcilla	-0,66*	0,81*	0,92**	0,62	0,88*	--	--
Sat. de Al	0,18	0,82*	-0,86*	-0,97*	--	--	--
Sat. de bases	0,36	-0,76*	0,99**	--	--	--	--
CIC	0,14	0,48	--	--	--	--	--
Fe	0,23	--	--	--	--	--	--

Dens. Apar: densidad aparente; CIC: capacidad de intercambio catiónico; Satur. de bases: saturación de bases; Sat de Al: saturación de aluminio.

CONCLUSIONES

- Gran parte de la región de Azuero conocida como el Arco Seco de Panamá, presenta suelos de mediana fertilidad, pero debido al manejo inadecuado al que está sometido se están degradando sus propiedades, aumentando en algunas regiones la alta saturación de aluminio.
- Las zonas altas presentan en su mayoría suelos ácidos y elevada rocosidad, siendo estos factores favorables para mantenerlos bajo una cobertura forestal.
- El bajo contenido de materia orgánica de los suelos de la región de Azuero podría comprometer la sostenibilidad de la producción y acelerar su degradación.



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

- Adeniyi, O.D., Brenning, A., Bernini, A., Brenna, S., y Maerker, M. (2023). Digital mapping of soil properties using ensemble machine learning approaches in an Agricultural lowland area of Lombardy, Italy. *Land*, 12(2), 494. <https://doi.org/10.3390/land12020494>
- Adhikari, K., y Hartemink, A.E. (2016). Linking soils to ecosystem services – A global review. *Geoderma*, (262), 101 – 111. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.08.009>
- Autoridad Nacional del Ambiente. (2009). Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Unidad de Cambio Climático y Desertificação. Panamá, 78 pp. <https://bdigital.binal.ac.pa/bdp/Atlas%20%20de%20la%20tierras%20secas%20y%20degradadas.pdf>
- Amundson, R., Berhe, A. A., Hopmans, J. W., Olson, C., Sztein, A. E., y Sparks, D. L. (2015). Soil and human security in the 21st century. *Science*, 348. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1261071>
- Arrouays, D., Lagacherie, P., Hartemink, A.E. (2017). Digital soil mapping across the globe. *Geoderma Regional*, 9, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2017.03.002>
- Córdoba, M., Bruno, C., Costa, J. L., y Balzarini, M. (2016). Variabilidad espacial del suelo a escala de lote y su relación con los rendimientos. *RIA* 42 (1), 47 – 53. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ria/v42n1/v42n1a08.pdf>
- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos – Servicio de Conservación de Recursos Naturales. (2010). *Clave para la Taxonomía de los Suelos*. USDA, NRCS. Onceava edición. 374 pp. <https://nrcspad.sc.egov.usda.gov/DistributionCenter/pdf.aspx?productID=878>



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

Hengl, T., de Jesus, J. M., MacMillan, R. A., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B. M., Ribeiro, E., Samuel-Rosa, A., Kempen, B., Leenaars, J. G. B., Walsh, M. G., Gonzalez, M. R., y Bond- Lamberty, B. (2014). SoilGrids1km—global soil information based on automated mapping. *PLoS One* 9 (8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105992>

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. (2006). *Zonificación de suelos de Panamá por niveles de nutrientes*. IDIAP. Panamá. 24pp. <https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/Zonificacion-de-suelos-de-Panama-IDIAP.pdf>

IUSS Working Group WRB. (2015). *Base referencial mundial del recurso suelo 2014, actualización 2015*. Sistema internacional de clasificación de suelos para la nomenclatura de suelos y la creación de leyendas de mapas de suelos. Informes sobre recursos mundiales de suelos 106. FAO, Roma. 206 pp. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/dea292cb-370d-46c7-a44d-59a617953c3b/content>

Jaramillo, S. (1991). *Pedones de campo y estaciones experimentales del IDIAP*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Panamá. 70 pp.

Marion, L. F., Schneider, R., Cherubin, M. R., Stolzenberg, G., Wiesel, P. G., Da Costa, A. B., y Alcayaga, E. (2022). Development of a soil quality index to evaluate agricultural cropping systems in southern Brazil. *Soil & Tillage Research*, 218, 105293. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105293>

Mazudar, S. (2008). *Geographic information systems in the application of precision agriculture for sustainable sugarcane production in the republic of Panama*. Master's Thesis, McGill University, Montreal, QC, Canada. Available online: <https://escholarship.mcgill.ca/concern/theses/6q182n86q>



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

Mendez, J. C., y Besrtsch, F. (2012). *Guía para la interpretación de fertilidad de suelos de Costa Rica*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, Universidad de Costa Rica. <http://www.suelos.ucr.ac.cr/htdocs/accs/>

Ministerio de Ambiente, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2015). *Mapa de cobertura y uso de la tierra 2012*. Programa de Colaboración de las Naciones Unidas para la reducción de emisiones de la deforestación y la degradación de bosques en los países en desarrollo ONU-REDD, Programa Nacional Panamá. 89 pp.
<https://www.un-redd.org/sites/default/files/2021-10/Mapa%20cobertura%20boscosa%20y%20uso%20tierra%202012%20-%20Informe%20Final.pdf>

Name, B., y Cordero, A. (1987). *Recomendaciones para la fertilización de suelos hojas guías por cultivo*. En: Compendio de resultados de investigación presentados en la jornada científica. XII Aniversario del IDIAP. IDIAP Región Central. Divisa.

Pacciorett, P. A., Giannini, F., y Balzarini, M. G. (2020). Muestreo de sitios a escala regional para mapeo digital basado en propiedades del suelo. *Ciencia del Suelo*, 38(2), 310 – 320. <https://doaj.org/article/b13093fb13154e9fa5d0a03bf097ce5a>

Radilla, F. (2008). *Modelado de datos para base de datos espaciales. Caso de estudio: sistemas de información geográfica*. Tesis de maestría en ciencias, especialidad en ingeniería eléctrica. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Computación. México, D.F. 134 pp. Recuperado marzo de 2023.
<https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2008/tesisFlorRadilla.pdf>

Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O. A., y McArthur, D. (2003). Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, 27(2), 171–197.
<https://doi.org/10.1191/0309133303pp366ra>



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

Teixeira, P.C., Donagenma, G.K., Fontana, A., y Teixeira, W.G. (2017). *Manual de métodos de análisis do solo*. 3 ed. Rev. e ampl. Brasília, DF. EMBRAPA, 574pp.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1085209>

Villarreal, J. E., y Ramos, I. A. (2024). Mapa digital del contenido de carbono orgánico en suelos de Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, N°38, 164 – 175.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/632>

Villarreal, J. E. (2018). Mapas de fertilidad como herramienta para zonificación de suelos en Panamá. IPNI. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 31(3), 32 – 39.

<http://ipni.net/publication/ia-lacs.nsf>

Villarreal, J. E., Ramos, I. A., Villalaz, J. A., y Santo, A. (2017). *Clasificación taxonómica y caracterización físico-química de los suelos de la región de Azuero-Panamá*. X Congreso de Suelos de Costa Rica. Libro de resúmenes, San José, Costa Rica.

<https://www.sueloscr.com/congreso/>

Villarreal, J. E., Name, B., y Espino, R. A. (2013). Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes. *Ciencia Agropecuaria*, N°21, 71-89.

<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/184>



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

INVENTARIO DE BIODIVERSIDAD AGRÍCOLA EN DOS SUBCUENCAS DE LOS SANTOS, PANAMÁ¹

*Eliseo Batista-Villalobos²; Arturo Batista-De Gracia³; Orlando Osorio-Burgos⁴;
Aurisbel Ávila-Guevara⁵; Anovel Barba-Alvarado⁶*

RESUMEN

La biodiversidad agrícola es un elemento clave para la alimentación y la agricultura mundial. Contribuye con la seguridad alimentaria de la población que habita las cuencas hidrográficas en Azuero. El objetivo fue determinar la biodiversidad agrícola en subcuencas de Güera y Quema del río Tonosí, que facilite la conservación de los recursos fitogenéticos y la diversificación agroproductiva. El estudio se realizó durante el año 2017 en la provincia de Los Santos, utilizando una base de datos que incluía la ubicación de puntos de muestreo, localizadas en las subcuencas de Güera y Quema que fueron levantados en el 2015 de manera preliminar dentro del proyecto Red Agroclimática. A esta base se aplicó un muestreo estratificado, para estimar la probabilidad (Z) al 95% y el error máximo permisible de 0,01. Se establecieron tres tipos de cultivos (estratos): árboles frutales y maderables; pasturas naturales y mejoradas; cultivos agrícolas. Se analizó la biodiversidad agrícola mediante el índice de biodiversidad de Shannon-Wiener (H') y el índice de dominancia de Simpson (S). Se utilizó el Software PAST 3.17. Obteniendo valores $H' = 3,6961$ y $D = 0,0324$ que indican una mayor diversidad para la subcuenca de Quema, por ser más heterogénea. Al analizar la biodiversidad agrícola por tipo de cultivo (estrato), los resultados más relevantes se presentaron en la subcuenca de Quema, en árboles frutales y maderables ($H' = 3,3080$ y $D = 0,0456$). En conclusión, las fincas de la subcuenca de Quema presentaron valores de riqueza y abundancia que reflejan un manejo más intensivo y diversificado, tal como lo indican los valores de los índices de Shannon-Wiener (H') y el índice de Simpson (D') y en el estrato árboles frutales y maderables, la biodiversidad es mayor en las fincas de Quema, principalmente en cultivos de traspatio, para autoconsumo y venta ocasional.

Palabras clave: Abundancia de especies, estratos, índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson, riqueza de especies.

¹Recepción: 28 de febrero de 2024. Aceptación: 18 de abril de 2024. Investigación financiada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²IDIAP. M.Sc. Prod. Agríc Sostenible. e-mail: eliseobatista@gmail.com (autor para la correspondencia); ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0004-7394-0762>

³IDIAP. M.Sc. Prod. Agríc. Sostenible. e-mail: arturobatista19@yahoo.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0007-0159-2879>

⁴IDIAP. M.Sc. Protección Vegetal. e-mail: odilson24@hotmail.com (autor para la correspondencia); ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7926-7175>

⁵IDIAP. M.Sc Ambiente y Desarrollo. e-mail: aurisbel.a@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0008-3229-5604>

⁶IDIAP. Ph.D. Entomología Agrícola. e-mail: anovelbarba@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>



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

INVENTORY OF AGRICULTURAL BIODIVERSITY IN THE GÜERA AND QUEMA SUBBASINS, OF THE TONOSI LOS SANTOS RIVER, PANAMA

ABSTRACT

Agricultural biodiversity is a key element for food and agriculture worldwide. Agrobiodiversity contributes with the food security of the population that inhabits the watersheds in Azuero. Therefore, the aim was to determine the agricultural biodiversity in the Güera and Quema sub-basins of the Tonosí River, so that this information facilitates the conservation of phylogenetic resources and agro-productive diversification. The study was carried out during the year 2017 in the province of Los Santos, using a database that included the location of sampling points, located in the sub-basins of Güera and Quema that were preliminarily surveyed in 2015 within the Agroclimatic Network project. A stratified sampling was applied to this base, required to estimate the probability (Z) at 95% and the maximum permissible error of 0.01. Three types of crops (strata) were established: fruit and timber trees; natural and improved pastures; agricultural crops. Agricultural biodiversity was analyzed using the Shannon-Wiener biodiversity index (H') and Simpson's dominance index (S). PAST 3.17 software was used. H'=3.6961 and D=0.0324 values were obtained, which indicate greater diversity for the Quema sub-basin, as it is more heterogeneous. When analyzing agricultural biodiversity by crop type (stratum) within the sampling points, the most relevant results were found in the Quema sub-basin, in fruit and timber trees (H'=3.3080 and D= 0.0456). In conclusion, the farms in the Quema sub-basin present richness and abundance values that reflect a more intensive and diversified management, as indicated by the values of the Shannon-Wiener index (H') and Simpson's index (D') and in the fruit and timber tree stratum, biodiversity is higher in the Quema farms, mainly in backyard crops, for self-consumption and occasional sale.

Keywords: Shannon-Wiener index, Simpson index, species abundance, species richness, strata.

INTRODUCCIÓN

La biodiversidad agrícola, es un subconjunto de la biodiversidad que abarca la variabilidad de los organismos vivos, incluida su conservación *in situ* y *ex situ* a nivel de especie, genes y del ecosistema (Baul et al., 2015). Incluye todas las formas de vida directamente relevantes para la producción agrícola, que además de proporcionar directamente beneficios para los agricultores, la biodiversidad agrícola mejora los procesos



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

ecológicos regulando el clima, manteniendo la calidad del suelo, proporcionando protección contra la erosión, almacenamiento de nutrientes y reducción de la contaminación (Karunarathna y Wilson, 2017).

La producción agrícola es importante para la alimentación humana y de otras especies. Sin embargo, la expansión de la agricultura y ganadería intensiva conllevará a que se pueda producir un 25% de pérdida de la biodiversidad y esto tendría sus efectos negativos en los próximos 50 años (Lanz et al., 2018). Esto implica vulnerabilidad, mayores riesgos económicos, menor seguridad alimentaria, pérdida de recursos para la adaptación futura y oportunidades de crecimiento agrícola insostenibles (Obayelu et al., 2015).

Esta vulnerabilidad está ligada a la manera en que se desarrollan las actividades agrícolas, lo que se ve reflejado en lo que se cultiva a nivel mundial. De los 1,500 millones de hectáreas agrícolas del planeta, 90% están dominadas por el monocultivo industrial dependiente de insumos y energía. Las plantas representan el 80% de la dieta humana. Sin embargo, la población humana demanda únicamente 12 tipos de granos y 23 especies de plantas para su alimentación (Altieri, 2015).

Otras referencias exponen la importancia de la biodiversidad agrícola y resaltan que hoy en día se conocen 30,000 plantas terrestres comestibles, de las cuales unas 7,000 son cultivadas o recolectadas por los humanos como alimento. Se ha determinado que sólo 30 cultivos proveen el 95% de calorías o proteínas vegetales que el hombre necesita. Dentro de estos, cinco tipos de cereales proveen el 60% de la energía alimentaria a la población mundial (arroz, trigo, maíz, mijo y sorgo). Otros cultivos importantes son las raíces y tubérculos (papa, batata y mandioca), y las leguminosas de semilla oleaginosa como la soja (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2015).

Las especies más valiosas, ya sean de cultivo o no, se producen en las tierras de cultivo para el suministro regular de productos y servicios que los agricultores necesitan para su sustento (Barfod et al., 2015). Por lo tanto, el agroecosistema humano manejado



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

así en sus tierras de cultivo parece estar conservando una variedad de cultivos, árboles y ganado. Además, los frutos silvestres y autóctonos desempeñan un papel clave en la conservación de otra diversidad faunística en los agrosistemas (Baul et al., 2015).

En Panamá en la Reserva Forestal El Montuoso provincia de Herrera, distrito de Las Minas, Torres et al. (2016) determinó la diversidad de los agrosistemas de esta región, identificando 256 especies de plantas cultivadas en huertos familiares (biodiversidad cultivada) se lograron determinar 142 especies de plantas medicinales. Y de estas identificaron 52 especies procedentes del bosque, de las cuales hay que señalar a los miembros de las familias Fabaceae (9 especies) y Verbenaceae (4 especies) presentan mayor número de especies. Los mismos autores, en La Reserva Forestal La Tronosa en la provincia de Los Santos, distrito de Tonosí, identificaron 108 especies cultivadas. Entre ellas, plantas medicinales, representadas en 45 familias, 76 especies, 6 géneros y 27 sin identificar; y las familias con mayor número de especies fueron Rutaceae (6 especies) y Verbenaceae (5 especies) (Torres et al., 2017).

Ambos estudios brindan una panorámica del estado de la biodiversidad agrícola en algunas áreas de la región de Azuero y mencionan problemas ambientales como la deforestación, la quema y la extensión de la frontera agrícola para el establecimiento de la ganadería extensiva y la agricultura no sostenible. Estos factores afectan a las especies nativas de fauna y flora, la salud humana y los servicios de los bosques (Torres et al., 2017; Torres et al., 2016).

Estos estudios cobran mayor vigencia hoy en día, dado la constante presión que enfrenta la biodiversidad, con los riegos que involucran la erosión de los recursos genéticos. Y más aún que, dentro de los objetivos estratégicos enmarcados en la Convención para la Diversidad Biológica a escala mundial, está reducir las presiones que afectan la biodiversidad y promover su uso sostenible (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica [SCBD], 2014).

Dada la presión que ejerce la agricultura itinerante, con prácticas como deforestación, la quema, y seguidas de ganadería extensiva. Y que atenta contra 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/)

biodiversidad, y los recursos genéticos que posee. Se hace necesaria la búsqueda de mayor sostenibilidad en los sistemas agroproductivos. Entre las alternativas para ello se encuentran la agroecología y la diversificación agrícola, basadas en especies locales, mayormente bajo cultivo marginal (Franco et al., 2016). Para lograr esto, es necesario conocer con cuales recursos genéticos se cuenta y he aquí el rol que desempeña el inventario de diversidad.

Mediante una serie de protocolos básicos y significativos se puede monitorear la biodiversidad en un determinado sitio. El muestreo periódico de los mismos sitios ayudará a entender cómo cambia la biodiversidad a lo largo del tiempo. La metodología permitirá calcular índices y estimas de biodiversidad, como son la abundancia absoluta o relativa de especies, la diversidad de asociaciones o comunidades de especies o conocer cuál es la diversidad estructural y biomasa de los bosques (Puerta-Piñero et al., 2014).

Al inventariar la biodiversidad agrícola, se identifican, se catalogan y cuantifican especies dentro de un agrosistemas. Este conocimiento permite su descripción y estructuración en niveles que facilitan su manejo y conservación. Estos inventarios de biodiversidad agrícola cobran mayor importancia dentro del ámbito del conocimiento de las especies presentes en los agrosistemas. Dicho conocimiento facilita la conservación de los recursos genéticos del agroecosistema, dada la dificultad actual para aumentar la productividad agrícola y al mismo tiempo conservar la biodiversidad (Poggio, 2015).

En este contexto, el objetivo de este estudio fue determinar la biodiversidad agrícola en subcuencas de Güera y Quema del río Tonosí, afín que esta información facilite la conservación de los recursos fitogenéticos y la diversificación agroproductiva.

Esta investigación centra su interés a considerar las especies frutales, forestales, pasturas y cultivos. Que se encuentran presentes en los agrosistemas en las subcuencas de Güera y Quema del río Tonosí.



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

Área de Estudio: El estudio se desarrolló de enero a diciembre de 2017, en 41 puntos de muestreo, 29 en la subcuenca Güera y 12 en la subcuenca Quema del río Tonosí, distrito de Tonosí, provincia de Los Santos (Figura 1). Estas dos subcuencas tienen una superficie de 150 km² y comprenden los ríos Quema (90 km²) y Güera (60 km²). Los suelos son clasificados como Inceptisoles, con régimen de humedad údico (Villarreal et al., 2013). El régimen de temperatura es Isohipertérmico y la zona de vida es Bosque Húmedo Tropical. Con precipitación promedio de 2,453 según datos Proyecto Red Agroclimática (2015-2024) (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2024).

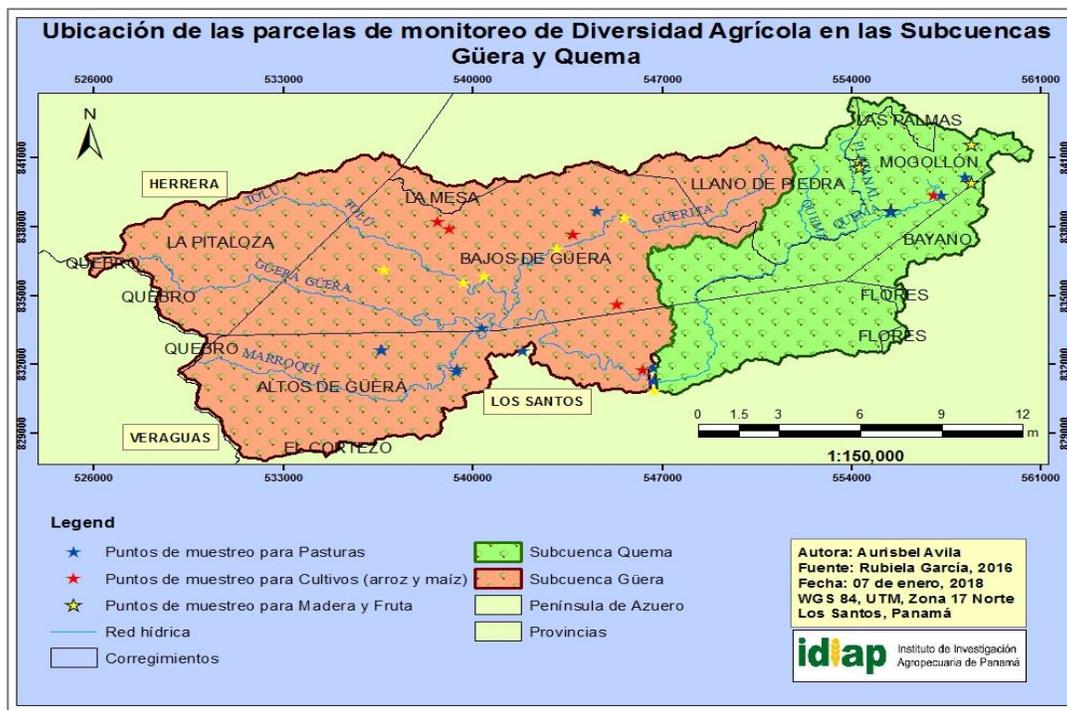


Figura 1. Mapa general de los puntos de muestreo en Los Santos.

Cálculo del tamaño de la muestra: Se utilizaron datos de ubicación puntos de muestreo compilados por el proyecto Red Agroclimática y Calidad de Agua, por medio de entrevistas a productores de las subcuencas de los ríos Güera y Quema. En la que se incluía tipo de cultivos y superficie dedicada cada cultivo. Luego con los datos de superficie de cada cultivo (en hectáreas), se aplicó un muestreo estratificado según López 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/)

González, (2014) para estimar la probabilidad (Z) al 95% y el error máximo permisible de 0,01 para determinar el tamaño de la muestra (Cuadro1).

$$n = N * pq / (N-1) * (E^2 / Z^2) + (pq)$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra proporcional a la población

N-1 = Total de la población objeto

E² = Error máximo en el estudio que va de 0,01 a 0,001

Z² = Valor de Z; 95% de confianza (1,96)

P = Proporción desconocida de las explotaciones agropecuarias

Tamaño de la muestra por tipo de cultivo = n (N1/N)

n = Tamaño de la muestra total de la población

N1= Tamaño de la muestra por tipo de cultivo (estrato)

N = Sumatoria del tamaño de la muestra de todos los cultivos(estratos)

Cuadro 1. Tamaño de la muestra por cultivo (estrato).

Población	TAMAÑO		
	N	n	Muestra
Total (ha)	885,5	19,2	20
Maderables	20	0,2	1
Frutales	18	0,2	1
Pasturas	764	16,5	16
Maíz	36	0,6	1
Arroz	45	0,7	1
Guandú	1	0,0	0
Frijol	1,5	0,0	0

Muestreo en campo: Para cada tipo de cultivos (estrato) se georreferenciaron los puntos de muestreo con un sistema americano de navegación y localización mediante satélite (Global Positioning System GPS) Garmin e Trex Legend® y se recopiló la información siguiendo la metodología, como se detalla a continuación:



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

Árboles frutales y maderables: Se utilizó la metodología de muestreo en transeptos para árboles dispersos a lo largo de las áreas perimetrales a muestrear (Mostacedo y Fredericksen, 2000). Se trazaron transeptos de 5 x 50 m a lo largo y ancho del punto de muestreo. Se identificaron las especies, la frecuencia absoluta y la frecuencia relativa de las especies encontradas.

Pasturas naturales y mejoradas: La biodiversidad agrícola en las áreas de pastizales se identificó mediante la composición florística por el Método Botanal (rango de peso seco) (Mannetje y Haydock, 1963; Jones y Hargreaves, 1979). En cada punto de muestreo se eligió la manga a muestrear y se trazaron transeptos de 5 x 50 m. Se lanzó un marco metálico de 0,50 x 0,50 m a lo largo de cada transepto y se determinó la composición botánica de las pasturas naturales y mejoradas, así como las arvenses presentes.

Cultivos agrícolas: La biodiversidad agrícola de cultivos se midió empleando parcelas temporales (PT) rectangulares de 100 m² (10 m x 10 m). Que se establecieron temporalmente en cada punto de muestreo de cultivo y se identificó la biodiversidad presente de los cultivos en el área delimitada según metodología (Rügnitz et al., 2009).

Análisis de datos: Se analizó la biodiversidad agrícola mediante los índices de biodiversidad de Shannon (H') y de dominancia de Simpson (S), siguiendo la metodología sugerida por Rojas et al. (2011). Para hallar el valor de los dos índices se utilizó el Software PAST 3.17 (Hammer et al., 2001). Los datos de cada estrato fueron procesados en el software Estimate S 910. De esta forma, para cada muestreo en orden aleatorio se determinó un número promedio de especies (Colwell, 2009). Los resultados fueron usados para ajustar el modelo logarítmico $Y = (a / b) * [1 - EXP (-b * X)]$ en el programa IBM SPSS Statistics 24.0 para determinar la calidad del muestreo y elaborar las curvas de acumulación de especies.



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

Composición de la agrobiodiversidad en las subcuencas en estudio: En total se registraron 95 especies distribuidas en 41 familias. Se contabilizaron 11 familias maderables en subcuenca de Güera y cinco familias en la subcuenca de Quema. Así mismo, para las especies frutales, en la subcuenca Güera se contabilizaron 17 familias y en la subcuenca Quema 15. Las especies maderables sobresalientes en el muestreo de la subcuenca de Güera fueron *Anacardium excelsum* L. (19,62%), *Tectona grandis* L. (17,08%) y *Swietenia macrophylla* G. King (15,82%) (Cuadro 2). Por otro lado, en la subcuenca de Quema el muestreo dio a conocer que las especies maderables de mayor representación son *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp (32,65%), *Cedrela odorata* L. (20,41%) y *Lindackeria laurina* C. Presl (14,29%) (Cuadro 3).

De igual manera, hubo especies frutales que destacaron por su alta presencia en la subcuenca Güera, tal el caso es el de *Musa paradisiaca* L. (AAB) (50,34%) y *Coffea arabica* L. (10,02%) (Cuadro 2). Del mismo modo en la subcuenca de Quema sobresalieron especies como *Citrus sinensis* Osbeck (12,67%) y *Psidium guajava* L. (9,99%) (Cuadro 3).

Con respecto al estrato pasturas naturales y mejoradas, se contabilizaron 14 familias en Güera y ocho familias en Quema. Las especies de pasturas naturales y mejoradas que más sobresalieron en el muestreo de la subcuenca de Güera fueron *Paspalum notatum*_Flüggé (22,27%), *Rhynchospora nervosa* (Vahl) Boeck 12,89%) y *Cynodon dactylon* (L.) Pers (12,11%) (Cuadro 2). Para la subcuenca de Quema, las especies más sobresalientes fueron *R. nervosa* (Vahl) Boeck (21,60%), *P. notatum* Flüggé (19,20%) e *Ischaemum indicum* (Houtt.) Merr (12,80%) (Cuadro 3).

El inventario de biodiversidad agrícola para el estrato cultivos se centró en dos especies (*Zea mays* L. y *Oryza sativa* L.). En la subcuenca de Güera se identificaron seis materiales. La frecuencia de aparición de las variedades de maíz fue: Isleño Capullo Morado (10,39%), Capullo Blanco (9,09%), Pioneer P 4226 (5,19%) y IDIAP-MV-1816 (5,19%) (Cuadro 2), la frecuencia del arroz fue: Malena (45,45%) y Colombiano Amarillo (24,68%) (Cuadro 2). Para la subcuenca de Quema, se contabilizaron cuatro materiales



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

distintos, dos para arroz y dos para maíz, en las siguientes frecuencias de aparición: maíz Pioneer P 4226 (10%) y maíz Das 3383 (10%), arroz Colombiano Amarillo (42,5%) y arroz Malena (37,5%) (Cuadro 3).

Cuadro 2. Biodiversidad de especies en la subcuenca de Güera, Rio Tonosí.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje	Usos (Estratos)
Achariaceae	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl.	Carbonero	1	0,11	Madera
Anacardiaceae	<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero & Balb. ex Kunth) Skeels.	Espavé	31	3,30	Madera
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C.	Roble	7	0,74	Madera
Bombacaceae	<i>Pachira quinata</i> (Jacq.) W. D. Stevens.	Cedro Espino	16	1,70	Madera
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken.	Laurel	7	0,74	Madera
Calophyllaceae	<i>Calophyllum brasiliense</i> Cambess.	María	2	0,21	Madera
Fabaceae	<i>Acacia mangium</i> Willd.	Acacia	7	0,74	Madera
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Balo	4	0,43	Madera
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill) M. Sousa	Macano	12	1,28	Madera
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba nacional	25	2,66	Madera
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro amargo	8	0,85	Madera
Myrtaceae	<i>Pimenta racemosa</i> (Mill.) J.W. Moore.	Berrón	1	0,11	Madera
Pinaceae	<i>Pinus caribaea</i> Morelet.	Pino Caribe	10	1,06	Madera
Verbenaceae	<i>Tectona grandis</i> L.	Teca	27	2,87	Madera
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	31	3,30	Fruta
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Marañón	7	0,74	Fruta
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	12	1,28	Fruta
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	Pixbae	31	3,30	Fruta
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	20	2,13	Fruta
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	11	1,17	Fruta
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	4	0,43	Fruta
Combretaceae	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendro	1	0,11	Fruta
Fabaceae	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	4	0,43	Fruta
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guabo Machete	3	0,32	Fruta
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	8	0,85	Fruta
Malpighiaceae	<i>Malpighia glabra</i> L.	Cereza	1	0,11	Fruta
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Nance	2	0,21	Fruta
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg.	Fruta de Pan	1	0,11	Fruta



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 2. Biodiversidad de especies en la subcuenca de Güera, Río Tonosí.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje	Usos (Estratos)
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano	226	24,04	Fruta
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	2	0,21	Fruta
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry.	Marañón Curazao	11	1,17	Fruta
Myrtaceae	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston	Pomarrosa	2	0,21	Fruta
Oxalidaceae	<i>Averrhoa carambola</i> L.	Fruta china	1	0,11	Fruta
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i> L.	Café	45	4,79	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> [L.] Osbeck.	Naranja	13	1,38	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina Japonesa (Ugli)	2	0,21	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	Toronja	1	0,11	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina	2	0,21	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.	Limón	1	0,11	Fruta
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	Mamón	1	0,11	Fruta
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	3	0,32	Fruta
Sapotaceae	<i>Manilkara zapota</i> (L.) P. Royen.	Nispero	2	0,21	Fruta
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) H.E. Moore & Stearn.	Mamey	1	0,11	Fruta
Amaranthaceae	<i>Achyranthes indica</i> (L.) Mill.	Cadillo	1	0,11	Pasto
Apiaceae	<i>Eryngium foetidum</i> L.	Culantro	1	0,11	Pasto
Araceae	<i>Xanthosoma mexicanum</i> Liebm.	Otoe lagarto	1	0,11	Pasto
Asteraceae	<i>Melampodium divaricatum</i> (Rich.) DC.	Flor amarilla	1	0,11	Pasto
Asteraceae	<i>Tridax procumbens</i> L.	Botón	2	0,21	Pasto
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i> L.	Cervulaca, cirulaca, pariteña	2	0,21	Pasto
Cyperaceae	<i>Fimbristylis annua</i> (All.) Roem. & Schult.	Barba de indio	1	0,11	Pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Pimentilla	1	0,11	Pasto
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeck	Estrellia, hierba estrella	33	3,51	Pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cortadera	3	0,32	Pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	Cortadera	1	0,11	Pasto
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hirta</i> L.	Leche leche, lechecilla	28	2,98	Pasto
Euphorbiaceae	<i>Chamaesyce hypericifolia</i> L.	Flor de pascua	2	0,21	Pasto
Euphorbiaceae	<i>Acalypha alopecuroidea</i> Jacq.	Hierba miona	2	0,21	Pasto
Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus amarus</i> Thonn.	Tamarindillo, tripa de pollo	1	0,11	Pasto

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 2. Biodiversidad de especies en la subcuenca de Güera, Río Tonosí.**

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje	Usos (Estratos)
Fabacea	<i>Desmodium incanum</i> DC.	Pega pega	9	0,96	Pasto
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormidera	1	0,11	Pasto
Heliconiaceae	<i>Heliconia rostrata</i> Ruiz & Pav.	Heliconia	1	0,11	Pasto
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Escobilla	18	1,91	Pasto
Malvaceae	<i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky.	Guazimillo	1	0,11	Pasto
Plantaginaceae	<i>Stemodia jorullensis</i> Kunth.	Lechugilla	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	Pasto bermuda	31	3,30	Pasto
Poaceae	<i>Oplismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv. var. <i>Burmannii</i> .	Gramma de conejo	6	0,64	Pasto
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i> Flügge.	Pasto	57	6,06	Pasto
Poaceae	<i>Ischaemum indicum</i> (Houtt.) Merrill.	Pasto ratana	17	1,81	Pasto
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i> P. Beauv.	Pasto	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Bothriochloa pertusa</i> (L.) A. Camus.	Pasto comunista	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. e x A. Rich.) RD Webster.	Brizantha	18	1,91	Pasto
Poaceae	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton.	Tuquito	4	0,43	Pasto
Poaceae	<i>Sporobolus poiretii</i> (Roem. & Schult.) Hitchc.	Paja hueso	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Pata de gallina	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Megathyrsus maximus</i> (Jacq.) B.K. Simón y S.W. I. Jacobs var. <i>Maximo</i> .	Pasto	2	0,21	Pasto
Pteridaceae	<i>Pityrogramma ebenea</i> (L) Protor.	Helecho	4	0,43	Pasto
Sterculiaceae	<i>Melochia pyramidata</i> (L.) Britton.	Escoba morada	1	0,11	Pasto
Tiliaceae	<i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.	Escobidilla	1	0,11	Pasto
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Pioneer P 4226	4	0,43	Cultivo
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Isleño capullo morado	8	0,85	Cultivo
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	IDIAP -MV 1816	4	0,43	Cultivo
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Capullo Blanco	7	0,74	Cultivo
Poaceae	<i>Oryza sativa</i> L.	Colombiano Amarillo	19	2,02	Cultivo
Poaceae	<i>Oryza sativa</i> L.	Malena	35	3,72	Cultivo

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. Biodiversidad en la subcuenca de Quema, Río Tonosí.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje	Usos (Estratos)
Achariaceae	<i>Lindackeria laurina</i> C. Presl.	Carbonero	7	1,92	Madera
Bignoniaceae	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol) D.C.	Roble	3	0,82	Madera
Boraginaceae	<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken.	Laurel	5	1,37	Madera
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth ex Walp.	Balo	16	4,40	Madera
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i> (Mill) M. Sousa.	Macano	6	1,65	Madera
Meliaceae	<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba nacional	2	0,55	Madera
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro amargo	10	2,75	Madera
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i> L.	Mango	12	3,30	Fruta
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i> L.	Marañón	3	0,82	Fruta
Anacardiaceae	<i>Spondias purpurea</i> L.	Ciruelo	2	0,55	Fruta
Annonaceae	<i>Annona muricata</i> L.	Guanábana	5	1,37	Fruta
Annonaceae	<i>Xylopia aromatica</i> (Lam.) Mart.	Malagueto	8	2,20	Fruta
Arecaceae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth.	Pixbae	4	1,10	Fruta
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i> L.	Palma de Coco	6	1,65	Fruta
Arecaceae	<i>Elaeis guineensis</i> . Jacq.	Palma de aceitera	1	0,27	Fruta
Bixaceae	<i>Bixa orellana</i> L.	Achiote	2	0,55	Fruta
Bromeliaceae	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Piña	2	0,55	Fruta
Caricaceae	<i>Carica papaya</i> L.	Papaya	3	0,82	Fruta
Fabaceae	<i>Inga edulis</i> Mart.	Guabo machete	8	2,20	Fruta
Lauraceae	<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	5	1,37	Fruta
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i> (L.) Kunth.	Nance	4	1,10	Fruta
Malpighiaceae	<i>Malpighia emarginata</i> DC.	Cereza	3	0,82	Fruta
Moraceae	<i>Artocarpus altilis</i> (Parkinson) Fosberg.	Fruta de pan	3	0,82	Fruta
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Plátano	12	3,30	Fruta
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i> L.	Guineo criollo	9	2,47	Fruta
Musaceae	<i>Musa balbisiana</i> Colla.	Guineo chino	2	0,55	Fruta
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i> L.	Guayaba	15	4,12	Fruta
Myrtaceae	<i>Syzygium malaccense</i> (L.) Merr. & L.M. Perry.	Marañón curazao	2	0,55	Fruta
Passifloraceae	<i>Passiflora quadrangularis</i> L.	Granadilla	4	1,10	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i> (L.) Osbeck.	Naranja	19	5,22	Fruta

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. Biodiversidad en la subcuenca de Quema, Río Tonosí.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Frecuencia	Porcentaje	Usos (Estratos)
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina Japonesa (Ugli)	2	0,55	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus paradisi</i> Macfad.	Toronja	5	1,37	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i> Blanco.	Mandarina	1	0,27	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus limon</i> (L.) Burm.f.	Limón	4	1,10	Fruta
Rutaceae	<i>Citrus x limonia</i> Osbeck	Limón naranjilla	2	0,55	Fruta
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i> L.	Caimito	2	0,55	Fruta
Apocynaceae	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i> (Rose) Woodson	Huevo de gato	1	0,27	Pasto
Asteraceae	<i>Baltimora recta</i> L.	Cervulaca, cirulaca, pariteña	1	0,27	Pasto
Cyperaceae	<i>Rhynchospora nervosa</i> (Vahl) Boeck	Estrella, hierba estrella	27	7,42	Pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus odoratus</i> L.	Cortadera	8	2,20	Pasto
Cyperaceae	<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.	Cortadera	1	0,27	Pasto
Euphorbiaceae	<i>Croton hirtus</i> L'Hér.	Crotón	5	1,37	Pasto
Fabaceae	<i>Desmodium incanum</i> DC.	Pega pega	2	0,55	Pasto
Fabaceae	<i>Mimosa pudica</i> L.	Dormidera	2	0,55	Pasto
Malvaceae	<i>Sida acuta</i> Burm. f.	Escobilla	11	3,02	Pasto
Malvaceae	<i>Malachra alceifolia</i> Jacq.	Malva	3	0,82	Pasto
Poaceae	<i>Opismenus burmannii</i> (Retz.) P. Beauv. var. <i>Burmannii</i> .	Gramma de conejo	1	0,27	Pasto
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i> Flüggé.	Pasto	24	6,59	Pasto
Poaceae	<i>Ischaemum indicum</i> (Houtt.) Merrill.	Pasto ratana	16	4,40	Pasto
Poaceae	<i>Setaria geniculata</i> P. Beauv.	Pasto	3	0,82	Pasto
Poaceae	<i>Urochloa brizantha</i> (Hochst. ex A. Rich) RD Webster.	Brizantha	9	2,47	Pasto
Poaceae	<i>Hyparrhenia rufa</i> (Nees) Stapf.	Jaragua	2	0,55	Pasto
Poaceae	<i>Urochloa fusca</i> (Sw.) B.F.Hansen & Wunderlin.	Pasto	7	1,92	Pasto
Rubiaceae	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens & Galeotti) Hemsl.	Cansa peón	2	0,55	Pasto
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Pioneer P 4226	4	1,10	Cultivo
Poaceae	<i>Zea mays</i> L.	Das 3383	4	1,10	Cultivo
Poaceae	<i>Oryza sativa</i> L.	Colombiano amarillo	17	4,67	Cultivo
Poaceae	<i>Oryza sativa</i> L.	Malena	15	4,12	Cultivo

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

Curvas de acumulación de especies: A partir de las curvas de acumulación de especies, se determinó que los muestreos realizados en la subcuenca Güera fueron más completos. Esto se debe que la diversidad muestreada (S_{obs}) fue similar a la diversidad total teórica (a/b). Sin embargo, los muestreos en la subcuenca Quema deben ser complementados, ya que la diversidad muestreada es inferior a la diversidad teórica (Figura 2).

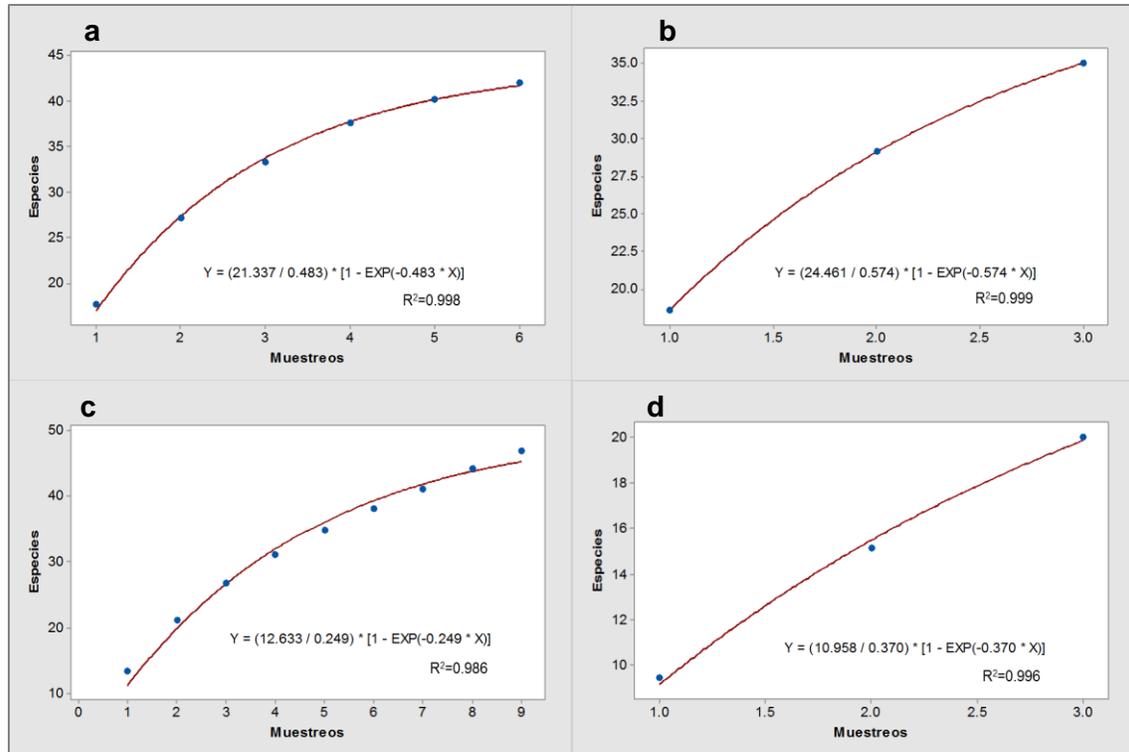


Figura 2. Curvas de acumulación de especies para los diferentes estratos:

- a. Estrato Madera Fruta en la subcuenca Güera ($S_{obs}=42$; $R^2=0,998$, $a/b=44$).
- b. Estrato Madera Fruta en la subcuenca Quema ($S_{obs}=35$; $R^2=0,999$, $a/b=42$).
- c. Estrato Pasturas en la subcuenca Güera ($S_{obs}=47$; $R^2=0,986$, $a/b=50$).
- d. Estrato Pasturas en la subcuenca Quema ($S_{obs}=20$; $R^2=0,996$, $a/b=29$).



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

En otros estudios en condiciones tropicales en huertos domésticos de Uganda, se encontró resultados similares a los obtenidos en este estudio, donde la curva de acumulación de especies indicó que se tomó un número razonable de muestras y que cualquier muestreo más intensivo probablemente arroje solo unas pocas especies adicionales (Mwavu et al., 2016).

Biodiversidad agrícola en las subcuencas de Güera y Quema del río Tonosí:

De acuerdo con el índice de Shannon-Wiener (H'), ambas subcuencas tienen alta diversidad ($H' > 3$). Sin embargo, al comparar la diversidad de las dos subcuencas en estudio se encontró que la subcuenca de Quema presenta mayor diversidad ($H=3,6961$) que la subcuenca de Güera ($H=3,3881$) (Cuadro 5), siendo estas diferencias altamente significativas ($p < 0,05$). Este índice también sugiere que ambas subcuencas presentan alta equidad. Es decir que todas las especies están representadas por una cantidad similar de individuos.

De igual forma, el índice de Simpson (D'), indica que la subcuenca de Quema presenta mayor diversidad ($D'= 0,03239$) que la subcuenca de Güera ($D= 0,077148$) (Cuadro 4), y con diferencia estadística significativa ($p < 0,05$). Este índice muestra que en la subcuenca de Quema la probabilidad de que dos individuos de esta comunidad tomados al azar pertenezcan a la misma especie es menor que para la subcuenca de Güera. Además, las comunidades en cada uno de los sitios presentan vegetación que tiende a tener poca equidad en la abundancia de especies y por tanto presenta dominio de unas pocas.

Cuadro 4. Índices de diversidad en las subcuencas de Güera y Quema.

Índice	Subcuenca de Güera	Subcuenca de Quema
Shannon-Wiener (H')	3,3881	3,6961
Simpson (D)	0,077148	0,032393

Al analizar la Biodiversidad agrícola por tipo de estrato dentro de las fincas se obtuvieron los siguientes resultados:



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

Estrato árboles frutales y maderables (incluyen los no maderables): Se observó que la diversidad de especies de fruta o madera fue más alta en la subcuenca de Quema ($H' = 3,308$, $D' = 0,04563$), en comparación con las fincas encontradas en la subcuenca de Güera ($H' = 2,6542$, $D' = 0,16073$) (Cuadro 3). Los valores de (H') superiores a 3 son considerados como diversos, así como los valores de D' cercanos a 0. Por tanto, los valores encontrados denotan que la subcuenca de Quema es más diversa. Así mismo se encontró diferencias altamente significativas entre los valores obtenidos de H' ($p < 0,05$).

Cuadro 5. Índices de diversidad en árboles frutales y maderables en las subcuencas de Güera y Quema.

Índice	Subcuenca de Güera	Subcuenca de Quema
Shannon-Wiener (H')	2,6542	3,308
Simpson (D)	0,16073	0,04563

Para ambas subcuencas, la diversidad presente en el estrato Fruta Madera corresponde a materiales introducidos por los dueños de las fincas y otros son originarios de la región. En esa misma línea, los productores manifestaron utilizar estas especies de frutales o maderables para autoconsumo y para su venta ocasional.

Los resultados concuerdan con estudios similares que manifiestan que las especies arbóreas dominantes demostraron ser árboles frutales. Estos árboles se siembran y/o retienen principalmente para obtener ingresos, nutrición y como amortiguador de las vicisitudes siempre presentes que enfrenta el sector agrícola (Wali et al., 2015).

En cuanto a los valores de los índices de diversidad, este estudio es consistente con el de Baul et al. (2015), ($H' = 3.33$) y donde se reportó una correlación positiva entre el tamaño real de la granja y la diversidad de la especie que indica que cuanto mayor era el área de la granja, mayor era la diversidad de su especie. Por otro lado, los resultados del presente estudio muestran una diversidad más alta ($H' = 3,308$, $D' = 0,04563$) a los encontrados por Agaba et al. (2015), donde se obtuvieron los valores $H' = 2,988$, $D' = 0,926$. en granjas más a cercanas bosque natural intacto.



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

Estrato pasturas naturales y mejoradas: En la subcuenca de Güera se encontraron los siguientes valores: $H' = 2,6168$, $D' = 0,1101$ (Cuadro 6). En tanto, en la subcuenca de Quema los valores fueron los siguientes: $H' = 2,3786$, $D' = 0,1241$ (Cuadro 7). Los valores H' se ubicaron en un rango normal (entre 2 y 3; < 2 bajos; >3 altos). Sin embargo, los resultados son más altos en la subcuenca de Güera que en la subcuenca de Quema. Por consiguiente, la subcuenca de Güera es más diversa.

Del mismo modo, los valores del índice Simpson también indican que la subcuenca de Güera es más diversa, ya que los valores de D' son más cercanos a 0. Este índice muestra que en la subcuenca de Güera la probabilidad de que dos individuos de esta comunidad tomados al azar pertenezcan a la misma especie es menor.

Cuadro 6. Índices de diversidad el estrato pasturas naturales y mejoradas en las subcuencas de Güera y Quema.

Índice	Subcuenca de Güera	Subcuenca de Quema
Shannon-Wiener (H')	2,6168	2,3786
Simpson (D')	0,1101	0,1241

En cuanto a los niveles de significancia, estos se ubicaron en niveles altos al comparar los valores obtenidos de H' ($p < 0,05$) para la diversidad en pasturas naturales y mejoradas. Por otro lado, los índices (D') no reportaron diferencias significativas ($p > 0,05$).

Contigua al área de estudio, Torres et al. (2017) reportó problemas ambientales como la deforestación, la tala y la quema en la Reserva Forestal La Tronosa. De igual manera, en el presente estudio los dueños de las fincas con pastizales manifestaron que la quema indiscriminada y el sobrepastoreo son problemas que afectan la prevalencia de sus pastizales. Del mismo modo, Álvarez et al. (2016) expone que los pastizales sufren transformaciones intensas a causa de la influencia humana como el fuego y el pastoreo.

A todo esto, se ha propuesto que estas alteraciones promueven la invasión de especies exóticas (Hobbs y Huenneke, 1992). Ahora bien, los resultados de la composición de la agrobiodiversidad para el estrato Pasturas (naturales y mejoradas) muestran que 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/)

las fincas de Güera y Quema la diversidad está relacionada no solo con especies de pastos, sino que se ve influenciada de manera fuerte por especies de arvenses. Por este motivo los valores de H' se ubicaron en un rango normal entre 2 y 3 (Cuadro 6).

En contraste a lo expuesto, Altieri (2015) sostiene que la agricultura convencional simplifica la naturaleza. Esto implica un cambio de ecosistemas naturales a monocultivos. Sin embargo, las condiciones simplificadas propias de agricultura convencional no se ven reflejadas en las pasturas de este estudio, con una uniformidad o prevalencia de pocas especies.

Lo anterior se debe a que estas especies arvenses, pastos introducidos y nativos conviven en el sistema y le aportan mayor diversidad. De igual manera, también crean competencia, que denota algún grado de degradación por inadaptación de las especies introducidas o por mal manejo.

Estrato cultivos agrícolas: Los valores de diversidad obtenidos tanto para H' como para (D') en el estrato cultivos agrícolas (Cuadro 5) reflejan que la biodiversidad es más alta en la subcuenca de Güera ($H' = 1,4642$, $D' = 0,29195$). En tanto, en la subcuenca de Quema los valores fueron los siguientes: ($H' = 1,192$, $D' = 0,34125$), lo que indica que la diversidad es menor en esta subcuenca (Cuadro 6). Sin embargo, los valores de H' se ubicaron en un rango bajo ($H' < 2$) para las dos subcuencas en estudio, lo que indica una baja diversidad. De igual manera, los valores de (D') se ubicaron en un rango bajo para las dos subcuencas, en el estrato cultivos agrícolas, por estar más cercanos a 1.

Cuadro 7. Índices de diversidad en cultivos agrícolas las subcuencas de Güera y Quema.

Índice	Subcuenca de Güera	Subcuenca de Quema
Shannon-Wiener (H')	1,4642	1,192
Simpson (D)	0,29195	0,34125



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 presentó diferencias altamente significativas al comparar los valores de H' obtenidos para los cultivos presentes tanto para fincas de Güera como para las fincas de Quema (0,0379). Por otro lado, los valores de D' no reportó diferencias significativas ($p>0,05$) al comparar la diversidad de las fincas de ambas subcuencas.

Cabe señalar que los valores obtenidos para H' y D' guardan relación con hechos reportados a nivel mundial. Donde se sugieren que el número de granjas ha disminuido, mientras el tamaño de las granjas ha aumentado. Sin embargo, esto ha ocasionado una tremenda erosión de la diversidad genética, ya que la agricultura industrial tiende al reemplazo de lo natural y diversificado por los sistemas simplificados de monocultivo (Altieri, 2015). De igual modo, en el presente estudio la erosión de diversidad genética se ve reflejada a nivel de las fincas de ambas subcuencas en el estrato cultivos agrícolas, con una heterogeneidad baja y con alta dominancia de un número reducido de materiales.

En esa misma línea de ideas, Mwavu et al. (2016) sostiene que la limitación de tierra es la razón más común para abandonar algún cultivo alimentario, ya que la mayoría de la tierra que anteriormente estaba disponible para el cultivo, ahora se alquila para el cultivo comercial. De igual manera en el contexto de las áreas en estudio, los dueños de las fincas afirman que el abandono de los terrenos se debe a factores socioeconómicos como alto costo, escasas de mano de obra y programas sociales de subvención.

Ahora bien, los resultados que se obtuvieron en el estrato cultivos agrícolas ($H' = 1,4642$ y $1,192$), no distan de los reportados por Mwavu et al. (2016), donde los valores de H' , fueron mayor que 1 para la mayoría de huertos familiares. Estos valores considerados están dentro del rango reportado por otros estudios similares situado entre 0,93 y 3,0 para huertos tropicales (Kehlenbeck y Maass, 2004).



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

- A nivel de subcuenca Quema presentó mayor biodiversidad agrícola que Güera. Dado que las fincas de la subcuenca de Quema obtuvieron valores de riqueza y abundancia que reflejan un manejo más intensivo y diversificado, tal como lo indican los valores de los índices de Shannon-Wiener (H') y el índice de Simpson (D').
- En el estrato árboles frutales y maderables la biodiversidad es mayor en las fincas de Quema, principalmente en cultivos traspatios para autoconsumo y venta ocasional.
- En el estrato pasturas naturales y mejoradas la biodiversidad es mayor en las fincas de la subcuenca de Güera. La alta presencia de especies de arvenses y de pasturas nativas, hacen ver la mejor adaptación de estas a las condiciones locales, reflejan un mal manejo de las praderas.
- En el estrato cultivos agrícolas existe alta dominancia de variedades locales, que son las que prevalecen en las fincas de la subcuenca de Güera, más que en las fincas de Quema. En cambio, las fincas de Quema presentan una mayor utilización de materiales mejorados.

REFERENCIAS

- Altieri, M. (2015). *Agroecology, key concepts, principles and practices. Main learning points from training courses on Agroecology in Solo, Indonesia and Lusaka, Zambia*. Third World Network (TWN) y Sociedad Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 47p. <https://www.researchgate.net/publication/284158848>
- Álvarez, J., Rivas, I., Aguilera, L., y González, M. (2016). Diversidad y estructura de un pastizal en El Cerrillo, Piedras Blancas, Estado de México, México. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 87(3), 980-989. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.06.006>
- Barfod, A., Balhara, M., Dransfield, J., y Balslev, H. (2015). SE Asian Palms for Agroforestry and Home Gardens. *Forest* 6(12), 4607-4616. <https://doi.org/10.3390/f6124389>



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

Baul, T., Rahman, M., Moniruzzaman, Md., y Nandi, R. (2015). Status, utilization, and conservation of agrobiodiversity in farms: a case study in the northwestern region of Bangladesh. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems Services and Management*, 11(4), 318-329.

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21513732.2015.1050456>

Colwell, R. K. (2009). EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 8.2. User's Guide and application published at:

<http://purl.oclc.org/estimates>.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2015).

Recursos Genéticos y Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura.

<http://www.fao.org/assets/infographics/FAO-Infographic-CGRFA30-es.pdf>

Franco, W., Peñafiel, M., Cerón, C., y Freire, E. (2016). Biodiversidad productiva y asociada en el Valle Interandino norte del Ecuador. *Bioagro*, 28(3), 181-192.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85749314005>

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., y Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontología Electrónica*, 4, 1-9.

http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

Hobbs, R., y Huenneke, L. (1992). Disturbance, diversity and invasion implications for conservation. *Conservation Biology*, (6), 324–337.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1523-1739.1992.06030324.x>

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2024). *Proyecto Red Agroclimática. 2015-2024*. Grupo de investigación.

https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion_agroclimatica_para_mejorar_la_sostenibilidad_del_agronegocio_en_Azuero/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/)

- Jones, R., y Hargreaves, J. (1979). Improvements to the dry-weight-rank method for measuring botanical composition. *Grass and Forage Science* 34, 181-189. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1979.tb01465.x>
- Karunarathna, M., y Wilson, C. (2017). Agricultural biodiversity and farm level technical efficiency: An empirical investigation. *Journal of Forest Economics*, 29(1), 38-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfe.2017.08.002>
- Kehlenbeck, K., y Maass B. (2004). Crop diversity and classification of homegardens in Central Sulawesi, Indonesia. *Agroforestry systems*, 63(1), 53-62. <https://link.springer.com/article/10.1023/B:AGFO.0000049433.95038.25>
- Lanz, B., Dietz, S., y Swanson, T. (2018). The Expansion of Modern Agriculture and Global Biodiversity Decline: An Integrated Assessment. *Ecological Economics*, 144, 260-277. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLECON.2017.07.018>
- López, K. S., y González, G. T. (Eds.). (2014). Métodos y técnicas cualitativas y cuantitativas aplicables a la investigación en ciencias sociales. Tirant Humanidades México. file:///C:/Users/Usuario/Downloads/CAP_20_MUESTREO ESTRATIFICADO.pdf
- Mannetje, L., y Haydock, K. (1963). The dry weight-rank method for the botanical analysis of pasture. *J Br Grassld Soc.* 18, 268-275. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1963.tb00362.x>
- Mostacedo, B., y Fredericksen T. (2000). Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en ecología vegetal. <http://www.bio-nica.info/biblioteca/mostacedo2000ecologiavegetal.pdf>
- Mwavu, E., Ariango, E., Ssegawa., Kalema, V., Bateganya, F., Waiswa, D., y Byakagaba, P. (2016). Agrobiodiversity of homegardens in a commercial sugar cane cultivation land matrix in Uganda. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems*



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

Services and Management, 12(3), 191–201.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2016.1177595>

Obayelu, O., Akintunde, O., y Obayelu, A. (2015). Determinants of on-farm cassava biodiversity in Ogun State, Nigeria. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystems Services and Management*, 11(4), 298-308.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1071282>

Poggio, S. (2015). *Los desafíos de aumentar la productividad agrícola y también conservar la biodiversidad en los paisajes rurales*.
http://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/46164/CONICET_Digital_Nro.ad95c1a-c6ad-48cf-a218-4491b611803b_A.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Puerta-Piñero, C., Gullison, R. E., Condit, R., Angermeier, P. L., Ibáñez, R., Pérez, R., Robinson, W. D., Jansen, P. A., y Roberts, J. H. (2014). *Metodologías para el Sistema de Monitoreo de la Diversidad Biológica de Panamá* (versión en Español).
<http://dx.doi.org/10.5479/si.ctfs.0001>

Rojas Gutiérrez, A., Lozano Batache, L. A., y Yaya Mejía, M. (2011). *Evaluación Ecológica y Estructural de los Bosques del Departamento del Tolima*. Ibagué, Colombia: Universidad del Tolima.
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/VegetacinTolima.pdf>

Rügnitz, M., Chacón, M., y Porro, L. (2009). Guía para la determinación de carbono en pequeñas propiedades rurales. 1. Ed., Lima, Perú: Centro Mundial Agroforestral (ICRAF)/Consorcio Iniciativa Amazônica (IA). 79 p.
<https://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B16293.pdf>

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2014). *Perspectiva Mundial sobre la Diversidad Biológica 4*. Evaluación a mitad de período sobre los avances en la implementación del Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020. 155 p.
<https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-es-hr.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/)

Torres, N., Martínez, J., Laurido, C., y Zapata, A. (2016). Plantas medicinales de Panamá 1: Etnobotánica de la Reserva Forestal el Montuoso. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(6), 407-421.

http://www.blacpma.usach.cl/sites/blacpma/files/articulo_4_-_1200_-_407_-_421_0.pdf

Torres, N., Martínez, J., Laurido, C., y Zapata, A. (2017). Plantas medicinales de Panamá 2: Etnobotánica de la Reserva Forestal La Tronosa, provincia de Los Santos. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 16(4), 361-384.

http://www.blacpma.usach.cl/sites/blacpma/files/articulo_3_-_1305_-_361_-_384_0.pdf

Villarreal, J., Name, B., y García, R. (2013). Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes. *Ciencia Agropecuaria*, (21), 71-89. [ZONIFICACIÓN DE SUELOS DE PANAMÁ EN BASE A NIVELES DE NUTRIENTES | Ciencia Agropecuaria \(revistacienciaagropecuaria.ac.pa\)](#)

Wali, S., Agaba, H., Balitta, P., Hafashimana, D., Nkandu, J., Kuria, A., ... Sinclair, F. (2015). Tree species diversity and abundance in coffee farms adjacent to areas of different disturbance histories in Mabira forest system, central Uganda. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(4), 309–317.

<https://doi.org/10.1080/21513732.2015.1050607>



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

SELECCIÓN DE UN HÍBRIDO DE MAÍZ PARA LOS SISTEMAS DE SIEMBRA MECANIZADA EN PANAMÁ¹

*Román Gordón-Mendoza²; Jorge E. Franco-Barrera³;
Francisco P. Ramos-Manzané⁴; Félix M. San Vicente-García⁵*

RESUMEN

Con el objetivo de la selección de un híbrido de maíz para su uso en el sistema de siembra mecanizada en Panamá, se evaluó la adaptabilidad y estabilidad de un gran número híbridos de maíz amarillo de grano normal. Para lograr esto, se sembraron 40 ensayos en distintas localidades. Los ensayos fueron sembrados en campos de agricultores colaboradores durante cinco años (2016-2020). Todo el material genético evaluado provino del Programa de Maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. El número de híbridos varió a través de los años, por lo que el diseño experimental también varió. Se utilizaron diseños Alfa Látice con tres repeticiones. A los datos obtenidos se les aplicó un análisis de varianza individual y uno combinado tipo REML por año, eliminando del análisis combinado todas las localidades con una repetitividad menor de 0,05. Las medias fueron separadas utilizando la Diferencia Mínima Significativa y la estabilidad a través del Modelo Biplot GGE-SReg. El análisis de varianza individual por año y combinado a través de años mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano y otras características agronómicas. Después de los cinco años, el testigo 30F35 tuvo un rendimiento de 6,75 t·ha⁻¹, y el mismo fue superado 18% por la cruza simple CLTHY15107 con rendimiento de 7,96 t·ha⁻¹. El análisis de estabilidad identificó a este último como el más estable a través de las localidades en tres de los cinco años y en los otros dos años entre los tres más estables. El análisis de la confiabilidad de la respuesta normalizada indicó que en ocho de cada diez localidades el CLTHY15107 superó al testigo. De acuerdo con los resultados de esta investigación, se concluye que esta cruza simple cumple con los requisitos para ser registrada y se podría recomendar su siembra por los agricultores de la república de Panamá.

Palabras clave: Adaptabilidad, Biplot SReg, confiabilidad de la respuesta, cruza simple, estabilidad.

¹Recepción: 03 de abril de 2024. Aceptación: 18 de junio de 2024. Investigación realizada con fondos del Proyecto "Generación de variedades e híbridos de maíz" del DIAP.

²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), e-mail: gordon.roman@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8433-2357>

³IDIAP, e-mail: joenfra13@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0000-0247-41X>.

⁴IDIAP, e-mail: franciscoramos2016@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0009-0003-3203-3069>.

⁵Centro Internacional para el Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), e-mail: Sanvicente@cgiar.org; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-5988-3114>



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

SELECTION OF A CORN HYBRID FOR SYSTEMS MECHANIZED PLANTING IN PANAMA

ABSTRACT

With the aim of selecting a corn hybrid to be used in the mechanized planting system in Panama, the adaptability and stability of many normal grain yellow corn hybrids was evaluated. To achieve this, 40 trials were planted in different locations. The trials were planted in fields of collaborating farmers during five years (2016-2020). All genetic material evaluated came from the International Maize and Wheat Improvement Center Maize Program. The number of hybrids varied over the years, so the experimental design also varied. Alpha Lattice designs with three replications were used. An individual variance analysis and a combined REML type analysis per year were applied to the data obtained, eliminating from the combined analysis all locations with a repeatability of less than 0.05. The means were separated using the Least Significant Difference and stability through the GGE-SReg Biplot Model. The analysis of individual variance per year and combined across years showed highly significant differences between the different hybrids evaluated for the variable grain yield and other agronomic characteristics. After five years, the tester 30F35 had a yield of $6.75 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, and this was surpassed 18% by the single cross CLTHY15107 with a yield of $7.96 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. The stability analysis identified the latter as the most stable across locations in three of the five years and among the three most stable in the other two years. Analysis of the reliability of the normalized response indicated that in eight out of ten locations CLTHY15107 outperformed the control. According to the results of this research, it is concluded that this simple cross meets the requirements to be registered and its planting could be recommended by farmers in the Republic of Panama.

Keywords: Adaptability, Biplot SReg, reliability of the normalized response, simple cross, stability.

INTRODUCCIÓN

A pesar de que se han liberado previamente algunos híbridos de maíz adaptados a las zonas bajas e intermedias del litoral pacífico panameño, es imprescindible continuar desarrollando y evaluando genotipos superiores. La globalización de la economía exige que los productores comerciales de maíz eleven su producción por unidad de superficie, esto conlleva a las instituciones de investigaciones agropecuarias a elaborar e implementar programas de manejo integral del cultivo, para generar tecnologías que permitan competitividad y sostenibilidad de sus actividades.



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 interacción genotipo–ambiente es de gran importancia en la evaluación de genotipos desarrollados para diferentes condiciones de producción. Para evaluar esta, es necesario integrar los conceptos de estabilidad, para definir el comportamiento de los cultivares evaluados a través de ambientes contrastantes. En estos ensayos es obligatorio evaluar los efectos de genotipo, ambiente y la interacción genotipo ambiente e involucra conceptos como repetitividad, estabilidad y adaptabilidad. En la actualidad existen modelos estadísticos robustos que representan herramientas indispensables en la toma de decisiones al momento de liberar nuevos híbridos, que garanticen que las nuevas tecnologías genéticas sean iguales o superiores a las usadas en la actualidad.

La repetitividad se define como la fracción de la variancia, total del carácter que se debe a las diferencias permanentes entre los individuos y al igual que la heredabilidad, puede tomar valores entre 0 y 1 (Holland et al., 2002; Yan 2014). La heredabilidad o repetitividad H , es un indicativo de la validez o utilidad de las pruebas de evaluación de genotipos, cuando $H = 1$ significa que las diferencias observadas entre las medias genotípicas del ensayo son debido al efecto genético; mientras que $H = 0$ indica que las diferencias observadas son debido al error aleatorio o experimental (Yan y Holland, 2010). Gordón y Camargo (2015) y Camargo et al. (2017) indican que la repetitividad puede ser un estadístico robusto para medir la precisión de los experimentos, con menos sesgo que el coeficiente de variación.

En este sentido tenemos el modelo Biplot GGE propuesto por Yan et al., 2000; Yan y Hunt, 2002. Esta es una herramienta que ha incrementado su popularidad entre los mejoradores agrícolas por su versatilidad y facilidad de interpretación de sus figuras. Autores como Eskridge y Mumm (1992), Eskridge et al. (1993), Eskridge (1997), han propuestos metodologías estadísticas que permiten identificar genotipos superiores utilizando datos desbalanceados; estos autores perfeccionaron el análisis de confiabilidad o respuesta normalizada, basados en las diferencias de rendimiento de los cultivares respecto a un testigo adaptado a la región. Los objetivos del presente estudio fue resaltar algunas herramientas estadísticas sencillas y vigorosas en la toma de decisiones al momento de liberar las nuevas tecnologías genéticas con la certeza estadística que esas nuevas tecnologías serán igual o superiores a las actuales. Se establecieron una serie 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/)

experimentos a través de varios años con el objetivo de determinar la adaptabilidad y estabilidad de híbridos experimentales, con el propósito de identificar un genotipo, con buena estabilidad de rendimiento y características agronómicas deseables, bajo diversos ambientes de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades y Material Genético

Entre los ciclos agrícolas de 2016 a 2022, en distintas localidades de la Región de Azuero se establecieron un número de veinte ensayos provenientes del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Adicional a esta data, se tomó los datos del ensayo de híbridos amarillos del PCCMCA del año 2017, sembrado en 20 localidades de Centro América el cual incluía dos localidades de Panamá. En este último país, todos los ensayos fueron sembrados en parcelas de productores colaboradores de las provincias de Los Santos, en terrenos asignados por los mismos. También se estableció un ensayo por año en la Estación Experimental El Ejido (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño, número de repeticiones, tratamientos y localidades de los ensayos de evaluación de híbridos simples y triples en Panamá, 2016-2022.

Año	Diseño	No Gen	Provincia	No Loc	Localidades
2016	Alfa Látice 4 x 7	28	Los Santos	5	El Ejido A, El Salaíto, Los Destiladeros, La Colorada, Ejido O*
2017	Alfa Látice 3 x 4	12	Los Santos y Centro América	20	8 localidades de Guatemala, tres en El Salvador y Honduras, dos localidades en Nicaragua, Costa Rica y Panamá (El Ejido, El Salaíto)
2019	Alfa Látice 5 x 5	25	Los Santos	5	El Ejido A*, La Candelaria, La Laguna, Chupá, Aranda,
2021	Alfa Látice 4 x 4	16	Los Santos	5	El Ejido A*, La Candelaria, El Nanzal, Mariabé y Río Oria,
2022	Alfa Látice 4 x 4	16	Los Santos	5	El Ejido A*, La Candelaria, La Laguna, El Nanzal, San José
Total				40	

*El Ejido A y O se refiere a la siembra en El Ejido en el mes de agosto, septiembre y octubre, respectivamente.

El número de híbridos experimentales sembrados fluctuó a través de los años. Todos los híbridos evaluados fueron suministrados por este CIMMYT. Los híbridos evaluados fueron en su gran mayoría por cruza experimentales que fueron formadas en años previos por el CIMMYT. El set de híbridos incluía tanto cruza simples como triples. Todos los años se incluyó el testigo 30F-35, el cual es un híbrido que fue liberado en el país en el año 2009, así como el híbrido experimental CLTHY15107 (Cuadro 2). 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/)

ensayo sembrado en 2017 (PCCMCA) se incluyeron siete híbridos de Casas comerciales, tres del CIMMYT y dos testigos.

Unidad Experimental:

Las parcelas experimentales consistieron en dos surcos de 5,2 m de largo. Todos los ensayos fueron sembrados a una distancia de 0,75 m entre hileras y 0,20 m entre posturas de siembra para una densidad inicial de 6,66 plantas/m². El manejo agronómico respecto al control de plagas dependió de su incidencia y de las recomendaciones tecnológicas que aparecen en la Guía para el manejo integrado del cultivo de maíz del IDIAP (Gordón, 2021). Al cultivo se le aplicó a la siembra, 273 kg·ha⁻¹ de la fórmula 13-26-10-3 en forma de banda a 2,5 cm de profundidad. Se realizaron dos aplicaciones suplementarias, la primera a los 21 días después de siembra (dds) y la segunda a los 37 dds a razón de 159 y 204 kg·ha⁻¹, de urea-S y del fertilizante 30-0-20 respectivamente. Las malezas se controlaron con la aplicación inmediatamente después de la siembra de atrazina más pendimentalina. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron deshierbes manuales por escape del control hasta el momento de la cosecha.

Variables medidas:

Se tomaron variables como días a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de plantas acamadas de tallo, número de mazorcas podridas, número de plantas y mazorcas al momento de la cosecha, rendimiento de grano, número de mazorcas con mala cobertura y humedad del grano (cuantitativas). Además, se evaluó el aspecto de planta y mazorcas con escala 1 a 5 (1= mala, 5= excelente), textura de grano con una escala de 1 a 4 (1=cristalino, 4=dentado) Se evaluaron las principales enfermedades al follaje tales como *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum*. En donde 1,0 indica ausencia de enfermedad y 5,0 infección muy severa. La evaluación se realizó antes de la senescencia de las hojas en la etapa R3 (75-80 dds) del cultivo. Para el análisis estadístico de las variables porcentaje de plantas acamadas, mazorcas podridas y mazorcas con punta descubiertas se realizó una transformación utilizando la raíz cuadrada más un medio ($\sqrt{x + 0,5}$). El rendimiento de grano de cada híbrido fue normalizado (RN_i) por medio del proceso de estandarización N (0,1). Para este cálculo se utilizó la fórmula



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

$(X_i - \mu) / \delta$, en donde X_i es el rendimiento del híbrido de interés, μ es la media general y δ es la desviación estándar general a través de localidades. En cada año se tomó una muestra de seis mazorcas de todos los híbridos, con el fin de obtener el porcentaje de desgrane. El cálculo del rendimiento de grano analizado corresponde al obtenido con este porcentaje de desgrane.

Cuadro 2. Híbridos evaluados por ciclo agrícola en cada experimento, Panamá 2016-22.

2016 02AS-16TSC2WCYN	2017 PCCMCA-THY	2019 02AS-19TSC2WCYN	2021 02AS- 21TSC2WCYN	2022 02AS- 22LHTSCTWCYN
1. CLTHY15107	1. MR9019	1. CLTHY17034	1. CLTHY18026	1. CLHTY18035
2. CLTHY15131	2. MR9026	2. CLTHY17142	2. CLTHY19046	2. CLHTY18042
3. CLTHY15102	3. MR9027	3. CLTHY17144	3. CLTHY19071	3. CLHTY19018
4. CLTHY15103	4. HEA28187	4. CLTHY17149	4. CLTHY19076	4. CLHTY22004
5. CLTHY15101	5. HEA28226	5. CLTHY17203	5. CLTHY19091	5. CLHTY22011
6. CLTHY15109	6. HEA28153	6. CLTHY17210	6. CLTHY19098	6. CLHTY19508
7. CLTHY15136	7. HEA17896	7. CLTHY17212	7. CLTHY19101	7. CLHTY19510
8. CLTHY15123	8. CLTHY15002	8. CLTHY17267	8. CLTHY19106	8. CLHTY21504
9. CLTHY15134	9. CLTHY15047	9. CLTHY17278	9. CLTHY19564	9. CLHTY21505
10. CLTHY15119	10. CLTHY15107	10. CLTHY17283	10. CLTHY19566	10. CLHTY21506
11. CLTHY15112	11. DK7500	11. CLTHY18204	11. CLTHY19568	11. CLHTY21513
12. CLTHY15023	12. 30F-35	12. CLTHY18205	12. CLTHY19575	12. CLHTY15107
13. CLTHY15025		13. CLTHY17236	13. CLTHY15107	13. CLHTY16155
14. CLTHY15027		14. CLTHY18208	14. CLTHY17288	14. CLHTY15031
15. CLTHY15029		15. CLTHY18210	15. 30F-35	15. 30F-35
16. CLTHY15035		16. CLTHY18211	16. ADV-9293	16. ADV-9223
17. CLTHY15041		17. CLTHY18218		
18. CLTHY15043		18. CLTHY18219		
19. CLTHY15045		19. CLTHY18222		
20. CLTHY15047		20. CLTHY18223		
21. CLTHY15051		21. CLTHY18224		
22. CLTHY15053		22. CLTHY15031		
23. CLTHY15054		23. CLTHY15107		
24. CLTHY15056		24. 30F-35		
25. CLTHY15002		25. ADV-9293		
26. CLTHY14012				
27. P-4226				
28. 30F35				

Diseño Experimental y Análisis estadístico:

Se realizó un análisis de varianza por localidad (1). El análisis de varianzas por localidad se realizó utilizando el método REML (Restricted Maximum Likelihood) propuesto por Vargas et al. (2013). Para el análisis por año se consideró un diseño Alfa Látice con tres repeticiones. Se utilizaron los siguientes modelos matemáticos.



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

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Block_j(Rep_i) + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (1)$$

En donde Y_{ijk} es el tratamiento de interés; μ es la media general; Rep_i es el efecto de la i -ésima repetición; $Block_j(Rep_i)$ es el efecto del j -ésimo bloque incompleto dentro del i -ésima repetición; Gen_k es el efecto k -ésimo genotipo, y ε_{ijk} es el error residual. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones y bloques incompletos como efectos al azar.

Repetitividad:

En cada análisis se procedió a calcular la repetitividad (H) por localidad (3). Luego se le calculó este estadístico de precisión a cada variable del análisis combinado (4) de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$H = \frac{\delta_g^2}{\delta_g^2 + \delta_e^2 / N^\circ \text{ reps}} \quad (3)$$

$$H = \frac{\delta_g^2}{\delta_g^2 + \delta_{ge}^2 / N^\circ \text{ loc} + \delta_e^2 / (N^\circ \text{ locs} \times N^\circ \text{ reps})} \quad (4)$$

En donde δ_g^2 es la varianza de genotipos, δ_{ge}^2 es la varianza de la interacción genotipo x ambiente y δ_e^2 es la varianza del error de los análisis de varianza realizados a cada localidad y al combinado.

Análisis de Varianzas:

A las localidades que tuvieron una repetitividad superior a 0,00 se les realizó un análisis de varianza combinado a través de años con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Block_k(Loc_i Rep_j) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (2)$$

En donde los nuevos términos Loc_i y $Loc_i \times Gen_l$ son los efectos para la i -ésima localidad y la interacción genotipo por localidad, ambos considerados términos al azar dentro del modelo. En este modelo los genotipos se consideran como efectos fijos y las repeticiones como efectos al azar. Para la estructura de las covarianzas se utilizó el modelo de componentes de la varianza (*Variance components*). A todas las variables se le calculó



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 medias ajustadas (LS means) y las mismas fueron comparadas utilizando las diferencias mínimas significativas (DMS) al 5% de probabilidad.

Análisis de Estabilidad:

Para el análisis de estabilidad del combinado de los tres años, se utilizó el modelo Biplot GGE-SReg, que integra el análisis de varianza y el análisis de componentes principales (Yan et al., 2000). El SReg está basado en la Regresión de sitios Lineal-bilineal (multiplicativo) de (Cornelius et al., 1993). El modelo matemático del SReg (6) es:

$$\bar{y}_{ik} = \mu + \delta_j + \sum_{k=1}^t \lambda_k \alpha_{ik} \gamma_{jk} + \bar{\varepsilon}_{ij}. \quad (6)$$

En donde \bar{y}_{ik} es el Rendimiento promedio de un genotipo i en un ambiente k , μ es la media general del genotipo i -ésimo en el j -ésimo ambiente; δ_j es el efecto de las desviaciones de las medias del ambiente, λ_n es el valor singular para el PCA o son constantes de escala (valores singulares) que permiten la imposición de restricciones de orto-normalidad en los vectores singulares para genotipos α_{ik} y ambientes γ_{jk} ; de modo que $\sum_i \alpha_{ik}^2 = \sum_j \gamma_{jk}^2 = 1$ y $\sum_i \alpha_{ik} \alpha_{ik'} = \sum_j \gamma_{jk} \gamma_{jk'} = 0$ para $k \neq k'$; α_{ik} y γ_{jk} son llamadas “primario”, “secundario”, “terciario”....etc efectos de genotipos y ambientes respectivamente.; $\bar{\varepsilon}_{ij}$ es el error experimental asumiendo ser normal y con distribución independiente $(0, \sigma^2/r)$.

Análisis de confiabilidad de la respuesta:

El análisis de confiabilidad se realizó a los seis híbridos (excluyendo al testigo local) que fueron evaluadas los tres años. Para la confiabilidad o respuesta normalizada (RNi), del i -ésimo genotipo se determinó a partir de los diferenciales de rendimiento con respecto al testigo 30F-35. Los valores promedios d_i y la desviación estándar de las diferencias (Sdi) se estimaron en todos los ambientes. A continuación, se determinó el valor estandarizado (d_i/Sdi), al cual se le establece la probabilidad normal estandarizada, mediante la tabla de distribución normal tipificada $N(0, 1)$, que proporciona los valores de alfa de la cola (probabilidad de encontrar un valor de Z mayor al indicado). A esta probabilidad se le denomina confiabilidad normalizada con respecto al testigo (RNi) (Córdova et al., 1993; Camargo et al., 2014). Para determinar que las diferencias de los distintos híbridos



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

evaluados contra el testigo en todas las localidades no son productos del azar se utilizó la prueba de Rachas de Wald-Wolfowitz y la Prueba de Cochran-Armitage.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ENSAYO 2016 (02AS)

Se realizó el cálculo de la repetitividad (H) para todas las variables medidas, así como para el rendimiento de cada ensayo, resultando para el rendimiento de grano valores entre 0,78 y 0,88. En el análisis combinado la repetitividad fue de 0.86. De acuerdo con el análisis de varianza, el ambiente capturó el 68.3% de la suma de cuadrados total del experimento, sugiriendo una alta variabilidad en los ambientes evaluados. En el Cuadro 3 se presenta el rendimiento de grano ajustado (LSMeans) y algunas de las variables medidas por localidad. El rendimiento de grano promedio a través de las cinco localidades fue de 6,10 t·ha⁻¹, pero el mismo se vio afectado en algunas localidades por la distribución de la lluvia y el tipo de suelo. En relación con el rendimiento de grano en las localidades, el mayor promedio se obtuvo en El Salaíto (7,95 t·ha⁻¹), mientras que el más bajo se obtuvo en El Ejido L (2,82 t·ha⁻¹). Este año el porcentaje promedio de plantas acamadas fue de 34,6%. Se observó un bajo porcentaje de mazorcas podridas en todas las localidades. El ensayo con la población más baja fue el de La Colorada con una media de 6,19 plantas·m⁻². De acuerdo con el análisis Biplot el ambiente ideal tuvo unos valores de los dos primeros ejes de 1,32 y 0,12, respectivamente.

Cuadro 3. Promedio de rendimiento y otras características de híbridos de maíz según localidades, Azuero, Panamá, 2016.

Localidades	H (rend)	DMS/Rango	C.V (%)	Rend (tha ⁻¹)	Flor F (días)	Alpt (cm)	Almz/Alpt	Ptm ²	Mz/Pt	Pmz (g)	Pud (%)	Aca (%)	Enf (1-5)	Mala Cob (%)	PCA-1	PCA-2
El Ejido E	0,80	0,17	9,5	6,29	56	247	0,49	6,34	0,97	102	11,2	72,6	1,5	4,1	0,90	1,24
El Salaíto	0,86	0,15	8,0	7,95	52	264	0,50	6,53	0,97	125	3,6	15,9	2,9	4,1	1,37	0,95
Destiladeros	0,78	0,23	13,3	6,17	53	241	0,49	6,49	0,93	102	1,9	43,3	2,3	3,3	1,46	-1,23
La Colorada	0,84	0,20	10,8	7,25	54	265	0,50	6,19	0,93	126	4,2	31,3	2,2	2,7	1,88	-0,32
El Ejido L	0,88	0,19	18,7	2,82	54	219	0,50	6,32	0,89	49	.	9,7	2,3	9,9	0,99	-0,01
Promedio	0,86	0,22	11,0												1,32	0,12

El análisis de varianza combinado mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano; logrando capturar el 12,2 % de la suma de cuadrados del análisis de varianza de esta variable. De los híbridos



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

evaluados, 13 sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa el testigo local P-4226 y el híbrido experimental CLTHY15107 con rendimiento promedio de 8,06 a 7,73 t·ha⁻¹, respectivamente (Cuadro 4). De acuerdo con el DMS calculado para este ensayo (0,81 t·ha⁻¹) estos no difieren significativamente entre sí (0,33 t·ha⁻¹). A este primer grupo le siguió el grupo de híbridos CLTHY15102, CLTHY15109, CLTHY15056, CLTHY15101 y CLTHY15054 con medias superiores a las 6,50 t·ha⁻¹. En cuanto a las otras variables agronómicas todos los híbridos presentaron buena sanidad tanto en el follaje como en la mazorca. No hubo diferencias significativas para la variable número de plantas al momento de la cosecha. Todos los híbridos, con excepción a los híbridos CLTHY15109, CLTHY15102 y CLTHY15054 presentaron muy buena cobertura de mazorca (menos del 10% de mazorcas con punta descubierta).

Cuadro 4. Rendimiento de grano y otras características agronómicas de los mejores 20 híbridos de maíz evaluados en Azuero, Panamá, 2016.

Híbridos	Rend (t·ha ⁻¹)	RNi	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz/Alpt	Ptm ²	Mz/pt	Pmz (g)	Mz pod (%)	Aca (%)	Bip (1-5)	M cob (%)	PCA-1	PCA-2	
P-4226 (TL-1)	P226	8,06	1,72	52	246	0,51	6,56	0,98	124	0,8	15,1	2,1	0,3	1,43	0,57
CLTHY15107	C107	7,73	1,33	54	258	0,50	6,31	0,99	124	3,0	50,9	1,8	3,6	1,26	0,08
CLTHY15102	C102	7,03	0,84	54	250	0,50	6,26	0,98	113	2,3	49,1	1,8	13,3	0,63	0,45
CLTHY15109	C109	6,95	0,60	54	254	0,50	6,15	1,01	112	4,8	37,9	2,4	18,3	0,79	-0,48
CLTHY15056	C056	6,77	0,60	54	257	0,49	6,45	0,95	110	2,1	44,1	2,2	2,3	0,46	-0,19
CLTHY15101	C101	6,71	0,49	54	257	0,50	6,30	0,96	110	6,5	39,9	1,9	3,0	0,49	-0,46
CLTHY15054	C054	6,60	0,44	55	252	0,50	6,51	0,94	106	2,3	36,3	1,8	12,6	0,34	0,02
CLTHY15035	C035	6,37	0,20	54	247	0,51	6,53	0,94	103	3,1	36,1	2,3	2,7	0,24	0,00
CLTHY15002	C002	6,36	0,19	52	234	0,50	6,36	0,96	103	3,1	47,7	2,1	1,4	0,22	-0,77
CLTHY15053	C053	6,29	0,15	53	252	0,49	6,45	0,96	101	1,8	36,0	1,8	8,5	0,13	-0,25
CLTHY15131	C131	6,24	0,12	54	247	0,49	6,05	0,93	110	5,3	35,1	1,9	2,5	0,07	-0,33
CLTHY15029	C029	6,22	0,12	55	247	0,50	6,36	0,95	104	6,1	33,5	1,9	1,4	0,04	0,21
30F35 (TL-2)	F35	6,09	0,03	52	242	0,49	6,16	0,94	105	3,5	29,3	2,1	1,0	-0,05	0,23
CLTHY15103	C103	6,03	-0,06	54	251	0,49	6,25	0,97	99	10,2	45,9	2,7	4,0	-0,02	0,15
CLTHY15123	C123	6,01	-0,05	55	243	0,49	6,54	0,92	101	4,7	18,2	1,8	8,8	-0,15	-0,07
CLTHY15043	C043	5,99	-0,13	54	240	0,50	6,51	0,93	97	2,8	38,3	2,5	1,7	-0,07	-0,03
CLTHY15027	C027	5,97	-0,10	54	247	0,50	6,38	0,97	96	3,5	32,0	2,8	3,7	-0,11	0,04
CLTHY15051	C051	5,90	-0,20	54	246	0,51	6,45	0,93	97	2,4	44,5	2,9	3,8	-0,11	-0,03
CLTHY15025	C025	5,74	-0,24	55	246	0,50	6,29	0,94	97	6,2	30,9	2,4	3,7	-0,30	0,14
CLTHY15023	C023	5,62	-0,38	54	245	0,50	6,45	0,93	92	1,6	47,1	2,9	1,9	-0,34	0,34
Promedio		6,10		54	247	0,50	6,38	0,94	100,9	4,2	34,6	2,2	4,8		
DMS		0,814		1	7	0,01	0,24	0,05	12	5,4	13,2	0,3	7,4		
H		0,86		0,88	0,85	0,70	0,64	0,75	0,83	0,57	0,77	0,93	0,69		
S ² Hib	27	0,53		1,015	39,6	0,000	0,013	0,001	85,2	5,0	77,3	0,141	15,6		
S ² Loc	4	3,85		1,604	354,2	0,000	0,018	0,001	967,2	17,4	618,7	0,243	7,1		
S ² Loc x Hib	108	0,28		0,475	5,66	0,000	0,005	0,000	62,1	9,9	87,1	0,019	23,5		
PCA-1	30	8,72													
PCA-2	28	1,76													
S ² Res		0,45		0,721	90,92	0,000	0,098	0,005	80,1	27,9	82,0	0,100	36,7		



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

De acuerdo con el análisis Biplot GGE-SREG (Figura 2), tanto los 28 híbridos como los cinco ambientes presentan diferentes patrones de interacción. De acuerdo con las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2, el híbrido más estable y rendimiento sobre la media general fue CLTHY15107 (G15107). Este mismo análisis clasificó los ambientes en dos grupos, el primero (Grupo A) conformado por las localidades de El Ejido E y El Salaíto. El otro grupo estuvo conformado por los ensayos sembrados en las localidades de Destiladeros, La Colorada y El Ejido L (Grupo B). El híbrido P-4226 presentó el mejor comportamiento en localidades del Grupo A, mientras que el CLTHY15107 presentó un buen comportamiento en las localidades del Grupo B.

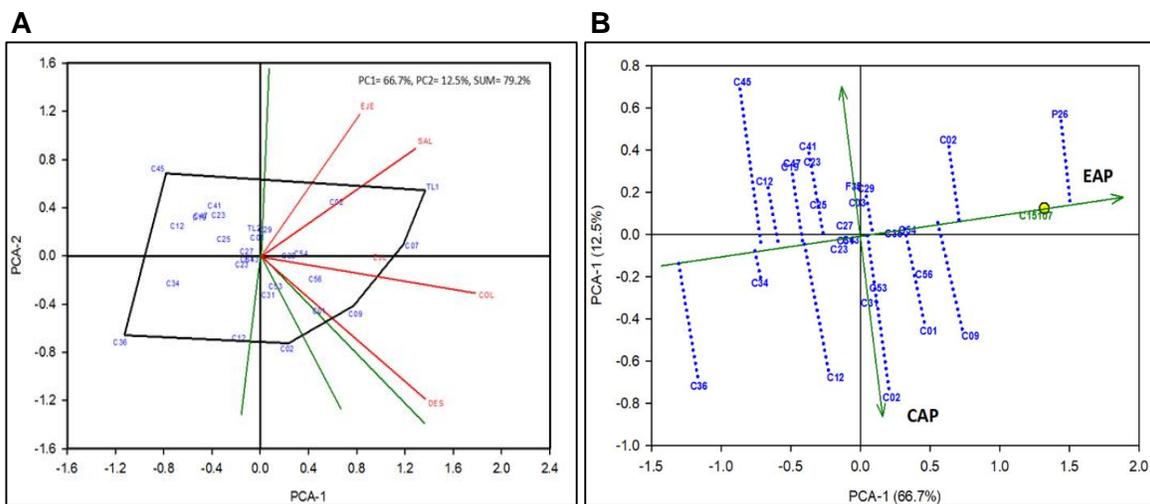


Figura 1. Biplot GGE para el rendimiento de grano de 28 híbridos de maíz en cinco ambientes de Azuero, Panamá, 2016 (A) y Gráfica de estabilidad de los genotipos según el ambiente ideal (B).

ENSAYO 2017 (PCCMCA)

El cálculo de la repetitividad (H) para el rendimiento de ambos ensayos sembrados en Azuero, así como del combinado de ambos fue de 0,80; 0,98 y 0,90, respectivamente. De acuerdo con el análisis combinado, se presentaron diferencias estadísticas entre localidades para casi todas las variables con excepción de enfermedad, acame de tallo, aspecto de plantas y mazorcas. Con relación a la diferencia entre híbridos el análisis mostró diferencias altamente significativas y significativas para casi todas las variables estudiadas excepto mazorcas por planta, acame, enfermedad y aspecto de mazorcas. El Cuadro 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/)

presenta el rendimiento de grano y algunas de las variables medidas del análisis combinado, así como el análisis estadístico y los valores de repetitividad de las variables analizadas. El rendimiento promedio a través de las dos siembras fue de 7,94 t·ha⁻¹. El rendimiento obtenido en la siembra de El Ejido y El Salaíto fue de 8,36 a 7,51 t·ha⁻¹. El híbrido de mayor rendimiento en promedio de las dos localidades fue el CLTHY15107 con una media de más de 9,94 t·ha⁻¹, superando al testigo local en 5%. Los híbridos 30F35, MR9019, MR9026 y MR9027 siguieron a este con un rendimiento superior a 8,50 t·ha⁻¹ y no difirieron estadísticamente del testigo local 30F35 (9,46 t·ha⁻¹).

Cuadro 5. Rendimiento y otras características de los 12 híbridos de maíz en dos localidades de Panamá, PCCMCA, 2017.

Híbrido	Rend t·ha ⁻¹	RNi	FF días	Alpt cm	Pomz	Pt/m ²	Mz/Pt	Pmz g	Pod %	Aca %	Enf 1-5	Asmz 1-5	Cob %	TEX 1-4	% vs T Local
1 CLTHY15107	9,94	1,35	52	248	0,50	5,92	1,05	164	3,0	30,6	2,3	2,8	9,4	3,0	5
2 30F35	9,46	0,96	52	243	0,49	6,46	0,98	149	4,1	10,0	2,7	2,6	4,4	3,0	0
3 MR9019	9,25	0,90	52	239	0,49	6,30	1,02	144	1,7	8,2	2,7	2,6	3,2	3,4	-2
4 MR9026	8,61	0,40	50	225	0,50	6,22	0,99	139	3,7	2,5	3,1	2,8	1,0	2,4	-9
5 MR9027	8,57	0,39	51	229	0,52	6,35	0,98	138	2,9	3,7	2,9	2,8	1,8	2,0	-9
6 CLTHY15002	8,39	0,25	51	224	0,50	6,45	0,97	135	3,2	13,6	3,1	2,9	1,1	2,9	-11
7 CLTHY15047	8,33	0,21	52	233	0,51	6,45	0,99	131	2,5	40,6	3,8	2,7	1,1	2,5	-12
8 HEA 28187	7,07	-0,50	52	237	0,50	5,24	1,02	136	4,1	14,7	2,8	3,2	9,7	1,4	-25
9 DK-7500 (TC)	6,99	-0,51	51	226	0,52	4,77	1,03	147	1,8	7,7	3,2	2,8	1,6	2,4	-26
10 HEA 17896	6,53	-0,90	51	221	0,51	5,45	0,95	129	3,4	12,9	3,3	3,2	1,4	2,8	-31
11 HEA 28153	6,24	-1,16	51	226	0,50	5,96	0,92	115	3,8	24,6	3,1	3,3	1,5	2,5	-34
12 HEA 28226	5,86	-1,41	51	225	0,51	5,60	1,00	107	4,1	43,8	2,8	3,3	6,3	1,5	-38
Promedio	7,94		51	231	0,50	5,93	0,99	136	3,2	17,7	3,0	2,9	3,5	2,5	
DMS	1,70		1	7	0,02	1,47	0,08	11	2,0	14,9	0,3	0,2	7,0	1,1	
H	0,80		0,51	0,91	0,14	0,14	0,33	0,94	0,24	0,86	0,90	0,90	0,43		
DMS/R	0,42		0,70	0,28	0,68	0,87	0,64	0,19	0,79	0,36	0,23	0,31	0,80		
CV	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		
S ² Hib	1,46		0,24	66,15	0,00	0,04	0,00	211,11	0,15	164,32	0,12	0,06	4,48		
S ² loc	0,29		1,89	69,84	0,00	0,66	0,00	95,30	1,52	15,15	0,19	0,04	1,71		
S ² Loc x Hib	0,53		0,32	0,20	0,00	0,46	0,00	4,21	0,00	22,77	0,00	0,00	9,03		
S ² Res	0,53		0,42	39,90	0,00	0,23	0,00	69,60	2,82	95,57	0,08	0,04	8,55		

FF= Floración femenina, AlPt = Altura de planta, Pt/m² = Plantas por metro cuadrado, Mz/Pt = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Rend = Rendimiento de grano, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = Bipolaris maydis, Asmz = Aspecto de mazorcas, Pomz = relación altura de mazorca y altura de planta, Cob = % de mazorcas con mala cobertura.

El resultado de este ensayo a través de Centro América del análisis señaló una diferencia altamente significativa entre ambientes e híbridos para todas las variables estudiadas. La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para todas las variables analizadas. De los 12 híbridos evaluados, siete sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa los híbridos CLTHY15107, MR9019 y CLTHY15002



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 medias superiores a las 7,50 t ha⁻¹. Estos híbridos superaron al mejor testigo común (DK-7088) en el combinado general en 9, 8 y 7%, respectivamente. En relación con las otras características evaluadas, los promedios obtenidos para cada una de las variables medidas a través de las 20 localidades se observan en el Cuadro 6.

De acuerdo con las puntuaciones de ambos ejes (PCA-1 y PCA-2) el híbrido más estable fue el MR9019, seguido por los híbridos CLTHY15102 y CLTHY151078 (Cuadro 6). Según Yan et al. (2000), al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales (PCA1 y PCA2), se forma un polígono con los híbridos que quedan en la parte externa de la figura, éstos fueron los híbridos HEA28153, MR9019, CLTHY15107, DK7500 y el Testigo Local. Los híbridos localizados en los vértices son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación (Figura 2). Con relación a la interacción genotipo ambiente los híbridos que mejor se comportaron en cada uno de los grupos ambientales, de acuerdo con la posición o cercanía a la que se encuentran de cada grupo. Los híbridos locales, así como el MR9027 y MR9026, presentaron un buen comportamiento en las localidades del Grupo A, mientras que, en el Grupo B los de mejor comportamiento fueron el CLTHY150002, CLTHY150107 y MR9019. El Ovejero y El Salaíto fueron los ambientes que mejor discriminaron los genotipos (Figura 2).

Cuadro 6. Rendimiento de grano y otras características de los 12 híbridos de maíz, PCCMCA, en 19 localidades de Centro América, 2017.

	Rend t ha ⁻¹	RNi	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz (cm)	Ptm2	Mzm2	Mz/pt	PMz (g)	Pud (%)	Acat (%)	Bmay (1-5)	Cob (%)	Pomz	Tex (1-4)	PCA1	PCA2
1. CLTHY15107	7,82	0,69	58	250	130	5,83	6,42	1,11	122	11,7	5,5	2,0	6,7	0,52	3,1	1,08	-0,42
2. MR 9019	7,79	0,66	58	244	120	5,92	6,38	1,08	122	8,0	2,2	2,0	3,1	0,49	3,0	1,04	0,19
3. CLTHY15002	7,73	0,61	57	230	116	5,89	5,89	1,01	132	9,0	4,0	2,2	3,6	0,51	2,9	1,07	-0,33
4. MR 9026	7,46	0,44	57	232	119	5,83	5,91	1,02	143	11,2	0,9	2,5	3,5	0,51	2,7	0,68	0,52
5. MR 9027	7,40	0,39	57	236	124	5,81	5,98	1,04	124	10,6	1,0	2,2	3,7	0,53	2,8	0,72	0,72
6. DK-7500	7,20	0,25	58	236	118	5,48	5,71	1,05	126	9,2	2,2	2,3	3,8	0,50	2,8	0,47	1,04
7. CLTHY15047	6,93	0,00	58	239	128	5,79	5,99	1,04	116	7,6	6,4	2,6	4,6	0,53	3,0	0,26	-0,27
8. T LOCAL	6,81	-0,10	58	232	117	5,42	5,60	1,04	120	11,6	3,2	2,1	4,4	0,51	2,9	0,12	-1,85
9. HEA 17896	6,28	-0,41	57	224	119	5,40	5,32	0,99	117	11,3	3,0	2,4	3,1	0,53	2,6	-0,94	0,11
10. HEA 28187	6,02	-0,64	58	234	125	5,38	5,57	1,04	107	11,6	3,4	2,3	5,8	0,53	2,5	-1,16	0,23
11. HEA 28226	5,83	-0,84	57	229	118	5,45	5,51	1,01	105	11,5	7,1	2,3	5,9	0,51	2,3	-1,47	0,02
12. HEA 28153	5,54	-1,04	57	227	115	5,49	5,35	0,98	104	15,4	4,0	2,4	5,2	0,51	2,8	-1,89	0,04
Promedio	6,90	0,00	57	234	121	5,64	5,80	1,03	120	10,7	3,6	2,3	4,5	0,51	2,8		
LSD	0,52	0,36	1	5	7	0,27	0,35	0,05	17	2,8	3,5	0,3	2,3	0,03	0,4		
H	0,95	0,95	0,78	0,94	0,72	0,79	0,87	0,77	0,72	0,77	0,60	0,62	0,51	0,50	0,61		
DMS/R	0,23	0,21	0,38	0,20	0,46	0,51	0,32	0,37	0,42	0,36	0,56	0,51	0,63	0,65	0,49		
CV	11,7		1,6	4,5	9,9	8,3	1,1	8,7	35,0	53,5	111,2	16,1	79,5	8,7	15,0		
No loc	19	19	16	17	17	19	19	19	19	19	17	8	17	17	10		
S ² Hib	0,61	0,35	16,00	50,0	15,1	0,04	0,11	0,00	93,3	3,3	2,30	0,02	0,71	0,00	0,03		
S ² loc	3,41	0,00	29,47	141,0	94,8	0,31	0,28	0,00	903,3	143,3	32,96	0,45	10,76	0,00	0,21		
S ² Loc x Hib	0,46	0,20	0,60	20,9	52,6	0,11	0,20	0,00	106,2	8,0	21,45	0,07	7,37	0,00	0,13		
S ² Res	0,66	0,40	0,84	112,3	141,7	0,22	0,34	0,01	1764,0	32,8	15,80	0,13	12,52	0,00	0,18		



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

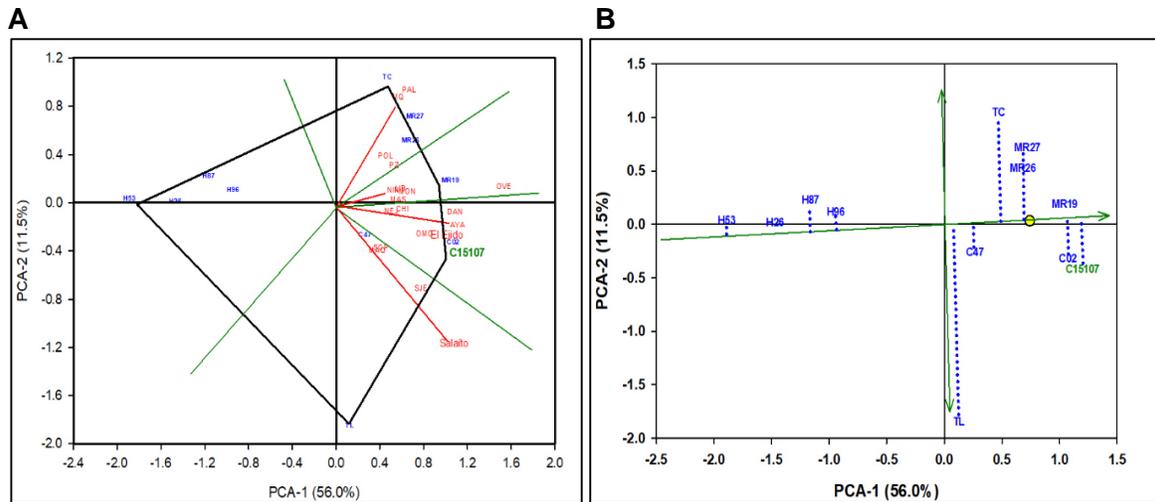


Figura 2. Biplot GGE para el rendimiento de grano de 12 híbridos de maíz en 19 ambientes de Centro América, 2017 (A) y Gráfica de estabilidad de los genotipos según el ambiente ideal (B).

ENSAYO 2019 (02AS)

El cálculo de la repetitividad para el rendimiento de las distintas localidades presentó valores entre 0,63 y 0,82, para el análisis combinado este valor fue de 0,77; el resto de las variables también presentaron valores por arriba de 0,05. De acuerdo con el análisis de varianza combinado el ambiente capturó el 23,1% de la suma de cuadrados total del experimento. El rendimiento promedio a través de las cinco localidades fue de 7,10 t ha⁻¹. Con relación al rendimiento de grano en las localidades, el mayor promedio se obtuvo en Candelaria, mientras que el más bajo se obtuvo en Aranda (Cuadro 7).

Cuadro 7. Promedio de rendimiento y otras características de híbridos de maíz según localidades, Azuero, Panamá, 2019.

Localidades	<i>h</i> ² (rend)	DMS/ Rango	C.V (%)	Flor F (días)	Alpt (cm)	Almz/ Alpt	Ptm ²	Mz/Pt	Pmz (g)	Rend (tha ⁻¹)	Pud (%)	Aca (%)	Enf (1-5)	M Cob (%)	PCA-1	PCA-2
El Ejido	0,69	0,40	9,1	54	226	0,50	6,57	0,94	123	7,55	7,2	47,8	1,7	2,1	0,39	1,00
Chupá	0,79	0,32	12,5	54	244	0,50	6,76	0,86	111	6,43	5,9	27,8	2,0	7,4	1,57	0,39
Candelaria	0,63	0,44	7,4	53	230	0,54	6,10	0,94	136	7,75	1,1	11,7	2,1	1,2	0,46	0,93
La Laguna	0,69	0,32	13,1	54	273	0,57	6,63	0,91	124	7,51	2,7	33,7	2,6	3,0	1,50	0,47
Aranda	0,82	0,29	13,1	53	237	0,53	6,59	0,85	111	6,24	4,1	58,6	2,1	1,9	1,66	-1,28
Promedio	0,77	0,28	11,1												1,11	0,30



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 análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano. De los híbridos evaluados, diez sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa los híbridos CLTHY15107, ADV-9293 y CLTHY15031 con rendimientos promedios de 8,95; 8,08 y 7,99 tha^{-1} y más del 25% del Testigo 30F-35. A este primer grupo le siguió el grupo de híbridos CLTHY17144, CLTHY17142 y CLTHY18224 con medias superiores a las 7,50 tha^{-1} (Cuadro 8). De acuerdo con el análisis Biplot GGE-SReg, tanto los 25 híbridos como los cinco ambientes presentan diferentes patrones de interacción y en donde la localidad Ideal presenta unos valores de los dos primeros ejes de 1,11 y 0,30. De acuerdo con las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2, el híbrido más estable y rendimiento sobre la media general fue CLTHY15107. Este análisis clasificó los ambientes en dos grupos, el primero conformado por la localidad La Laguna, Chupa y Aranda (Figura 3). El otro grupo estuvo conformado por los ensayos sembrados en las localidades de El Ejido y Candelaria (Grupo B).

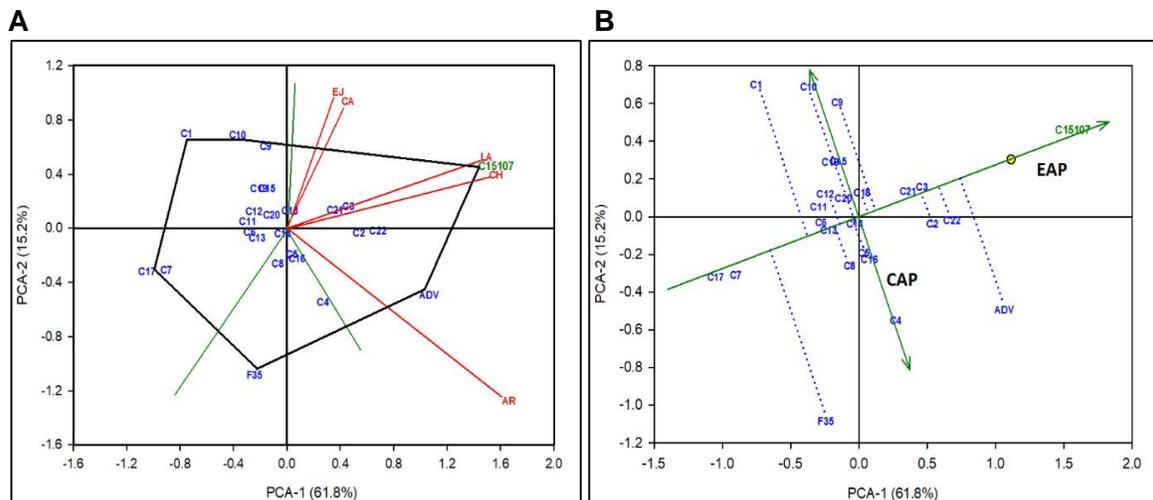


Figura 3. Biplot GGE para el rendimiento de grano de 25 híbridos de maíz en 5 ambientes de Azuero, Panamá, 2019 (A) y Gráfica de estabilidad de los genotipos según el ambiente ideal (B).



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 8. Rendimiento de grano y otras características agronómicas de los mejores 20 híbridos y el testigo más sembrado, Panamá, 2019.

Híbridos		Rend (t ha ⁻¹)	RNi	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz/ Alpt	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	Pmz (g)	Mz pod (%)	Aca (%)	Tex (1-4)	PCA-1	PCA-2
1. CLTHY15107	C23	8,95	1,58	54	246	0,53	6,41	6,28	0,98	143	0,8	59,6	2,7	1,57	0,46
2. ADV-9223	A23	8,08	0,74	55	228	0,54	6,23	5,90	0,95	138	1,4	19,8	1,0	1,07	-0,50
3. CLTHY15031	C22	7,99	0,78	54	242	0,54	6,58	6,30	0,96	127	0,5	37,0	1,1	0,68	-0,02
4. CLTHY1714	C3	7,71	0,52	51	242	0,49	6,62	6,06	0,92	127	10,5	23,4	3,2	0,46	0,16
5. CLTHY17142	C2	7,65	0,42	52	246	0,52	6,41	5,83	0,91	131	12,7	48,4	3,7	0,54	-0,04
6. CLTHY18224	C21	7,56	0,42	54	239	0,55	6,56	6,22	0,95	121	1,8	21,8	1,1	0,36	0,13
7. CLTHY18219	C18	7,30	0,26	54	238	0,54	6,65	6,13	0,92	119	0,7	30,6	1,3	0,02	0,12
8. CLTHY17203	C5	7,30	0,23	52	252	0,54	6,67	6,20	0,93	118	1,3	14,0	1,1	0,04	-0,20
9. CLTHY17278	C9	7,09	0,13	52	244	0,52	6,62	6,02	0,91	117	3,3	32,0	2,7	-0,16	0,60
10. CLTHY17149	C4	7,08	-0,12	54	242	0,53	6,68	5,87	0,88	120	24,0	26,6	3,3	0,27	-0,55
11. CLTHY17267	C8	7,08	-0,04	53	244	0,53	6,50	5,90	0,91	119	4,0	34,4	2,4	-0,07	-0,27
12. CLTHY18211	C16	7,03	-0,15	54	239	0,54	6,66	5,80	0,87	121	1,5	35,5	1,3	-0,11	0,09
13. CLTHY18208	C14	7,03	-0,09	55	243	0,54	6,48	5,95	0,92	118	1,6	30,9	1,4	0,08	-0,23
14. CLTHY18223	C20	7,00	-0,06	54	235	0,55	6,60	5,99	0,91	117	1,5	40,0	1,8	-0,03	-0,04
15. CLTHY18222	C19	6,97	-0,06	55	242	0,54	6,48	5,62	0,87	124	3,0	45,8	2,5	-0,21	0,29
16. CLTHY17283	C10	6,93	-0,03	51	233	0,52	6,44	6,02	0,93	116	2,5	64,0	2,9	-0,37	0,69
17. CLTHY18210	C15	6,91	-0,14	54	248	0,54	6,55	5,77	0,89	120	1,7	46,9	1,2	-0,15	0,29
18. CLTHY17236	C13	6,84	-0,23	51	236	0,52	6,65	6,09	0,92	112	2,4	39,5	1,1	-0,22	-0,08
19. CLTHY17210	C6	6,80	-0,25	53	246	0,52	6,59	5,70	0,87	119	2,1	28,3	1,3	-0,25	0,12
20. CLTHY18205	C12	6,75	-0,28	54	247	0,51	6,57	5,88	0,90	114	1,9	31,8	1,6	-0,28	-0,03
21. CLTHY18204	C11	6,64	-0,44	53	247	0,51	6,50	6,01	0,93	110	0,4	40,5	1,0	-0,29	0,05
22. 30F-35	F35	6,46	-0,75	54	226	0,53	6,28	5,75	0,92	115	2,1	27,9	2,5	-0,24	-1,09
23. CLTHY17034	C1	6,45	-0,42	54	247	0,52	6,47	5,37	0,84	120	18,3	52,9	3,2	-0,75	0,70
24. CLTHY17212	C7	6,07	-0,87	53	249	0,52	6,62	5,38	0,82	113	2,8	40,0	1,2	-0,90	-0,31
25. CLTHY18218	C17	5,80	-1,16	55	248	0,54	6,49	4,94	0,76	118	1,8	26,8	1,2	-1,05	-0,33
Promedio		7,10	0,00	51	242	0,53	6,53	5,88	0,90	121	4,2	35,9	1,9		
DMS		0,87	0,73	1	6	0,02	0,31	0,50	0,07	10	10,9	15,8	0,5		
S ² Hib	24	0,327		1,104	35,0	0,000	0,000	0,061	0,002	44,0	24,91	113,8	0,765		
S ² Loc	4	0,465		0,236	336,5	0,001	0,059	0,036	0,002	103,8	3,89	316,2	0,086		
S ² Loc x Hib	96	0,290		0,147	4,2	0,000	0,026	0,071	0,001	35,9	31,68	88,9	0,058		
PCA-1	27	6,80													
PCA-2	25	1,81													
S ² Res		0,618		0,752		0,001	0,110	0,275	0,006	101,7	41,82	222,2	0,259		
DMS/Rango		0,28		0,22		0,31	0,69	0,36	0,30	0,31	0,46	0,32	0,18		



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

Ensayo 2021 (02AS)

En el análisis previo por localidad se estimó la repetitividad para todas las variables, así como para el rendimiento de grano, los valores de esta última variable estuvieron entre 0,34 y 0,73. Luego del análisis combinado se encontró que este valor fue de 0,56. De acuerdo con el análisis de varianza Tipo IV el ambiente capturó el 65,8% de la suma de cuadrados total del experimento. El rendimiento promedio a través de las cinco localidades fue de 7,01 t ha^{-1} . En relación con el rendimiento de grano en las localidades, el mayor promedio se obtuvo en Mariabé, mientras que el más bajo se obtuvo en Río Oria (Cuadro 9). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano. De los híbridos evaluados, ocho sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa el híbrido CLTHY19071 con rendimiento promedio de 7,78 y más del 25% del Testigo 30F-35 (Cuadro 10). A este primer grupo le siguió el grupo de híbridos CLHTY15107, CLHTY19101, CLHTY19046, CLTHY18026 y CLHTY19091 con medias superiores a las 7,20 t ha^{-1} . En el análisis Biplot GGE-SReg, los 16 híbridos como los 5 ambientes presentan diferentes patrones de interacción. De acuerdo con las puntuaciones del PCA-1 y PCA-2, el híbrido más estable y rendimiento sobre la media general fue CLTHY190091 (C5), CLTHY19071 (C3) y CLTHY15107. Este análisis clasificó los ambientes en dos grupos, el primero conformado por la localidad El Nanzal y Mariabé. El Grupo B estuvo conformado por los ensayos sembrados en las localidades de El Ejido, La Candelaria y Río Oria (Figura 4).

Cuadro 9. Promedio de rendimiento y otras características de híbridos de maíz según localidades, Azuero, Panamá, 2021.

Localidades	H (rend)	DMS/ Rango	C.V (%)	Flor F (días)	Alpt (cm)	Almz/ Alpt	Ptm ²	Mz/Pt	Pmz (g)	Rend (t ha^{-1})	Pud (%)	Aca (%)	Enf (1-5)	M Cob (%)	Aspt (1-5)	PCA-1	PCA-2
El Ejido	0,34	0,53	15,2	53	237	0,50	6,54	0,95	122	7,57	1,3	59,6	2,3	1,6	3,2	1,61	-0,21
El Nanzal	0,34	0,55	10,1	54	267	0,54	6,01	0,96	132	7,45	0,5	22,6	2,5	3,6	3,0	-0,05	0,59
La Candelaria	0,73	0,43	9,4	54	201	0,48	6,51	0,97	104	6,53	0,3	29,6	2,4	2,8	2,8	0,60	0,98
Mariabé	0,57	0,66	12,1	55	253	0,55	6,59	0,93	135	8,28	0,9	63,7	2,8	5,5	2,8	1,35	-0,02
Río Oria	0,67	0,49	13,4	54	227	0,48	6,31	0,82	101	5,22	1,7	53,4	2,9	0,7	3,0	0,15	-1,28
Promedio	0,56	0,54	12,0													0,73	0,01



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 10. Rendimiento de grano y otras características agronómicas de los 16 híbridos de grano amarillo, Panamá, 2021.

Híbridos	Rend (t ha ⁻¹)	RNi	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz/Alpt	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	Pmz (g)	Mz pod (%)	Aca (%)	Bip (1-5)	Cob %	Tex (1-4)	PCA-1	PCA-2
1. CLHTY19071	7,78	0,68	54	241	0,49	118	6,43	6,03	0,93	131	0,6	57,8	2,8	2,7	1,01	0,51
2. CLHTY15107	7,73	0,66	54	237	0,52	124	6,23	6,02	0,97	128	0,1	63,3	2,8	2,5	0,74	-0,16
3. CLHTY19101	7,64	0,58	54	245	0,50	123	6,41	5,96	0,92	128	0,5	50,5	2,7	0,9	0,52	-0,28
4. CLHTY19046	7,36	0,33	55	237	0,55	131	6,48	6,10	0,94	120	1,4	51,6	2,9	3,1	0,34	0,67
5. CLHTY18026	7,27	0,23	55	241	0,54	132	6,66	6,25	0,94	117	1,2	63,1	3,0	0,6	-0,06	-0,18
6. CLHTY19091	7,23	0,22	55	239	0,50	120	6,44	5,94	0,92	122	1,5	44,7	3,0	2,3	0,11	-0,03
7. CLHTY19076	7,07	0,01	55	236	0,54	127	6,41	5,96	0,93	118	0,0	55,6	3,0	0,6	0,30	0,58
8. CLHTY17288	7,06	0,03	52	230	0,50	116	6,47	5,85	0,92	120	1,0	52,0	3,0	2,0	0,16	-0,80
9. CLHTY19106	6,99	-0,09	54	240	0,53	129	6,22	5,95	0,95	118	0,9	59,0	2,9	1,4	0,29	-0,24
10. CLHTY19098	6,79	-0,27	52	236	0,50	120	6,30	5,68	0,90	124	1,4	46,6	3,0	0,9	0,29	-0,59
11. CLHTY19564	6,73	-0,23	54	237	0,50	119	6,60	6,14	0,93	110	0,2	47,5	3,1	0,9	-0,49	0,01
12. CLHTY19566	6,72	-0,21	55	227	0,53	119	6,62	6,07	0,91	111	0,3	31,9	3,1	3,0	-0,32	-0,28
13. ADV-9223	6,71	-0,21	55	218	0,51	112	5,82	5,24	0,91	127	1,3	20,0	2,5	0,6	-0,66	0,07
14. CLHTY19575	6,48	-0,46	52	245	0,52	127	6,62	6,15	0,93	104	2,0	29,8	3,0	10,5	-0,56	0,73
15. CLHTY19568	6,42	-0,49	54	251	0,49	123	6,42	5,70	0,89	114	1,3	35,6	3,1	7,1	-0,97	-0,26
16. 30F-35	6,22	-0,72	54	233	0,47	109	6,15	5,64	0,93	109	1,2	22,8	3,0	5,9	-0,70	0,24
Promedio	7,01	0,00	54	237	0,51	122	6,39	5,92	0,93	119	0,9	45,7	2,9	2,8		
DMS	0,85	0,75	1	7	0,02	5	0,33	0,51	0,06	10	1,5	14,2	0,2	4,4		
S ² Hib	15	1,335	0,489	621,8	0,001	364,2	0,039	0,198	0,004	224,1	0,180	311,9	0,005	2,57		
S ² Loc	4	0,230	0,522	9,4	0,000	5,5	0,000	0,058	0,001	15,7	0,293	61,8	0,001	7,87		
S ² Loc x Hib	60	0,712	1,027	62,0	0,001	29,1	0,206	0,329	0,004	150,8	3,352	206,0	0,116	13,72		
PCA-1	18	3,83														
PCA-2	16	1,66														
S ² Res	159	0,54	0,32	0,21	0,26	0,21	0,39	0,50	0,75	0,37	0,75	0,33	0,45	0,44		
DMS/Rango	7,01		54	237	0,51	122	6,39	5,92	0,93	119	0,9	45,7	2,9	2,8		

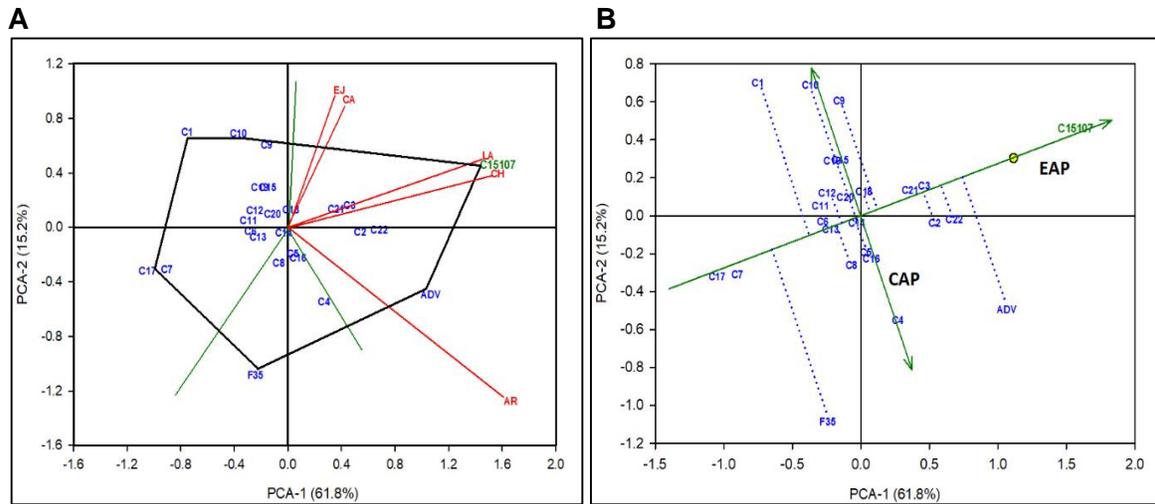


Figura 4. Biplot GGE para el rendimiento de grano de 16 híbridos de maíz en cinco ambientes de Azuero, Panamá, 2021 (A) y Gráfica de estabilidad de los genotipos según el ambiente ideal (B).



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

ENSAYO 2022 (02AS)

Previo al análisis combinado se realizaron los análisis individuales por localidad resultando éstos con valores de repetitividad de todas las variables evaluadas sobre 0,05. Para el rendimiento estos valores oscilaron entre 0,15 y 0,82, mientras que para el análisis combinado este valor fue de 0,79. De acuerdo con el análisis de varianza Tipo IV el ambiente capturó el 80,7% de la suma de cuadrados total del experimento. El rendimiento promedio a través de las cinco localidades fue de 7,10 t ha⁻¹. En relación con el rendimiento de grano en las localidades, el mayor promedio se obtuvo en El Ejido, mientras que el más bajo se obtuvo en La Laguna (Cuadro 11). El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano. De los híbridos evaluados, seis sobrepasaron la media general, sobresaliendo de manera significativa los híbridos CLTHY18035 y CLTHY18042 con rendimiento promedio de 7,53 a 7,44 y más del 0,50 t ha⁻¹ del Testigo 30F-35 (Cuadro 12). A este primer grupo le siguió el grupo de híbridos CLHTY22004, CLHTY150107, ADV9293, CLHTY19508, CLTHY15031 y CLHTY16155 con medias superior o igual a las 7,12 t ha⁻¹. De acuerdo con el análisis Biplot GGE-SReg, tanto los 16 híbridos como los cinco ambientes presentan diferentes patrones de interacción (Figura 5). De acuerdo con las puntuaciones del PCA-1 y PCA-2, el híbrido más estable y rendimiento sobre la media general fue CLTHY18035 (T1). Este análisis clasificó los ambientes en dos grupos, el primero conformado por la localidad El Nanzal, La Laguna, El Ejido y Río Pocrí. El otro grupo estuvo conformado por el ensayo sembrado en la localidad San José (Grupo B).

Cuadro 11. Promedio de rendimiento y otras características de híbridos de maíz según localidades, Azuero, Panamá, 2022.

Localidades	H (rend)	DMS/ Rango	C.V (%)	Flor F (días)	Alpt (cm)	Almz/ Alpt	Ptm ²	Mz/Pt	Pmz (g)	Rend (t ha ⁻¹)	Pud (%)	Aca (%)	Enf (1-5)	M Cob (%)	Aspt (1-5)	PCA-1	PCA-2
El Ejido	0,55	0,44	7,1	56	228	0,49	6,60	0,98	132	8,52	7,3	9,6	2,7	4,0	2,7	1,09	0,98
San José	0,82	0,33	7,9	55	250	0,49	6,34	0,94	123	7,39	5,1	24,9	2,7	11,3	2,8	1,30	-1,09
El Nanzal	0,41	0,52	14,3	57	218	0,48	6,00	0,94	91	5,09	1,7	21,6	3,3	8,8	3,0	0,93	0,02
Río Pocrí	0,15	0,92	8,9	54	223	0,47	6,38	0,97	130	8,04	1,1	12,8	2,7	2,7	2,7	0,22	0,21
La Laguna	0,30	0,69	9,2	55	221	0,48	5,71	0,97	117	6,48	1,1	36,3	2,4	0,6	2,7	0,42	0,68
Promedio	0,66	0,55	8,3													0,79	0,16



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 12. Rendimiento de grano y otras características agronómicas de los 16 híbridos grano amarillo, Azuero, Panamá, 2022.

Híbridos	Rend (tha ⁻¹)	Flor (días)	Alpt (cm)	Almz/Alpt	Ptm ²	Mzm ²	Mz/pt	Pmz (g)	Mz pod (%)	Aca (%)	Bip (1-5)	Asmz (1-5)	Cob %	Tex (1-4)	PCA-1	PCA-2
1. CLHTY1805	7,53	54	228	0,47	6,43	6,15	0,96	125	2,0	23,4	2,7	2,9	2,8	3,1	1,07	0,04
2. CLHTY1802	7,44	55	232	0,48	6,39	6,09	0,96	124	2,4	22,7	2,4	2,9	2,0	3,0	0,91	-0,07
3. CLHTY2204	7,28	55	229	0,49	6,29	6,08	0,96	121	1,7	18,8	2,4	3,0	2,5	1,9	0,52	0,35
4. CLHTY1517	7,17	57	233	0,49	5,59	5,35	0,96	126	2,3	35,6	2,6	3,1	4,4	1,9	0,12	0,16
5. ADV-9223	7,13	58	215	0,50	5,88	5,64	0,96	122	2,3	18,4	3,1	2,8	2,6	1,0	-0,07	0,42
6. CLHTY1958	7,12	55	230	0,48	6,28	6,03	0,96	117	5,6	20,7	2,5	3,1	4,5	1,9	0,07	-0,30
7. CLHTY1501	7,12	56	228	0,50	6,35	6,23	0,97	116	2,1	27,1	3,7	2,9	8,6	1,3	0,09	-0,71
8. CLHTY1615	7,12	54	219	0,48	6,11	5,84	0,96	120	2,9	14,5	2,7	2,9	11,8	1,2	0,18	-0,22
9. CLHTY2156	7,11	55	233	0,49	6,35	6,18	0,97	116	2,4	20,5	2,7	3,2	7,8	1,3	-0,14	0,64
10. CLHTY1908	7,10	54	233	0,48	6,14	5,95	0,97	118	2,2	20,4	2,9	3,1	3,4	2,3	-0,31	0,63
11. CLHTY2154	7,07	54	227	0,49	6,10	5,94	0,97	117	2,0	23,9	2,9	3,1	6,3	1,7	-0,02	-0,25
12. CLHTY1950	7,03	55	222	0,48	6,36	6,22	0,97	114	7,0	23,5	2,8	3,2	3,8	2,8	-0,22	0,04
13. 30F-35	6,94	56	230	0,47	6,33	5,96	0,95	117	2,1	14,6	2,7	3,1	3,9	2,3	-0,19	-0,08
14. CLHTY2155	6,94	55	233	0,49	6,24	6,04	0,96	115	2,7	20,0	2,4	3,1	12,0	1,3	-0,43	-0,70
15. CLHTY2153	6,85	56	233	0,49	6,28	5,82	0,95	116	6,5	13,8	3,0	3,4	7,3	2,0	-0,80	0,42
16. CLHTY2201	6,69	55	220	0,47	6,14	5,83	0,96	112	6,0	19,2	2,6	3,3	4,1	2,7	-0,78	-0,37
Promedio	7,10	55	228	0,48	6,20	5,96	0,96	119	3,3	21,1	2,8	3,1	5,5	2,0		
DMS	0,48	1	7	0,02	0,31	0,31	0,04	9	5,2	9,9	0,5	0,2	6,4	0,5		
S ² Hib	4	0,113	1,573	37	0,000	0,060	0,066	0,000	24,0	5,61	38,1	0,123	0,032	13,9	0,49	
S ² Loc	15	1,822	0,888	157	0,000	0,118	0,141	0,000	271,5	5,98	100,3	0,085	0,025	17,8	0,29	
S ² Loc x Hib	60	0,005	0,045	128	0,000	0,010	0,003	0,000	26,7	13,52	20,5	0,067	0,003	22,1	0,06	
PCA-1	18	2,61														
PCA-2	16	1,34														
S ² Res	158	0,424	1,120	50	0,001	0,159	0,174	0,002	63,0	11,94	129,3	0,215	0,073	12,7	0,35	
DMS/Rango	0,55	0,24	0,43	0,54	0,39	0,37	0,94	0,61	0,81	0,45	0,38	0,36	0,59	0,31		

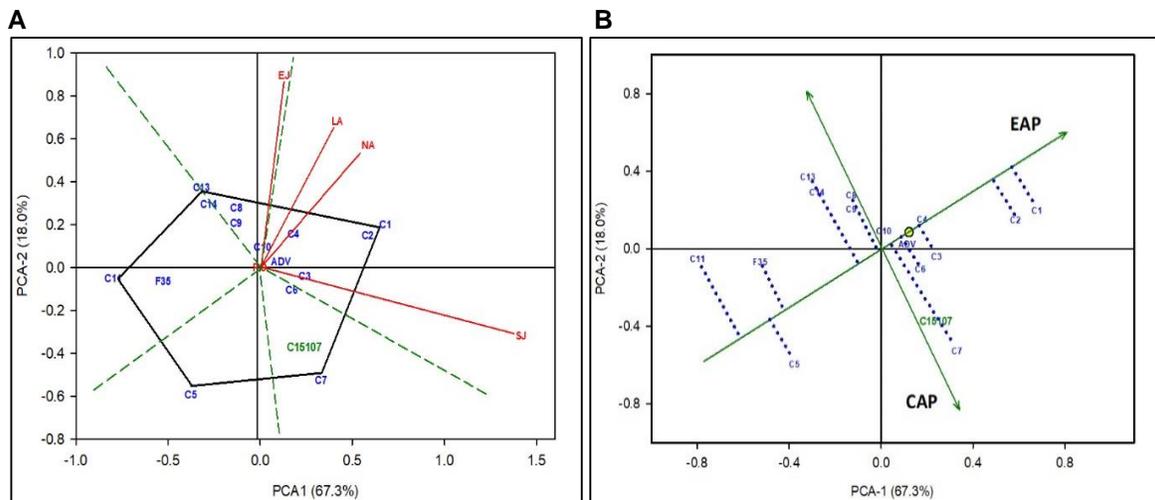


Figura 5. Biplot GGE para el rendimiento de grano de 16 híbridos de maíz en cinco ambientes de Azuero, Panamá, 2022 (A) y Gráfica de estabilidad de los genotipos según el ambiente ideal (B).



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 híbrido experimental CLTHY15107 presentó una media de rendimiento a través de los 41 experimentos realizados en los cinco años de evaluación de 7,96 t·ha⁻¹. Durante este mismo periodo la floración masculina y femenina se dieron a los 54 y 56 días después de siembra, respectivamente (Cuadro 13). Presenta una altura promedio de planta de 246 cm y una altura de mazorcas de 127 cm, lo que indica una posición casi en la mitad de la planta (0,51). En todos estos experimentos la población al momento de la cosecha fue 5,59 a 6,31 plantas·m⁻², con una media general de 5,98 plantas·m⁻² al momento de la cosecha. En donde cada planta presenta más de una mazorca, con una media de 1.04 mazorcas por planta. El peso de la mazorca superó en cada año los 120 g con una media de 128 g. Estas presentan un buen aspecto (2,8) y una muy buena cobertura del elote con una media de 5,3 plantas con mazorcas descubiertas. Esta característica se reflejó en el bajo porcentaje de mazorcas podridas (6,3%). Una característica para considerar fue su alto porcentaje de plantas acamadas (30,8%). En este mismo grupo de experimentos, el testigo 30F35 presenta un rendimiento de 6,75 t·ha⁻¹, el cual fue superado estadísticamente.

Cuadro 13. Rendimiento y otras características agronómicas del híbrido CLTHY15107 y el testigo 30F35, Panamá, 2016-2022.

Ensayos	No ens	Pos	Rend t·ha ⁻¹	RNi	Prob >media	FM	FF	ALPT	ALMZ	PTM ²	MZM ²	MXP	PMZ	POD	ACA	ENF	ASPT	ASMZ	COB	POMZ	TEX
02AS16	5	1	7,73	1,33	46	52	54	258	128	6,31	6,26	0,99	124	3,0	50,9	1,8	3,0	2,9	3,6	0,50	3,3
PCCPTY17	2	1	9,94	1,35	41	50	52	248	125	5,92	6,11	1,05	164	3,0	30,6	2,3	2,8	2,8	9,4	0,50	3,0
PCCYCA17	19	1	7,82	0,69	26	57	58	250	130	5,83	6,42	1,11	122	11,7	5,5	2,0	2,4	2,6	6,7	0,52	3,1
02AS19	5	1	8,95	1,58	44	52	54	246	131	6,41	6,28	0,98	143	0,8	59,6	1,8	3,1	2,7	4,2	0,53	2,7
02AS21	5	2	7,73	0,66	25	51	54	237	124	6,23	6,02	0,97	128	0,1	63,3	2,1	2,9	2,8	2,5	0,52	2,3
02AS22	5	4	7,17	-0,31	44	55	57	233	113	5,59	5,35	0,96	126	2,3	35,6	2,6	2,8	3,1	4,4	0,49	1,9
CLTHY15107	41		7,96	0,78	38	54	56	246	127	5,98	6,19	1,04	128	6,3	30,8	2,1	2,7	2,8	5,3	0,51	2,7
30F35			6,75	-0,25		54	55	233	115	5,87	5,73	0,98	117	6,7	14,0	2,3	2,7	2,8	3,8	0,50	2,3

En estos ensayos el híbrido CLTHY15107 la probabilidad de superar a la media de los experimentos fue de 25 a 46%, con una media general de 38%. La ubicación entre el grupo de híbridos evaluados de este híbrido fue de quedar en el primer lugar o de mayor rendimiento en los ensayos de los años 2016, 2017 y 2019. En el ensayo del año 2021 quedó en el segundo lugar, mientras que en el año 2022 ocupó la cuarta posición. Se debe señalar que los híbridos del ensayo del 2022 que superaron al CLTHY15107 fueron formados en 2018 y 2022 de tres y siete generaciones más avanzadas que este (Cuadro 13).



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 realizar el análisis de confiabilidad de la respuesta de grano de las 40 localidades se encontró que el híbrido CLTHY15107 supera al testigo 30F35 en el 82% de las localidades (Cuadro 14). Eskridge et al. (1993) señalan que, a diferencia de la estabilidad, la confiabilidad permite hacer inferencias más amplias, ya que, depende de las diferencias entre el testigo y el genotipo de interés en las distintas localidades utilizadas en la evaluación. En este mismo sentido, Córdova et al. (1993), indican que los testigos deben ser competitivos y con un desempeño estable a través de los distintos ambientes en que se van a liberar los nuevos cultivares, de lo contrario la confiabilidad llevará a conclusiones erróneas (Eskridge y Mumm, 1992).

En este análisis también se encontró que en el 50% de las localidades superó al testigo en 1,12 t ha⁻¹ (Figura 6). Según Eskridge et al. (1993) en cuanto la función de confiabilidad esté más hacia la derecha, mayor será la diferencia de medias y es más probable que el genotipo de prueba supere al testigo.

Cuadro 14. Rendimiento promedio, diferencias de rendimiento (Di), desviación estándar de las diferencias (Sdi), Respuestas normalizadas (RNi) y su probabilidad en 41 localidades con respecto al testigo nacional 30F35. Panamá, 2016-2022.

Cultivar	Rend t·ha ⁻¹	Diferencia t·ha ⁻¹	Desv. Est. t·ha ⁻¹	Di/Sdi	Probabilidad RNi>0*	N localidades
CLTHY15107	7,96	1,16	1,276	0,91	0,82	40

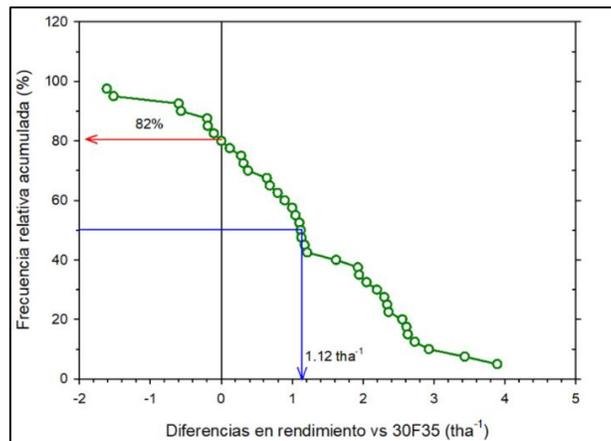


Figura 6. Relación de la frecuencia acumulada de la probabilidad normalizada con las diferencias de rendimiento del híbrido CLTHY15107 y el testigo 30F35, Panamá 2016-2022.



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

CONCLUSIONES

- Se logró identificar un híbrido de grano normal que supera al testigo nacional más sembrado.
- La integración de las metodologías utilizadas como Biplot GGE-SReg y confiabilidad de la respuesta ayudan a aumentar la certeza de los investigadores en el proceso de selección de cultivares élites con buena adaptabilidad a la región de interés.
- Presentar toda la documentación generada para el registro ante el Comité Nacional de Semillas del Ministerio de Desarrollo Agropecuario del nuevo híbrido nacional CLTHY15107 para su siembra en la República de Panamá.
- El nombre sugerido para estas variedades es de IDIAP-MH-2307 en el caso sea aprobado por esta unidad del Ministerio.

REFERENCIAS

- Camargo-Buitrago, I., Gordón Mendoza, R., y Quirós McIntire, E.I. (2017). La repetitividad como estimador de la precisión experimental en el análisis de experimentos. *Agronomía Mesoamericana* 28(1), 159-169. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.24239>
- Camargo, I., Quirós, E. I., y Camargo, V. M. (2014). Selección de nuevos genotipos de arroz basados en la probabilidad de superar al testigo. *Agron. Mesoamericana*, 25(1), 63-71. <https://doi.org/10.15517/am.v25i1.14198>
- Córdova, H. S., Barreto, H. J., y Crossa, J. (1993). *Impacto del desarrollo de híbridos en Centro América: Confiabilidad de las ganancias en rendimiento sobre el genotipo H5 y consideraciones para selección de testigos regionales*. En: Síntesis de resultados Experimentales del PRM. 4:3-10. <http://hdl.handle.net/10883/3636>



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

- Cornelius, P. L.; Crossa, J.; and Seyedsadr, M. S. (1993). *Tests and estimators of multiplicative models for variety trials*. Conference on Applied Statistics in Agriculture. <https://doi.org/10.4148/2475-7772.1379>
- Eskridge, K. M. (1997). Evaluation of corn hybrids using the probability of outperforming a check based on strip-test data. *Journal of agricultural, biological and environmental statistics*, 2(3), 245-254. <https://doi.org/10.2307/1400444>
- Eskridge, K. M., Smith, O. S., y Byrne, P. F. (1993). Comparing test cultivars using reliability functions of test check differences from on farm trials. *Theor. Appl. Genet.* 87, 60-64. <https://doi.org/10.1007/BF00223745>
- Eskridge, K. M., y Mumm, R. F. (1992). Choosing plant cultivars based on the probability of outperforming a check. *Theor Appl. Genet.* 84, 494-500. <https://doi.org/10.1007/bf00229512>
- Gordón M, R., y Camargo B, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55-63. <https://doi.org/10.15517/AM.V26I1.16920>
- Gordón M, R. (2021). *El maíz en Panamá: Características, requerimientos y recomendaciones para su producción en ambientes con alta variabilidad climática*. IDIAP. 110 p. [https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/manual tecnico el maiz en panama.pdf](https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/manual_tecnico_el_maiz_en_panamá.pdf)
- Holland, J. B., Nyquist, W. E., and Cervantes-Martínez, C. T. (2002). Estimating and interpreting heritability for plant breeding: An Update. *Plant Breed. Rev.* 22, 9-11. <https://doi.org/10.1002/9780470650202.ch2>



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

- Vargas, M., Combs, E., Alvarado, G., Atlin, G., Mathews, K., y Crossa, J. (2013). META: A suite of SAS Programs to analyze Multi environment breeding trials. *Agron. J.* 105, 11-19. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj2012.0016>
- Yan, W. (2014). *Crop variety trials*. Data management and analysis. John Wiley & Sons Inc., MA, USA. ISBN: 978-1-118-68864-9
- Yan, W., and J.B. Holland. (2010). A heritability adjusted GGE Biplot for test environmental evaluation. *Euphytica*, 171, 355-369. <https://doi.org/10.1007/s10681-009-0030-5>
- Yan, W., y Hunt, L. A. (2002). *Biplot analysis of multi-environment trial data*. En: M. S. Kang, editor, Quantitative genetics, genomics and plant breeding. CAB International, Wallingford. p. 289-319. <https://doi.org/10.1079/9780851996011.0289>
- Yan, W., Hunt, L. A., Sheng, Q., y Szlavnics, Z. (2000). Cultivar Evaluation and Mega Environment Investigation based on the GGE Biplot. *Crop Sci.* 40, 597-605. <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.403597x>



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

PRODUCCIÓN APÍCOLA COMO ALTERNATIVA ECONÓMICA SOSTENIBLE PARA LOS USUARIOS DEL MANGLAR EN CHAME, PANAMÁ¹

Ruth Jasmina Del Cid-Alvarado²; Melquiades Morales-Jiménez³

RESUMEN

La apicultura es una alternativa de producción ecológica y económicamente sostenible para conservar la biodiversidad en diferentes agroecosistemas productivos. Sin embargo, los manglares son ecosistemas vulnerables a las acciones humanas poniendo en riesgo su sostenibilidad y servicios ecosistémicos. En respuesta a la degradación de los manglares, son necesarias alternativas ecológicas que beneficien la restauración y la producción sostenible en estos ecosistemas. El objetivo del presente trabajo fue fortalecer las capacidades de producción apícola para la diversificación y el aprovechamiento sostenible de los bosques de manglar y mejorar la economía de los usuarios en la Bahía de Chame. Se capacitó a los 10 apicultores pertenecientes al grupo de productores Defensores Unidos por el Manglar de Sajalices (DEUMSA), en el manejo técnico del apiario, donde los apicultores aprendieron los conocimientos sobre la producción de miel, revisión, alimentación, control de plagas, enfermedades y cosecha. A través de las capacitaciones en campo, los productores lograron incrementar la producción promedio de 11,75 a 27,52 kg de miel por colmena en el manglar. En conclusión, la apicultura puede servir como alternativa económica de producción, reduciendo la presión sobre los recursos del manglar.

Palabras clave: Alternativa ecológica, apicultura, conservación, diversidad, producción de miel.

¹Recepción: 24 de julio de 2023. Aceptación: 24 de agosto de 2024. Proyecto de Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Investigación e Innovación Apícola de Panamá.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria Recursos Genéticos (CIARG). M.Sc. Ciencias Ambientales. e-mail: ruthdelcida07@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7917-7663>

³IDIAP, CIARG. Bachiller Agropecuario. e-mail: melquimora10@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/00090009-8061-446X>



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

BEEKEEPING PRODUCTION AS A SUSTAINABLE ECONOMIC ALTERNATIVE FOR USERS FROM THE CHAME MANGROVE, PANAMA

ABSTRACT

Beekeeping is an ecological and economically sustainable production alternative to preserve biodiversity in different productive agroecosystems. However, mangroves are ecosystems that are vulnerable to human actions, threatening their sustainability and ecosystem services. In response to mangrove degradation, ecological alternatives that benefit restoration and sustainable production in these ecosystems are needed. The aim of this work was to strengthen beekeeping production capacities for the diversification and sustainable use of mangrove forests and to improve the economy of users in Chame Bay. Ten beekeepers belonging to the group of producers Defensores Unidos por el Manglar de Sajalices (DEUMSA) were trained in the technical management of the apiary, where the beekeepers learned about honey production, inspection, feeding, pest, and disease control, and harvesting. Through field training, the producers were able to increase their average production from 11.75 to 27.52 kg of honey per hive in the mangrove. In conclusion, beekeeping can serve as an economic production alternative, reducing pressure on mangrove resources.

Keywords: Beekeeping, conservation, diversity, ecological alternative, honey production.

INTRODUCCIÓN

La Bahía de Chame, situada en un entorno privilegiado de la costa panameña, alberga una rica biodiversidad y una extensa área de manglares (Samaniego, 2008). Estos bosques de manglar desempeñan un papel fundamental en la protección de la costa, la conservación de la vida silvestre y la generación de ecosistemas saludables (López, 2019). Sin embargo, la explotación sostenible de estos recursos persiste como reto a superar.

La apicultura es una actividad dedicada a la cría de abejas para la obtención de productos de la colmena como la miel de abeja, polen, propóleos, api toxina, cera y jalea real (Lahoz, 2012). La apicultura emerge como una actividad complementaria y beneficiosa para la conservación de los bosques de manglar, ya que las abejas melíferas encuentran en esta zona una abundancia de flores y néctar. Además, la miel y otros productos apícolas pueden generar ingresos adicionales para las comunidades locales, mejorando así su calidad de vida y su economía local (Vásquez 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/)

La producción apícola es una disciplina que requiere conocimientos técnicos, cuidados y atención hacia las abejas (Pavez y Lobos, 2020). En el manglar de Sajalices, se enfrentan desafíos significativos en términos de conocimiento y capacidad técnica en el manejo de las colmenas, la extracción de productos apícolas y la comercialización. Por lo tanto, es fundamental fortalecer las capacidades de los apicultores locales, brindando acceso a conocimientos actualizados, tecnologías adecuadas y prácticas de manejo eficientes.

La falta de conocimiento de los productores en el manejo técnico de la apicultura ha contribuido con la disminución del rendimiento; lo cual es una problemática compartida a nivel nacional, de acuerdo con el diagnóstico apícola participativo desarrollado por Collantes y Del Cid (2022). Para reducir la brecha del conocimiento el presente estudio tuvo por objetivo fortalecer las capacidades de los apicultores en la producción apícola para diversificar el aprovechamiento sostenible de los bosques de mangle y mejorar la economía de los usuarios en la Bahía de Chame, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODO

El manglar de la Bahía de Chame se encuentra localizado en Panamá entre las coordenadas 0626753 Este - 0957843 Norte y 0626881 Este - 0957438 Norte (WGS87, Zona 17N) (Figura 1). Esta zona pertenece al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ministerio de Ambiente, reconocido como Manglares de la Bahía de Chame (Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá [ANAM], 2009b). En la localidad de Sajalices el grupo de productores Defensores Unidos por el Manglar de Sajalices (DEUMSA), consta de 10 miembros y tienen un apiario de abejas *Apis mellifera* con una producción promedio anual de 11,75 kg de miel/colmena.

Se realizó un diagnóstico participativo, similar a la metodología desarrollada por Collantes y Del Cid (2022); para identificar las necesidades de capacitación que requería el grupo de apicultores de DEUMSA. Se utilizó entrevistas grupales con los apicultores, que proporcionaron información detallada de las temáticas que desean mejorar en términos de capacitación.



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

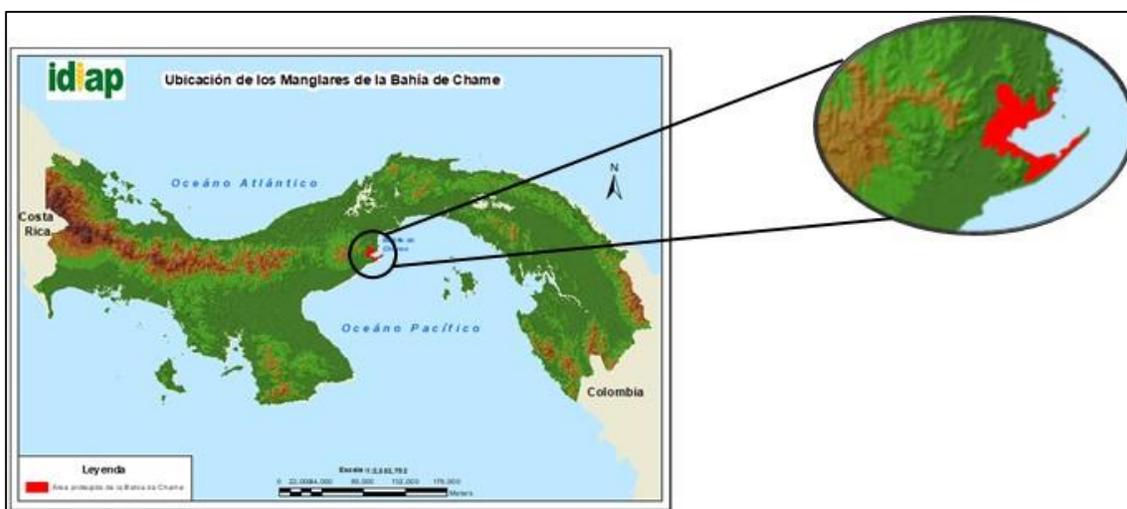


Figura 1. Ubicación de Los manglares de la Bahía de Chame.

Con base en las necesidades de los apicultores, se desarrollaron las capacitaciones en dos etapas: teórica y práctica.

- **Capacitación teórica**

La primera etapa se realizó en la Finca Experimental de Ollas Arriba, Panamá Oeste – Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), donde se desarrolló el contenido de la capacitación de manera estructurada y lógica. Los temas se organizaron de manera secuencial, iniciando desde los conceptos básicos hasta los más avanzados. Se realizó a través de una presentación (Figura 2) y se desarrolló de la siguiente manera:

Importancia del equipo de seguridad para las personas que ingresan al apiario: El tema se dividió en cuatro partes: a). *Protección personal:* Se les indicó la importancia de tener un equipo de seguridad como el traje de apicultor, guantes, velo y botas en buen estado, porque esto les brinda una barrera física entre el apicultor y las abejas. Estos elementos les protege la piel y las mucosas de las picaduras y reduce el riesgo de alergias y reacciones adversas. b). *Seguridad del apicultor:* Al ingresar al apiario es fundamental que su seguridad esté garantizada. Los apicultores deben verificar su indumentaria para evitar picaduras de abejas que pueden ser peligrosas para las personas alérgicas. c). *Manejo efectivo de las colmenas:* En este punto se les indicó que el uso del equipo de seguridad apícola



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

permite a los apicultores trabajar con mayor confianza y tranquilidad en el manejo de las colmenas. Al sentirse protegidos, ellos pueden concentrarse en realizar las tareas necesarias sin distracciones ni temores. d). *Prevención de reacciones defensivas de las abejas*: Se les comento a los apicultores que, con el equipo de seguridad apícola, en particular el velo, evita que las abejas se sientan amenazadas por la presencia del apicultor. Esto ayuda a reducir la reacción defensiva de las abejas y minimiza el riesgo de que se vuelvan agresivas durante el proceso de manipulación de las colmenas.

Herramientas para el manejo de las colmenas: En este tema se destacó el uso adecuado de las herramientas, la limpieza para garantizar su eficiencia y durabilidad. Las herramientas que se les presentaron fueron: a). *Ahumador*: Se les indicó que es esencial en el manejo de las colmenas. Con esta herramienta se genera humo sobre la abeja, calmándolas y haciéndolas menos defensivas durante el proceso de manipulación de las colmenas. b). *Espátula*: Esta herramienta es útil para abrir las colmenas, separar los marcos y raspar la cera o propóleos que puedan quedar adherida. e). *Cepillo de abeja*: Es importante porque se utiliza para barrer suavemente las abejas de los marcos o de la superficie de trabajo.

Clasificación taxonómica de las abejas: En este punto se les hablo sobre la clasificación de las abejas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de las abejas.

Familia	<i>Apidae</i>
Subfamilia	<i>Apinae</i>
Género	<i>Apis</i>
Especie	<i>Apis mellifera</i>

Fuente: Nates y González

Ciclo biológico de las abejas: En el Cuadro 2 se le mostro a los productores el ciclo de las abejas (*Apis mellifera*) que se caracteriza por su complejidad y organización social.



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. Ciclo de vida de la abeja *Apis mellifera*.

Huevo	El ciclo de vida de la abeja inicia cuando la reina deposita un huevo por una celda de cera dentro de la colmena. Los huevos son pequeños y blancos apenas visibles a simple vista.
Larva	Tres días después de la puesta del huevo emerge la larva que alcanza un tamaño máximo de 6 cm. Esta etapa tiene una duración de cuatro a nueve días.
Pupa	Las larvas se convierten en pupas, son alimentadas y crecen durante 10 a 23 días. En esta etapa la abeja se transforma y experimenta cambios internos y externo. Durante el proceso las celdas son selladas para proteger la pupa en desarrollo.
Adulto	Completado el proceso de pupa, el nuevo adulto rompe la cutícula larval e inicia su vida como una abeja adulta. En esta fase la abeja se puede dividir en diferentes castas: reina, zánganos y abejas obreras.
	Reina: Es la abeja reproductora de la colmena, es más grande que las obreras y los zánganos y tiene un abdomen más largo. Su principal función es poner huevos y mantener la colonia. La reina puede vivir varios años.
	Zángano: Son abejas machos y su principal función es fertilizar a la reina. No tienen aguijón y no recolectan néctar ni polen. Los zánganos tienen una vida más corta que las obreras y su número disminuye en épocas de escasez de recursos.
	Abejas obreras: Son hembras estériles y son las más numerosas en la colmena. Realizan una variedad de tareas, como la recolección de néctar y polen, construcción de panales, cuidado de las larvas y defensa de la colmena. La vida útil de una obrera suele ser de varias semanas durante el verano, pero puede ser más larga durante el invierno.

- **Ubicación del apiario**

La ubicación adecuada de los apiarios en un manglar es un factor crucial para garantizar el bienestar de las abejas y minimizar el impacto ambiental. Al grupo DEUMSA, se les brindó algunas consideraciones importantes para determinar la ubicación adecuada de los apiarios en un entorno de manglar:

Distancia a las fuentes de néctar: Es fundamental que los apiarios estén ubicados cerca de fuentes abundantes y diversificadas de néctar y polen. En un manglar, las abejas pueden encontrar néctar en las flores de los árboles de mangle, así como



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

en las plantas circundantes. Por lo tanto, es esencial seleccionar una ubicación donde haya una variedad de plantas florales disponibles para las abejas.

Acceso al agua dulce: Las abejas requieren acceso al agua dulce para hidratarse y enfriar la colmena. Es importante ubicar los apiarios en áreas donde las abejas tengan acceso fácil y seguro a fuentes de agua dulce, como ríos, cercanos al manglar. Esto asegurará que las abejas tengan suficiente agua para sus necesidades diarias.

Protección contra condiciones climáticas extremas: Los manglares son ecosistemas costeros que pueden estar expuestos a condiciones climáticas extremas, como fuertes vientos, lluvias intensas e incremento en la temperatura. Para proteger las colmenas, es recomendable ubicar los apiarios en áreas resguardadas, como detrás de barreras naturales como vegetación densa, que brinden protección contra los elementos climáticos adversos.

Distancia a áreas pobladas: Se debe considerar la proximidad al área poblada y vivienda para evitar molestias o conflictos con las personas y animales domésticos. Aunque las abejas, generalmente, no representan una amenaza cuando se manejan adecuadamente, es importante mantener una distancia mínima de aproximadamente entre 500 m y 800 m para disminuir cualquier posible interacción negativa.

Preservación del ecosistema de manglar: El manglar es un ecosistema frágil y valioso que debe ser protegido. Al ubicar los apiarios, es fundamental garantizar que no se dañe ni se altere el entorno natural del manglar. Se debe evitar el acceso no autorizado a áreas protegidas y asegurar que los apicultores sigan prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

En el caso del Área Protegida de la Bahía de Chame, es importante consultar y cumplir con las regulaciones y las políticas de conservación establecidas para la protección de los manglares y otras áreas naturales (Gaceta Oficial, ANAM, 2009a). También es pertinente mantener una colaboración estrecha con el ente rector del área protegida, en este caso el Ministerio de Ambiente, para asegurar que los apiarios estén ubicados de manera adecuada y responsable dentro del ecosistema de manglar.



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 del apiario**

El manejo técnico del apiario es un conjunto de prácticas y acciones que realiza el apicultor para garantizar el bienestar de las abejas, maximizar la productividad de las colmenas y mantener un ambiente favorable para su desarrollo. Los aspectos claves del manejo técnico del apiario son los siguientes:

Inspecciones regulares de las colmenas: Los apicultores deben realizar inspecciones periódicas de las colmenas para evaluar la salud y el estado de las abejas. Durante estas inspecciones, se debe verificar la presencia de enfermedades, parásitos, la disponibilidad de alimento, la producción de miel y el comportamiento de la colonia en general. De esta forma, se ayuda a identificar cualquier problema de forma temprana y tomar medidas correctivas de manera oportuna.

Alimentación suplementaria: En la época crítica (época de lluvia), las abejas pueden necesitar una alimentación suplementaria, especialmente durante períodos de escasez de néctar o en condiciones climáticas adversas. Los apicultores pueden proporcionar alimento suplementario, como jarabe de azúcar y tortas proteicas, para asegurarse de que las abejas tengan suficientes nutrientes para su supervivencia y desarrollo adecuado.

Control de plagas: Es fundamental llevar a cabo medidas de control y prevención de enfermedades y plagas que puedan afectar a las abejas. Esto implica el monitoreo constante de las colonias, la identificación temprana de posibles enfermedades o infestaciones de ácaros, y la implementación de estrategias de control adecuadas, como el uso de tratamientos autorizados y respetuosos con el medio ambiente.

Reemplazo oportuno de las abejas reinas: Es fundamental el reemplazo de las abejas reinas cada año para asegurar la reproducción efectiva de abejas dentro de la colonia.

Multiplicación de las colmenas: Este proceso se realiza para evitar que las colmenas enjambren (proceso natural de reproducción de la colonia). La multiplicación oportuna contribuye con el aumento de colmenas en el apiario,



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

aumento en la obtención de los productos de las colmenas y la productividad del apiario.

Manejo de la cosecha de miel: La cosecha de miel es una parte importante del manejo técnico del apiario. Los apicultores deben planificar y llevar a cabo la extracción de la miel de manera adecuada, asegurándose de dejar suficiente alimento para las abejas durante los períodos de escasez y respetando las buenas prácticas de higiene y manipulación de la miel.

Bitácora del apiario: Llevar un registro detallado de las actividades, observaciones y resultados en el apiario es esencial para un buen manejo técnico. Esto incluye registrar las inspecciones, tratamientos, cosechas y cualquier cambio relevante en las colonias.

Seguido a la presentación teórica, se realizó una discusión en grupo donde se interactuó para reforzar los conocimientos de los apicultores. Para finalizar la primera etapa, se realizaron ejercicios prácticos para evaluar el nivel de conocimiento adquirido por los apicultores. En esta etapa se aseguró de incluir ejemplos relevantes y casos prácticos que ilustrarán los conceptos teóricos.

- **Capacitaciones en el apiario:** Las capacitaciones se desarrollaron en el apiario de los apicultores de DEUMSA cada 15 días durante un año (24 jornadas). Las capacitaciones iniciaron posterior a la cosecha 2021, donde se desarrollaron temáticas en el manejo técnico del apiario basado en los productos tecnológicos generados por el proyecto de Investigación e Innovación Apícola en Panamá (PIIAP) que es ejecutado por el IDIAP. Los temas desarrollados en las capacitaciones fueron: división por núcleos, alimentación en época crítica, cambio oportuno de reina, preparación de las colmenas para la cosecha (Figura 3).



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



Figura 2. Capacitación teórica al grupo de apicultores de DEUMSA.



Figura 3. Talleres en campo con el grupo de apicultores DEUMSA.



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 levantaron datos de rendimiento de miel (kg) de siete colmenas representativas del área de estudio, antes y después de desarrollar las jornadas de capacitación; los cuales fueron tabulados mediante el programa Microsoft Excel y se les aplicó una prueba de t-student, para determinar o no diferencias significativas, mediante el programa InfoStat Profesional, versión 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La formación es la base para el desarrollo de la sociedad productiva y con oportunidades Márquez (2017), para mejorar la calidad de vida. Las capacitaciones orientadas a los productores fomentan la competitividad y un factor con beneficios económicos y sociales (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2016). Con las capacitaciones continuas en campo cada 15 días, se fortalecieron las capacidades del grupo de 10 apicultores de las localidades de Sajalices y Espave, en el manejo técnico para la producción de miel: revisiones de rutina, alimentación (proteica y energética + vitamina), control de plagas, enfermedades, reemplazo oportuno de reinas y multiplicación de colmenas (división por núcleos).

Los monitoreos periódicos de las colmenas de DEUMSA, permitieron detectar problemas de manejo, sanitarios y ambientales para realizar correctivos (Poot, 2016), lo que contribuyó a mejorar la productividad del apiario. Con las capacidades fortalecidas, los apicultores del grupo lograron tener como resultado el incremento en el rendimiento (Cuadro 3), con un promedio de 27,52 kg de miel/colmena, por tal razón el incremento en la producción es de 15,76 kg/colmena (134,13%).

La prueba de t-student, dio como resultado que la t calculada (-21,86) es menor que el valor crítico de t (2,26) para un nivel de confianza del 95% (Cuadro 4). Por lo anterior, se confirma que hay una diferencia significativa en el incremento de la producción entre la cosecha del año 2021 y la del 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/)

Cuadro 3. Comparación de la producción de miel previo a la formación (2021) y posterior al fortalecimiento de las capacidades (2022) de los apicultores.

Colmena	Cosecha Febrero 2021 (kg)	Cosecha Marzo 2022 (kg)	Incremento en la producción (kg)
1	12,53	27,25	14,72
2	10,90	26,16	15,26
3	15,26	27,25	11,99
4	10,90	27,25	16,35
5	10,90	27,25	16,35
6	10,90	29,00	18,10
7	10,90	28,50	17,60
Promedio	11,75	27,52	15,76

Cuadro 4. Prueba de t.

	<i>Cosecha febrero 2021</i>	<i>Cosecha marzo 2022</i>
Media	11,75571429	27,52285714
Varianza	2,756795238	0,881990476
Observaciones	7	7
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	-21,86874105	
P(T<=t) una cola	2,06205E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,833112933	
P(T<=t) dos colas	4,12409E-09	
Valor crítico de t (dos colas)	2,262157163	

Además, Ramírez y Chang (2017), indican que la crianza de abeja se encuentra entre los pocos usos del bosque que ocasionan bajo impacto en el funcionamiento del ecosistema. Los servicios ecosistémicos que ofrece el bosque de manglar garantizan la armonía e integridad ecológica (Rodríguez, 2019), con otros beneficios económicos como la apicultura, turismo y artesanía (Lozano et al., 2019). Esto respalda que las abejas mantienen el equilibrio en los ecosistemas porque al obtener polen y néctar contribuyen con la polinización de las plantas. Por lo anterior, la apicultura es una estrategia de producción ecológica y económicamente sostenible para conservar el ecosistema del manglar en la Bahía de Chame.



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

CONCLUSIONES

- El grupo de apicultores de los manglares de la Bahía de Chame en Panamá incrementaron la producción de miel de abeja en un 134,13%, a través del fortalecimiento de las capacidades en el manejo técnico del apiario.
- La apicultura y la conservación son aliadas naturales, por lo cual el grupo de apicultores reiteraron el compromiso de la conservación del ecosistema del manglar y los procesos de regeneración de las zonas degradadas. Por tal razón, el grupo de apicultores tiene interés de establecer apiarios en otras zonas del área protegida, para la preservación del manglar de la Bahía de Chame.

REFERENCIAS

Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá. (2009a). Gaceta Oficial, Resolución AG 0364, por medio del cual se crea el Área Protegida Manglares de la Bahía de Chame, República de Panamá.
<https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26301/18002.pdf>

Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá. (2009b). Informe del componente de manglar, región de Panamá Oeste. Proyecto de conservación y repoblación de áreas amenazadas del bosque de manglar del pacífico panameño. Panamá.
https://www.ito.int/files/itto_project_db_input/2456/Competition/INFORME%20FINAL.pdf

Collantes, R., y Del Cid, R. (2022). Diagnóstico participativo de la apicultura en Panamá. *Peruvian Agricultural Research*, 4(2), 87-92.
https://www.researchgate.net/publication/368358364_Diagnostico_participativo_de_la_apicultura_en_Panama

Fernández, J.C. (2018). La apicultura y los ecosistemas forestales. Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal. Jaén, Perú.
<http://190.116.36.86/bitstream/handle/20.500.14074/5258/Monografia%20Jorge%20Fernandez%202020%20%281%29.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/)

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2016). Importancia de la capacitación para impulsar el desarrollo. Programa de fomento de capacidades para impulsar el desarrollo de la agricultura en el Caribe y Centroamérica. México. [https://www.iica.int/es/prensa/noticias/destaca-el-iica-la-importancia-de-la-capacitacion-para-impulsar-el-desarrollo#:~:text=Los%20programas%20de%20capacitaci%C3%B3n%20orientados,para%20la%20Agricultura%20\(IICA\).](https://www.iica.int/es/prensa/noticias/destaca-el-iica-la-importancia-de-la-capacitacion-para-impulsar-el-desarrollo#:~:text=Los%20programas%20de%20capacitaci%C3%B3n%20orientados,para%20la%20Agricultura%20(IICA).)

Lahoz, E. 2012. *Los productos de la colmena. PROPOL-MEL. Productos de la Colmena elaborados de manera Natural por las Abejas.* <https://www.propolisnatural.es/productos-de-la-colmena/>

López M., R. (2019). Manglares: resguardos de biodiversidad y héroes silenciosos ante los efectos del cambio climático. Río Grande, Brasil, Revista de Biología Tropical. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/36090>

Lozano, M., Rodríguez, G., Domínguez, O., y Gómez, J. (2019). *Los servicios ecosistémicos en manglares: Beneficios a la resiliencia del ecosistema ante cambios climáticos, a la comunidad y su desarrollo local.* Universidad Metropolitana de Ecuador. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/139/219>

Márquez, A. (2017). *Perfiles educativos.* Vol. XXXIX, núm. 158, 2017. IISUE – UNAM. <http://www.iisue.unam.mx/perfiles/numeros/2017/158>

Nates Parra, G., y González, V. H. (2000). Las abejas silvestres de Colombia: Por qué y cómo conservarlas. *Acta Biológica Colombiana*, 5(1), 5 - 37. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/26678>

Pavez, P., y Lobos, I. (2020). *Principios básicos de la apicultura.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Informativo N° 248. Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/4025/Informativo%20INIA%20N%C2%B0%20248?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/)

- Poot, N. (2016). *Manejo del apiario del Instituto Tecnológico de la Zona Maya*. Instituto Tecnológico de la Zona Maya. República de México. http://www.itzonamaya.edu.mx/web_biblio/archivos/res_prof/agro/agro-2016-4.pdf
- Ramírez-Sosa, M. y Chang-Porto, J.A. (2017). *Caracterización de los bosques semidecíduos de la localidad de Caney del sitio para la producción de miel*. Ciencia en su PC N° 4, 64-74. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181349354007.pdf>
- Rodríguez V., A. (2019). *Restauración ecológica en manglares*. Organización Creando Redes, Galicia España. <https://forocreandoredes.wordpress.com/2014/01/29/restauracion-ecologica-en-manglares/>
- Samaniego, M. (2008). *Conservación y repoblación de áreas amenazadas del bosque de manglar del pacífico panameño* (ANAM – OIMT). Bahía de Chame, Panamá. https://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2457/Technical/Informe%20de%20Plan%20de%20Manejo_Version%202.pdf
- Vásquez, R., Ortega, N., Martínez, A., y Maldonado, W. (2012). *Manual Técnico de apicultura, abeja (Apis mellifera)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11438/8795/1/2-Manual%20tecnico%20de%20apicultura.pdf>

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer al equipo técnico del proyecto Investigación e Innovación Apícola de Panamá (PIIAP): Luisa Daniela Reina, Melquiades Morales, por la colaboración brindada durante el proceso de investigación. También quiero agradecer al grupo de productores Defensores Unidos por el Manglar de Sajalices (DEUMSA) por el interés de participar en el proceso de fortalecimiento en el manejo técnico apícola y la conservación del manglar.



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

ÁCARO FITÓFAGOS CON POTENCIAL DE AFECTAR LA AGRICULTURA EN PANAMÁ¹

Randy Atencio-Valdespino²; Roberto Miranda³; José Ángel Herrera-Vásquez⁴; Vidal Aguilera-Cogley⁵; Pamela Murillo-Rojas⁶; Mariana Broce-Colón⁷; Alex Vásquez-Osorio⁸

RESUMEN

En Panamá al menos 70 rubros agrícolas son considerados como sensitivos para la seguridad alimentaria del país; los cuales son afectados por un complejo de plagas que comprometen el desarrollo y producción de estos, incluyendo los ácaros fitófagos. El objetivo del presente estudio fue realizar una revisión de literatura con el fin de identificar las principales especies de ácaros fitófagos reportadas a nivel mundial asociados a rubros agrícolas cultivados en Panamá. Para ello, se consultaron 83 referencias relacionadas con la temática. Se seleccionaron 52 rubros agrícolas, incluyendo arroz, maíz, caña de azúcar, palma de aceite, café, naranja, plátano, banano, cacao y frijol vigna, de los cuales se identificaron 79 especies de ácaros fitófagos de relevancia mundial, pero de los cuales solamente se reportan en Panamá 24 especies incluyendo *Tetranychus urticae* Koch, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) y *Eutetranychus banksi* (McGregor). Estos ácaros fitófagos tienen potencial como plagas primarias, secundarias y como especies invasoras. También pueden causar daños directos e indirectos sobre las plantas por su asociación con organismos patógenos, por lo cual se hace imprescindible conocer en Panamá la ácarofauna asociada a estos rubros por su posible impacto sobre la seguridad alimentaria en el país.

Palabras clave: Especies invasoras, plagas potenciales, relevancia mundial, rubros agrícolas, seguridad alimentaria.

¹Recepción: 22 de septiembre de 2023. Aceptación: 04 de abril de 2024. Proyecto FIED21-003 "Estudio de ácaros fitófagos asociados a mango y marañón y alternativas biológicas para su control" SENACYT-IDIAP.

²Grupo de Investigación de Protección Vegetal (Grupo IPV), Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa (CIAD), Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)/Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT, Panamá/Centro de Investigaciones Agroecológicas del Pacífico Central de Panamá (CIAPCP AIP). e-mail: randy.atencio@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

³Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Panamá. e-mail: mirandarjc@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8681-6681>

⁴Grupo IPV, CIAD, IDIAP/SNI, SENACYT/CIAPCP AIP. e-mail: joshervs11@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-8437-5920>

⁵Grupo IPV, CIAD, IDIAP/SNI, SENACYT/CIAPCP AIP. e-mail: vidalaguilera@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-7647-3208>

⁶Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Escuela de Agronomía, Universidad de Costa Rica. e-mail: pamela.murillorojas@ucr.ac.cr; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-7823-7302>

⁷Universidad de Panamá (UP), Los Santos. Facultad de Ciencias Agropecuarias. e-mail: mcbc1116@gmail.com

⁸UP, Azuero. Escuela de Biología. e-mail: hoolie2917@gmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2145-1957>



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

PHYTOPHAGOUS MITES WITH POTENTIAL TO AFFECT AGRICULTURE IN PANAMA

ABSTRACT

In Panama, at least 70 agricultural crops are considered sensitive to the country's food security; which are affected by a complex of pests that jeopardize their development and production, including phytophagous mites. The objective of this study was to carry out a literature review to identify the main species of phytophagous mites reported worldwide and associated with the main agricultural plants cultivated in Panama. A bibliographic review was carried out using 83 references related to the topic. A total of 52 agricultural crops like rice, corn, sugar cane, oil palm, coffee, orange, plantain, banana, cocoa, and vigna bean were selected, from which 79 species of phytophagous mites of global relevance were identified, but only 24 of them are reported in Panama, including *Tetranychus urticae* Koch, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), and *Eutetranychus banksi* (McGregor). These phytophagous mites have potential as primary and secondary pests, or as invasive species. They can cause direct and indirect damage to plants due to their association with pathogenic organisms. It is essential to know the mites associated with these plants due to their potential impact on food security in the country.

Keywords: Invasive species, potential pests, food security, global relevance, agricultural commodities.

INTRODUCCIÓN

En Panamá son 70 cultivos o rubros agrícolas que conforman el componente más importante de la seguridad alimentaria y socioeconómico del país, de los cuales se cosecharon en el cierre agrícola del año 2022 se cosecharon aproximadamente 3 711 075 toneladas provenientes de 241 439 hectáreas. De estos, el 20% son cultivos transitorios como por ejemplo el arroz, maíz, poroto, frijol, guandú y sorgo, y el 80% son cultivos permanentes como el café, cacao, palma de aceite, caña de azúcar y coco (Instituto de Mercadeo Agropecuario, 2021; Ministerio de Desarrollo Agropecuario [MIDA], 2022).

Cada uno de estos rubros enfrentan una serie de problemas fitosanitarios de diferente índole para su producción, que incluye entre otros, la presencia de enfermedades y el ataque de artrópodos plaga como los ácaros fitófagos (MIDA, 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/)

A pesar de ser los ácaros fitófagos uno de los grupos de artrópodos con mayor relevancia por su impacto directo e indirecto sobre diversas especies de plantas cultivadas sensitivas para la seguridad alimentaria de Panamá (MIDA, 2020), es quizás uno de los grupos menos estudiados a nivel nacional; por lo tanto, es fundamental realizar investigaciones sobre la presencia y distribución de estos artrópodos. Principalmente si se considera que diversos factores como el cambio climático y el comercio internacional de productos agrícolas pueden afectar su dispersión a nivel mundial y generar pérdidas drásticas en la agricultura por su carácter polífago y asociación con organismos patógenos de plantas (Quesada, 2011; Santamaría et al., 2021).

Entre los principales síntomas que se observan cuando las poblaciones de ácaros fitófagos son altas se encuentran, clorosis o punteaduras cloróticas en hojas, deformación de brotes, bronceados en hojas o frutos defoliación y daño del fruto, impidiendo que estos maduren y en algunos casos se observa la presencia de tela (Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2008, 2012; de Moraes y Flechtmann, 2008; Flores et al., 2011). El presente estudio busca a través de una revisión bibliográfica integrar información relevante sobre especies de ácaros fitófagos reportados a nivel mundial asociados a los principales rubros agrícolas producidos en Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

A través de una revisión bibliográfica se realizó un estado del arte relacionado con los ácaros fitófagos reportados a nivel mundial sobre los principales rubros agrícolas producidos en Panamá, estuvieran reportados o no en Panamá. La metodología empleada incluyó un análisis sistemático y crítico de la literatura reportada de ácaros fitófagos de los principales rubros de Panamá que permite crear una línea de investigación de los mencionados ácaros fitófagos (Gómez Vargas et al., 2015).

Utilizando la información disponible de rubros de importancia para la seguridad alimentaria en Panamá, se seleccionaron los 52 de los rubros de mayor importancia en Panamá según el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (2022) en base a consumo, producción e importancia para la seguridad alimentaria y socioeconómica del país que se encuentran establecidos en 241 438 hectáreas.



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 recurrió a las bases de datos globales: Google Académico, Scielo, Springer y Web of Science utilizando como términos clave de búsqueda tanto en español como en inglés: ácaro fitófago x rubro de importancia presente en Panamá. A través de este criterio fueron seleccionadas 84 referencias publicadas entre el año 1977 y 2023.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para cada rubro se determinó las especies más importantes de ácaros fitófagos encontrados en estructuras de la planta, incluyendo follaje, ramas, brotes, inflorescencia y frutos. Dentro de estos 52 rubros, son 10 los que ocupan más de 93,07% (224 697 ha) de la superficie total sembrada en Panamá que incluye el arroz, maíz, caña de azúcar, palma de aceite, café, naranja, plátano, banano, cacao y frijol vigna, clasificados en grupos de rubros dentro de cucurbitáceas (Cuadro 1), frutales (Cuadro 2), granos básicos (Cuadro 3), hortalizas (Cuadro 4), industriales (Cuadro 5) y raíces y tubérculos (Cuadro 6).

Cuadro 1. Especies de ácaros fitófagos asociados a cucurbitáceas de Panamá reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	Cucurbitaceae	195	3	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012; Marić et al., 2018; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	Cucurbitaceae	103	3	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Álvarez y Alarcón, 2004; Moraes y Flechtmann 2008; Marić et al., 2018
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. y Nakai	Cucurbitaceae	1220	3	<i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus truncatus</i> Ehara, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Ho et al., 1997; Migeon y Dorkeld, 2022
Zapallo	<i>Cucurbita maxima</i> Duchesne in Lam.; <i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae	548	2	<i>Tetranychus desertorum</i> Banks, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012; Marić et al., 2018

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.



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. Especies de ácaros fitófagos asociados a frutales de Panamá reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Aguacate	<i>Persea americana</i> Mill.	Lauraceae	470	7	<i>Allonychus littoralis</i> (McGregor), <i>Oligonychus perseae</i> Tuttle, Baker & Abbatiello, <i>Oligonychus punicae</i> (Hirst), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor); <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tuckerella pavoniformis</i> (Ewing)	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012; Migeon y Dorkeld, 2022
Banano	<i>Musa paradisiaca</i> L. / <i>Musa acuminata</i> Colla	Musaceae	7549	9	<i>Allonychus braziliensis</i> (McGregor), <i>Oligonychus zeae</i> (McGregor), <i>Raoiella indica</i> Hirst, Ewing, <i>Tetranychus abacae</i> Baker & Pritchard, <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus desertorum</i> (Banks), <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus neocaledonicus</i> (André)	Ochoa et al., 1991a; González Reus et al., 2010; Carillo et al., 2011; Kane et al., 2005; León Martínez et al., 2021; Migeon y Dorkeld, 2022. Moraes y Flechtmann 2008
Fresa	<i>Fragaria</i> spp.	Rosaceae	3	7	<i>Brevipalpus obovatus</i> Donnadieu, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Bryobia praetiosa</i> Koch, <i>Bryobia rubrioculus</i> (Scheuten), <i>Phytonemus pallidus</i> (Banks), <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Marić et al., 2018; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019
Guanábana	<i>Annona muricata</i> L.	Annonaceae	15	5	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eriophyes annonae</i> Keifer, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Aculops flechtmanni</i> (Keifer)	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Ruiz-Montiel et al., 2020
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.	Myrtaceae	3	7	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Aculus conspiciellatus</i> (Flechtmann), <i>Neotegonotus guavae</i> (Boczek)	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Aguilar y Murillo, 2012
Limón criollo	<i>Citrus x aurantifolia</i> (Christm.) Swingle	Rutaceae	7	4	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	Ochoa et al., 1991a; Agut et al., 2016
Limón persa	<i>Citrus x latifolia</i> Tanaka ex Q.Jiménez	Rutaceae	685	1	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Sánchez, 2005
Mamón chino (Rambután)	<i>Nephelium lappaceum</i> L.	Sapindaceae	4	4	<i>Brevipalpus lewisi</i> McGregor, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Tetranychus</i> sp., <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Astrigde, 2006; Tripathi, 2022
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.	Anacardiaceae	427	12	<i>Aceria mangiferae</i> Sayed, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Cisaberoptus kenyae</i> Keifer, <i>Oligonychus chiapensis</i> Estebanes & Baker, <i>Oligonychus mangiferus</i> (Rahman & Sapra), <i>Oligonychus punicae</i> (Hirst), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus tumidus</i> Banks, <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Tuckerella knorri</i> Baker & Tuttle,	Ochoa et al., 1991a; García y Ojeda, 2023; Villamar, 2021; Abo-Shnaf, et al., 2022; Migeon y Dorkeld, 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/)

Continuación:

Cuadro 2. Especies de ácaros fitófagos asociados a frutales de Panamá reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i> Sims	Passifloraceae	120	4	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus urticae</i> Koch <i>Brevipalpus californicus</i> (Banks), <i>Brevipalpus obovatus</i> Donnadieu, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Panonychus citri</i> (McGregor),	Ochoa et al., 1991a; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019
Naranja	<i>Citrus x sinensis</i> (L.) Osbeck	Rutaceae	11371	13	<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead), <i>Aceria sheldoni</i> (Ewing), <i>Aponychus chivegatoi</i> (Feres & Flechtmann), <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval), <i>Tetranychus desertorum</i> (Banks), <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus pacificus</i> (McGregor), <i>Schizotetranychus hindustanicus</i> (Hirst),	Ochoa et al., 1991a; Álvarez y Alarcón, 2004; Moraes y Flechtmann 2008
Papaya	<i>Carica papaya</i> L.	Caricaceae	330	17	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Brevipalpus californicus</i> (Banks), <i>Eotetranychus lewisi</i> (McGregor), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Panonychus citri</i> (McGregor), <i>Aponychus schultzi</i> (Blanchard), <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval), <i>Tetranychus desertorum</i> Banks, <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus tumidus</i> Banks, <i>Tetranychus bastosi</i> (Tuttle), <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Calacarus flagellista</i> (Flechtmann, Moraesy Barbosa),	Ochoa et al., 1991a; Álvarez y Alarcón, 2004; Moraes y Flechtmann 2008; Migeon y Dorkeld, 2022
Piña	<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.	Bromeliaceae	936	3	<i>Dolichotetranychus floriadanus</i> Bank, <i>Steneotarsonemus ananas</i> (Tryon), <i>Steneotarsonemus comosus</i> Ochoa,	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012
Pitahaya (amarilla/roja)	<i>Hylocereus</i> spp.; <i>Selenicereus</i> spp.	Cactaceae	27.32	1	<i>Tetranychus</i> sp.	Medina y Kondo, 2012; Trujillo, 2014
Pixbae	<i>Bactris gasipaes</i> Kunth	Arecaceae	30	5	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eotetranychus</i> sp., <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Tetranychus neocaledonicus</i> (André), <i>Retracrus johnstoni</i> (Keifer),	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Aguilar y Murillo, 2012; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019
Plátano	<i>Musa</i> AAB	Musaceae	10706	4	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Raoiella indica</i> Hirst, <i>Tetranychus abacae</i> Baker & Pritchard, <i>Tetranychus gloveri</i> Banks	Ochoa et al., 1991a; González Reus et al., 2010; Migeon y Dorkeld, 2022
Zarzamora	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	Rosaceae	2	6	<i>Bryobia rubrioculus</i> (Scheuten), <i>Acalitus essigi</i> (Hassan), <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eotetranychus rubiphilus</i> Reck, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Marić et al., 2018; Naves et al., 2021

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.

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. Especies de ácaros fitófagos asociados a granos básicos reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Arroz	<i>Oryza sativa</i> L.	Poaceae	97,845	5	<i>Oligonychus pratensis</i> (Banks), <i>Schizotetranychus oryzae</i> (Rossi de Simons) <i>Schizotetranychus freitezi</i> Ochoa, Gray & von Lindeman, <i>Schizotetranychus pseudolycurus</i> Ochoa, Gray & von Lindeman, <i>Steneotarsonemus spinki</i> Smiley	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Quirós-McIntire y Camargo Buitrago, 2011; Quirós-McIntire y Camargo-Buitrago, 2013; Toro y Mesa, 2015
Frijol vigna	<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.	Fabaceae	5391	2	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus marianae</i> McGregor	Ochoa et al., 1991a; Vasconcelos et al., 2012
Guandú	<i>Cajanus cajan</i> (L.) Huth	Fabaceae	298	2	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Mononychellus planki</i> (McGregor)	Ochoa et al., 1991a.
Maíz	<i>Zea mays</i> L.	Poaceae	27144	7	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Oligonychus anneke</i> Baker & Pritchard, <i>Oligonychus mexicanus</i> (McGregor & Ortega), <i>Oligonychus pratensis</i> (Banks), <i>Oligonychus stickneyi</i> (McGregor), <i>Oligonychus zea</i> (McGregor), <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Marić et al., 2018; Chaires-Grijalva et al., 2021
Poroto / Habichuela	<i>Phaseolus vulgaris</i> L.	Fabaceae	1630	15	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Raoiella indica</i> Hirst, <i>Tetranychus berryi</i> Baker & Pritchard, <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval), <i>Tetranychus desertorum</i> Banks, <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor), <i>Tetranychus neocaledonicus</i> André, <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Tetranychus yusti</i> McGregor, <i>Tetranychus bastosi</i> (Tuttle, Baker y Sales), <i>Mononychellus planki</i> (McGregor).	Gupta, 2001; Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008, Marić et al., 2018; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019; Migeon y Dorkeld, 2022
Sorgo	<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench	Poaceae	269	2	<i>Oligonychus stickneyi</i> (McGregor), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks),	Wang,1981; Ochoa et al., 1991a; Migeon y Dorkeld, 2022

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.



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

Cuadro 4. Especies de ácaros fitófagos asociados a hortalizas reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Ají dulce / Pimentón	<i>Capsicum annuum</i> L.	Solanaceae	286	5	<i>Brevipalpus obovatus</i> Donnadieu, <i>Phytonemus pallidus</i> (Banks), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Calacarus capsica</i> (Chakrabarti)	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Chirinos et al., 2020
Ají picante	<i>Capsicum frutescens</i> L.	Solanaceae	9	3	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Rhizoglyphus robini</i> Claparède, <i>Rhizoglyphus setosus</i> Manson	Álvarez y Alarcón, 2004; Casas y Lafargue, 2009.
Apio	<i>Apium graveolens</i> L.	Apiaceae	6	3	<i>Bryobia longisetis</i> Reck, <i>Bryobia praetiosa</i> Koch, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Marić et al., 2018; Morales, 2022
Berenjena	<i>Solanum melongena</i> L.	Solanaceae	4	4	<i>Eutetranychus</i> sp., <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Marić et al., 2018; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019; Migeon y Dorkeld, 2022
Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	Amaryllidaceae	1020	3	<i>Rhizoglyphus robini</i> Claparède, <i>Rhizoglyphus echinopus</i> (Keifer), <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Casas y Lafargue, 2009
Chayote	<i>Sechium edule</i> (Jacq.) Sw.	Cucurbitaceae	60	9	<i>Brevipalpus californicus</i> (Banks), <i>Brevipalpus gliricidae</i> De Leon, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Paraponychus corderoi</i> (Baker & Pritchard), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012
Culantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	Apiaceae	13	1	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Morales, 1995; Marić et al., 2018
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	Asteraceae	27	1	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Toroitich et al., 2009; Aguilar y Murillo, 2012.
Papa	<i>Solanum tuberosum</i> L.	Solanaceae	1022	4	<i>Bryobia kissophila</i> Eyndhoven, <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus urticae</i> Koch, <i>Tetranychus evansi</i> (Baker y Pritchard)	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Casas y Lafargue, 2009; Marić et al., 2018
Remolacha	<i>Beta vulgaris</i> L.	Amaranthaceae	1	1	<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Bocianowski et al., 2022; Edde, 2022
Repollo	<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> L.	Brassicaceae	12	3	<i>Brevipalpus</i> sp., <i>Tetranychus truncatus</i> Ehara, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Corpuz-Raros, L.A., 2001; Casas y Lafargue, 2009; Marić et al., 2018; Migeon y Dorkeld, 2022
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	Solanaceae	515	5	<i>Aculops lycopersici</i> (Tryon), <i>Aceria lycopersici</i> (Wolffenstein), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks), <i>Tetranychus evansi</i> Baker & Pritchard, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Moraes y Flechtmann 2008; Casas y Lafargue, 2009; Marić et al., 2018
Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	Apiaceae	6	2	<i>Oligonychus peruvianus</i> (McGregor), <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Marić et al., 2018; Zhovnerchuk y Auger, 2019; GBIF Secretariat, 2022

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.



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

Cuadro 5. Especies de ácaros fitófagos asociados a cultivos industriales reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Achiote	<i>Bixa orellana</i> L.	Bixaceae	4	6	<i>Allonychus littoralis</i> (McGregor), <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Oligonychus punicae</i> (Hirst), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor), <i>Tetranychus</i> sp.	Ochoa et al., 1991a; Bonilla, 2009
Cacao	<i>Theobroma cacao</i> L.	Malvaceae	6058	5	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Floracarus theobromae</i> Keifer, <i>Oligonychus mcgregori</i> (Baker & Pritchard), <i>Rhizoglyphus setosus</i> Manson, <i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor)	Ochoa et al., 1991a; Suarez, 1991
Café	<i>Coffea arabica</i> L.; <i>Coffea canephora</i> / <i>Pierre ex A. Froehner</i>	Rubiaceae	15247	7	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Oligonychus punicae</i> (Hirst), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor), <i>Oligonychus ilicis</i> (McGregor), <i>Panonychus citri</i> (McGregor), <i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks),	Ochoa et al., 1991a; Reis et al., 2002; Chagas et al., 2003; Moraes y Flechtmann 2008; Giraldo Jaramillo et al., 2011
Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i> L.	Poaceae	24329	3	<i>Abacarus doctus</i> Navia. & Flechtmann, <i>Oligonychus pratensis</i> (Banks), <i>Tetranychus gloveri</i> Banks	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012; Migeon y Dorkeld, 2022
Cocotero	<i>Cocos nucifera</i> L.	Arecaceae	1443	5	<i>Steneotarsonemus furcatus</i> Delem, <i>Amrinus coconuciferae</i> (Keifer), <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Aceria guerreronis</i> Keifer, <i>Raoiella indica</i> Hirst,	Ochoa et al., 1991a; Welbourn, 2006; González Reus et al., 2010; Carillo et al., 2011; León Martínez et al., 2021
Palma aceitera	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq.	Arecaceae	19057	7	<i>Allonychus littoralis</i> (McGregor), <i>Brevipalpus californicus</i> (Banks), <i>Brevipalpus papayensis</i> Baker, <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Oligonychus mcgregori</i> (Baker & Pritchard), <i>Raoiella indica</i> Hirst, <i>Retracrus elaeis</i> Keifer	Ochoa et al., 1991a; Barrios y Bustillo, 2016; Aguilar-Piedra y Solano-Guevara, 2019

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.

Se encontró en la literatura reportadas aproximadamente 79 especies de ácaros fitófagos a nivel mundial asociados a los 52 rubros predominantes en Panamá, de estos, solamente 24 (30,38%) se encuentran reportadas oficialmente como presentes en el país, indicando que los mismos pueden estar o no en Panamá. En cuanto a la cantidad de especímenes encontrados por familia a nivel mundial, la familia Tetranychidae (48) es la que alberga la mayor cantidad seguido por Tarsonemidae (7), Eriophyidae (11), Tenuipalpidae (8), Acaridae (2), Tuckerellidae (2) y Phytoptidae (1) (Figura 1). Mientras que en Panamá se informa de Tetranychidae (15), Eriophyidae (3), Tarsonemidae (3) y Tenuipalpidae (3) (Figura 1).



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

Cuadro 6. Especies de ácaros fitófagos asociados a raíces y tubérculos reportados a nivel mundial.

Cultivo	Nombre científico	Familia	SSP (Ha)	NEAF	Especies ácaros fitófagos reportadas en el mundo	Referencias
Camote	<i>Ipomoea batatas</i> (L.) Lam.	Convolvulaceae	11	7	<i>Brevipalpus californicus</i> (Banks), <i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eotetranychus deleoni</i> Baker & Pritchard, <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval), <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus ludeni</i> Zacher, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Aguilar y Murillo, 2012; Migeon y Dorkeld, 2022
Jengibre	<i>Zingiber officinale</i> Rosc.	Zingiberaceae	487	2	<i>Raoiella indica</i> Hirst, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Peña et al., 2009; National Agricultural Advisory Service, 2020
Nampí	<i>Dioscorea trifida</i> L.	Dioscoreaceae	340	2	<i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus urticae</i> Koch	Ochoa et al., 1991a; Migeon y Dorkeld, 2022
Ñame	<i>Dioscorea alata</i> L.	Dioscoreaceae	1878	2	<i>Rhizoglyphus setosus</i> Manson, <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval)	Casas y Lafargue, 2009; Migeon y Dorkeld, 2022.
Otoe	<i>Xantosoma saggitifolium</i> Schott; <i>Xanthosoma violaceum</i> Schoot	Araceae	676	4	<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Rhizoglyphus setosus</i> Manson, <i>Tetranychus gloveri</i> Banks, <i>Tetranychus yusti</i> McGregor	Casas y Lafargue, 2009; Migeon y Dorkeld, 2022
Yuca	<i>Manihot esculenta</i> Crantz	Euphorbiaceae	1599	11	<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes), <i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor), <i>Mononychellus progresivus</i> (Doreste), <i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar), <i>Mononychellus caribbeanae</i> (McGregor), <i>Oligonychus gossypii</i> (Zacher), <i>Oligonychus peruvianus</i> (McGregor), <i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor), <i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval), <i>Tetranychus marianae</i> McGregor, <i>Tetranychus urticae</i> Koch,	Bellotti et al., 1979; Ochoa et al., 1991a; Migeon y Dorkeld, 2022

SSP= Superficie sembrada en Panamá; NEAF=Número de especies de ácaros fitófagos reportados en el mundo.

En cuanto al listado de las especies de ácaros fitófagos más importantes de dichos rubros a nivel mundial incluye *Tetranychus urticae* Koch (30 rubros) (con reporte en Panamá), *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) (22 rubros) (con reporte en Panamá), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (20 rubros) (con reporte en Panamá), *Eutetranychus banksi* (McGregor) (10 rubros) (con reporte en Panamá), *Tetranychus gloveri* Banks (10 rubros) (con reporte en Panamá), *Tetranychus ludeni* Zacher (8 rubros) (con reporte en Panamá), *Tetranychus marianae* McGregor (7 rubros) *Tetranychus mexicanus* (McGregor) (7 rubros) (sin reporte en Panamá), *Oligonychus yothersi* (McGregor) (6 rubros) (sin reporte en Panamá), *Raoiella indica* Hirst (6 rubros) (sin reporte en Panamá) y *Tetranychus*



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

cinnabarinus (Boisduval) (5 rubros) (reportada en Panamá) (Cuadro 7). En el caso de *R. indica*, aunque Molet (2016) y Beard et al., (2018) la reportan en Panamá, existen reportes de muestreos programados regularmente por parte de la Dirección de Sanidad Vegetal del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá en especies de plantas de la familia *Arecaceae* y *Musaceae* que indican que no está presente en Panamá hasta el momento de la presente investigación (MIDA, 2020; 2022), por tanto, estos elementos justifican la necesidad de continuar el muestreo programado de esta y otras especies de ácaros fitófagos de interés cuarentenario por considerarse especies invasoras en Panamá.

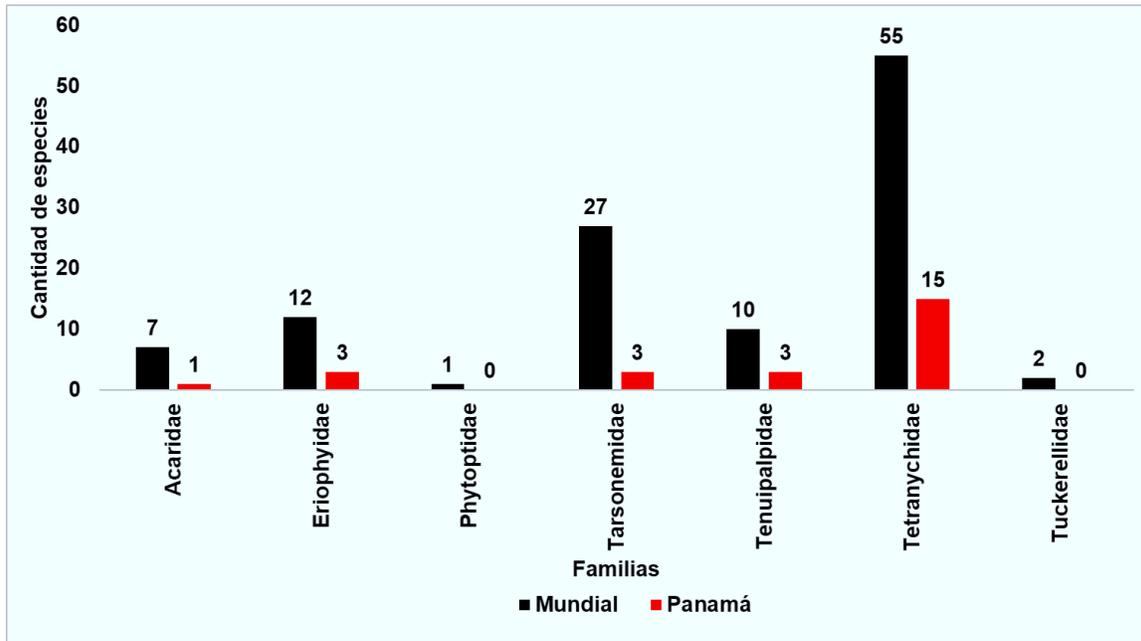


Figura 1. Cantidad de especies por familias de ácaros fitófagos presentes en Panamá y a nivel mundial asociadas a los 52 cultivos de mayor relevancia en Panamá.



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

Cuadro 7. Especies de ácaros fitófagos a nivel mundial asociados a los principales cultivados en Panamá.

Especie	Familia	Orden	Presente en Panamá	# Rubros potenciales	Rubros potenciales
<i>Abacarus doctus</i> Navia. & Flechtmann	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Caña de azúcar
<i>Acalitus essigi</i> (Hassan)	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Zarzamora
<i>Aceria mangiferae</i> Sayed	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Mango
<i>Aculops lycopersici</i> (Tryon)	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Tomate
<i>Allonychus braziliensis</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Banano
<i>Allonychus littoralis</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	3	Achiote, aguacate, palma aceitera
<i>Amrinus coconuciferae</i> (Keifer)	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Cocotero
<i>Brevipalpus californicus</i> (Banks)	Tenuipalpidae	Prostigmata	SI	4	Camote, chayote, naranja, palma aceitera
<i>Brevipalpus gliricidae</i> De Leon	Tenuipalpidae	Prostigmata	NO	1	Chayote
<i>Brevipalpus lewisi</i> McGregor	Tenuipalpidae	Prostigmata	NO	1	Mamón chino (Rambután)
<i>Brevipalpus obovatus</i> Donnadieu	Tenuipalpidae	Prostigmata	SI	3	Aji dulce / pimentón, fresa, naranja
<i>Brevipalpus papayensis</i> Baker	Tenuipalpidae	Prostigmata	NO	1	Palma aceitera
<i>Brevipalpus phoenicis</i> (Geijskes)	Tenuipalpidae	Prostigmata	SI	22	Achiote, cacao, café, camote, chayote, cocotero, fresa, guanábana, guayaba, limón criollo, maíz, mamón chino (rambután), mango, maracuyá, naranja, palma aceitera, papaya, pixbae, plátano, poroto / habichuela, yuca, zarzamora
<i>Brevipalpus</i> sp.	Tenuipalpidae	Prostigmata	NO	1	Repollo
<i>Bryobia kissophila</i> Eyndhoven	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Papa
<i>Bryobia longisetis</i> Reck	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Apio
<i>Bryobia praetiosa</i> Koch	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Apio, fresa
<i>Bryobia rubrioculus</i> (Scheuten)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Fresa
<i>Cisaberoptus kenya</i> Keifer	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Mango
<i>Dolichotetranychus floriadanus</i> Bank	Tarsonemidae	Prostigmata	NO	1	Piña
<i>Eotetranychus deleoni</i> Baker & Pritchard	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Camote
<i>Eotetranychus lewisi</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Papaya
<i>Eotetranychus rubiphilus</i> Reck	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Zarzamora
<i>Eotetranychus</i> sp.	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Pixbae
<i>Aceria annonae</i> Keifer	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Guanábana
<i>Aceria guerreronis</i> Keifer	Eriophyidae	Prostigmata	SI	1	Cocotero
<i>Aceria mangiferae</i> (Sayed)	Eriophyidae	Prostigmata	SI	1	Mango
<i>Eutetranychus banksi</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	10	Achiote, café, chayote, guandú, limón criollo, naranja, otoo, papaya, pixbae, yuca
<i>Eutetranychus</i> sp.	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Berenjena
<i>Floracarus theobromae</i> Keifer	Eriophyidae	Prostigmata	NO	1	Cacao

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 7. Especies de ácaros fitófagos a nivel mundial asociados a los principales cultivados en Panamá.

Especie	Familia	Orden	Presente en Panamá	# Rubros potenciales	Rubros potenciales
<i>Mononychellus caribbeanae</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Yuca
<i>Mononychellus planki</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Guandú
<i>Mononychellus progresivus</i> (Doreste)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Yuca
<i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Yuca
<i>Oligonychus anneke</i> Baker & Pritchard	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Maíz
<i>Oligonychus chiapensis</i> Estebanes & Baker	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Mango
<i>Oligonychus gossypii</i> (Zacher)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Yuca
<i>Oligonychus mangiferus</i> (Rahman & Sapra)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Mango
<i>Oligonychus mcgregori</i> (Baker & Pritchard)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Cacao, palma aceitera
<i>Oligonychus mexicanus</i> (McGregor & Ortega)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Maíz
<i>Oligonychus perseae</i> (Tuttle, Baker & Abbatiello)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Aguacate
<i>Oligonychus peruvianus</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Yuca, zanahoria
<i>Oligonychus pratensis</i> (Banks)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	3	Arroz, caña de azúcar, maíz
<i>Oligonychus punicae</i> (Hirst)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	4	Achiote, aguacate, café, mango
<i>Oligonychus stickneyi</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Maíz, sorgo
<i>Oligonychus yothersi</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	6	achiote, aguacate, café, guayaba, mango, yuca
<i>Oligonychus zaeae</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Banano, maíz
<i>Panonychus citri</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	3	Café, naranja, papaya
<i>Paraponychus corderoi</i> (Baker & Pritchard)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Camote, chayote
<i>Phyllocoptruta oleivora</i> (Ashmead)	Eriophyidae	Prostigmata	SI	2	Limón criollo, naranja
<i>Phytonemus pallidus</i> (Banks)	Tarsonemidae	Prostigmata	SI	2	Ají dulce / pimentón, fresa
<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks)	Tarsonemidae	Prostigmata	SI	20	Aguacate, ají dulce / pimentón, ají picante, berenjena, café, chayote, frijol vigna, guanábana, guayaba, limón criollo, mango, maracuyá, melón, papa, papaya, pepino, poroto / habichuela, sorgo, tomate, zarzamora
<i>Raoiella indica</i> Hirst	Tenuipalpidae	Prostigmata	NO	6	Banano, cocotero, jengibre, palma aceitera, plátano, poroto / habichuela
<i>Retracrus elaeis</i> Keifer	Phytoptidae	Prostigmata	NO	2	Palma aceitera, pixbae
<i>Rhizoglyphus robini</i> Claparède	Acaridae	Astigmata	NO	2	Ají picante, cebolla
<i>Rhizoglyphus setosus</i> Manson	Acaridae	Astigmata	NO	4	Cacao, ñame, otoo, ají picante
<i>Schizotetranychus freitezi</i> Ochoa, Gray & von Lindeman	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Arroz
<i>Schizotetranychus pseudolycurus</i> Ochoa, Gray & von Lindeman	Tetranychidae	Prostigmata	SI	1	Arroz

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 7. Especies de ácaros fitófagos a nivel mundial asociados a los principales cultivados en Panamá.**

Especie	Familia	Orden	Presente en Panamá	# Rubros potenciales	Rubros potenciales
<i>Steneotarsonemus ananas</i> (Tryon)	Tarsonemidae	Prostigmata	NO	1	Piña
<i>Steneotarsonemus comosus</i> Ochoa	Tarsonemidae	Prostigmata	NO	1	Piña
<i>Steneotarsonemus furcatus</i> Delem	Tarsonemidae	Prostigmata	NO	1	Cocotero
<i>Steneotarsonemus spinki</i> Smiley	Tarsonemidae	Prostigmata	SI	1	Arroz
<i>Tetranychus abacae</i> Baker & Pritchard	Tetranychidae	Prostigmata	SI	2	Banano, plátano
<i>Tetranychus berryi</i> Baker & Pritchard	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Poroto / habichuela
<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval)	Tetranychidae	Prostigmata	SI	5	Camote, ñame, papaya, poroto / habichuela, yuca
<i>Tetranychus desertorum</i> Banks	Tetranychidae	Prostigmata	NO	3	Papaya, poroto / habichuela, zapallo
<i>Tetranychus evansi</i> Baker & Pritchard	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Tomate
<i>Tetranychus gloveri</i> Banks	Tetranychidae	Prostigmata	SI	10	Aguacate, banano, berenjena, camote, caña de azúcar, mango, otoo, papaya, plátano, poroto / habichuela
<i>Tetranychus ludeni</i> Zacher	Tetranychidae	Prostigmata	SI	8	Camote, chayote, fresa, melón, papaya, pepino, poroto / habichuela, sandía
<i>Tetranychus marianae</i> McGregor	Tetranychidae	Prostigmata	NO	7	Banano, chayote, frijol vigna, ñampí, papaya, poroto / habichuela, yuca
<i>Tetranychus mexicanus</i> (McGregor)	Tetranychidae	Prostigmata	NO	7	Cacao, guanábana, guayaba, maracuyá, palma aceitera, papaya, poroto / habichuela
<i>Tetranychus neocaledonicus</i> André	Tetranychidae	Prostigmata	NO	1	Poroto / habichuela
<i>Tetranychus</i> sp.	Tetranychidae	Prostigmata	NO	3	Achiote, mamón chino (rambután), pitahaya (amarilla / roja)
<i>Tetranychus truncatus</i> Ehara	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Repollo, sandía
<i>Tetranychus tumidus</i> Banks	Tetranychidae	Prostigmata	SI	2	Mango, papaya
<i>Tetranychus urticae</i> Koch	Tetranychidae	Prostigmata	SI	30	Ají dulce / pimentón, apio, berenjena, camote, cebolla, chayote, culantro, fresa, guayaba, jengibre, lechuga, limón persa, maíz, mamón chino (rambután), mango, maracuyá, melón, ñampí, papa, papaya, pepino, poroto / habichuela, remolacha, repollo, sandía, tomate, yuca, zanahoria, zapallo, zarzamora
<i>Tetranychus yusti</i> McGregor	Tetranychidae	Prostigmata	NO	2	Otoo, poroto / habichuela
<i>Tuckerella knorri</i> Baker & Tuttle	Tuckerellidae	Prostigmata	NO	1	Mango
<i>Tuckerella pavoniformis</i> (Ewing)	Tuckerellidae	Prostigmata	NO	1	Aguacate

Entre las especies de ácaros fitófagos presentes en Panamá destacó en la última década la especie *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Tarsonemidae) que es considerada la plaga más importante del arroz en el mundo (Tseng, 1984), por la importancia de dicho



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

rubro en Panamá, con un consumo per cápita anual estimado en 154,32 libras de arroz (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, 2022). Dicha especie ha destacado por su impacto sobre la esterilidad, la infertilidad parcial de la panícula y la deformidad del grano de arroz (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria, 2017).

La especie *S. spinki* se distribuye geográficamente en Asia, región Caribe, Norte, Centro y parte del Sur de América (Navia et al., 2010). Entre sus hospederos se encuentran más de 70 especies de plantas incluyendo malezas que crecen con el cultivo de arroz, entre ellas, el arroz silvestre *Oryza latifolia* Desv., el pasto Argentina *Cynodon dactylon* (L.) Pers (Poaceae), el coquito *Cyperus iria* L. (Cyperaceae), palla (*Oxycaryum* sp. (Cyperaceae) y el junco (*Cyperus articulatus* (L.) (Rao y Prakash, 1996, 2002; Sanabria y Aguilar, 2004; Central Rice Research Institute, 2006).

Esta especie de ácaro puede llevar esporas de hongos (Lo y Hor, 1977; Chow et al., 1980). Según Ochoa et al. (1991 a, b) se conoce que algunas especies de Tarsonemidae pueden llevar adheridas en su cuerpo y en estructuras especializadas esporas que contribuyen a la diseminación de enfermedades fungosas. Cabrera et al., (2005) aislaron del cuerpo de *S. spinki* esporas de los hongos *Hirsutella nodulosa* Petch, *Sarocladium oryzae* (Sawada), *Cephalosporium* sp. y *Penicillium* sp. Almaguel et al., (2003) reportan también la asociación de *S. pinki* con los hongos fitopatogénicos *S. oryzae* y los géneros *Pyricularia*, *Rhynchosporium* y *Rhizoctonia*, que causan manchado de granos y vainas.

Cinco especies de ácaros fitófagos son comunes en el cultivo del maíz, que es otro rubro de importancia en Panamá, la mayoría se encuentran en follaje: *O. mexicanus*, *O. pratensis*, *O. stickneyi*, *O. zae* y *T. urticae*, las especies del género *Oligonychus* tienen una mayor cantidad de registros de distribución en los estados de México (Chaires-Grijalva et al., 2021).

Entre las especies de mayor relevancia presentes en Panamá se encuentran *T. urticae* que mantiene reportes de daños a nivel mundial en 30 de los 52 rubros de importancia en Panamá, asociada principalmente al daño de hojas, causando necrosis en el tejido de esta y disminuyendo la fotosíntesis (Elsadany, 2018) (Cuadro 7).



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

La araña roja, *T. urticae*, mantiene el mayor potencial de pasar de ser plaga ocasional a un estatus de plaga primaria por su carácter polífago y su dispersión mundial; posee un ciclo de vida muy corto y una elevada capacidad para adquirir resistencia a acaricidas lo cual hace que sea una plaga muy difícil de controlar (Santamaria et al., 2021). A nivel mundial esta especie ocasiona grandes problemas a la agricultura, por su alto potencial de incrementar su población en corto tiempo, de manera que pueden rebasar el umbral económico si no se toman medidas adecuadas (Flores et al., 2011).

La especie *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes) se encuentra en Panamá, con reportes a nivel mundial en 22 de los 52 rubros de mayor relevancia en Panamá que incluye el café, guayaba, maíz, naranja, papaya, entre otros (Cuadro 1-6). En Panamá la especie ha demostrado ser un vector eficaz del virus de la leprosis de los cítricos (Citrus leprosis virus - CiLV), que causa anillos cloróticos en hojas, necrosis en tallos y lesiones en frutos (de Domínguez et al., 2001; Childers et al., 2001).

La especie *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), encontrada en Panamá, mantiene reporte de daños en 20 de los 52 rubros de importancia en Panamá (Cuadro 2); que incluye estudios iniciales de ataques en chile y tomate en Panamá (Gordón et al., 1985; Ochoa y Von Lindeman, 1988).

Impacto del cambio climático sobre los ácaros fitófagos

Aunque, diversas especies de ácaros fitófagos de importancia económica a nivel mundial no han sido aún reportadas en Panamá y mantienen un estatus de importancia cuarentenaria, como el caso de *Raoiella indica* Hirst y *Oligonychus yothersi* (McGregor) (MIDA, 2020), pueden ser consideradas de riesgo como potenciales especies invasoras para Panamá además de las actualmente presentes en el país, considerando el fenómeno del cambio climático cuyas condiciones climáticas inestables ejercen una influencia significativa sobre la duración del desarrollo embrionario y post-embrionario, ciclo vital, dinámica e intensidad de población y área de distribución de los ácaros fitófagos (Quesada, 2011). Un incremento de la temperatura supondría una aceleración de los coeficientes de desarrollo, y por consiguiente del número anual de generaciones, impulsando que diversas especies extiendan su área de distribución a mayores latitudes y altitudes (Gordo y Sanz, 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/)

Otros efectos como cambios en el régimen de precipitaciones y el efecto del incremento de la concentración de dióxido de carbono (CO₂) que afecta directamente el metabolismo primario y secundario de las plantas alteraría la relación de carbono y nitrógeno que afecta la fenología de las plantas y por consiguiente la calidad de los alimentos que puede proveer las plantas hospedadas dentro del nivel trófico de la relación de ácaros fitófagos - plantas, por ende los ciclos de vida de los ácaros fitófagos (Quesada, 2011). El cambio climático afecta la fenología vegetal, en los ecosistemas (Gordo y Sanz, 2010). Pero los factores asociados al cambio climático también pueden tener un impacto directo sobre enemigos naturales y organismos entomopatógenos que atacan las poblaciones de ácaros fitófagos (Quesada, 2011).

Otro elemento a considerar es que las especies exóticas invasoras, que incluye los ácaros fitófagos, se ha convertido en un problema a nivel mundial tanto del punto de vista económico como ambiental, ya que una vez entran dentro de un agroecosistema no funcionará de igual manera, al desplazar los organismos nativos y la potencial ausencia de enemigos naturales que puedan mantener suprimidas las poblaciones de dichos ácaros fitófagos y ocasionar daños en la flora cultivada y silvestre dentro de una región determinada alterando las cadenas tróficas previamente establecidas (Hastie et al., 2010; Quesada, 2011).

La importancia de los ácaros como especies invasoras ha crecido en los últimos años debido a que el número de especies que se mueven es cada vez mayor, por lo que sus efectos negativos sobre las especies nativas y la economía humana son muy grandes (Hastie et al., 2010). A nivel internacional por ejemplo especies como *Panonychus citri* (McGregor), *Eutetranychus orientalis* (Klein) y *Eutetranychus banksi* (McGregor) son especies consideradas invasoras en cítricos en España, por ejemplo, que de cierta manera desplazaron especies nativas como *T. urticae*, especie que actualmente es considerada cosmopolita (Ferragut, 2016). Es por esa razón que a nivel mundial los programas de cuarentena agropecuaria mantienen sistemas de vigilancia constante para interceptar artrópodos de interés agropecuario, como el caso de insectos y ácaros fitófagos (de la Torre, 2005), sobre todo cuando se trata de especies con potencial de causar daños sobre



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

cultivos importantes tanto a nivel socioeconómico como *R. indica* sobre especies de Musaceae y Arecaceae (Manchado, 2017).

CONCLUSIONES

- De los 52 rubros de mayor relevancia en Panamá, se determinó que se reportan a nivel mundial 79 especies de ácaros fitófagos de relevancia, de las cuales se reportan 24 especies en Panamá asociadas a estos rubros.
- Estos ácaros fitófagos tienen potencial como plagas ocasionales, plagas secundarias, plagas primarias y como especies invasoras pueden causar daños directos e indirectos sobre diversas estructuras de las plantas por su asociación con organismos patógenos, por lo cual se hace imprescindible conocer en Panamá la ácarofauna asociada a los principales rubros agrícolas del país por su potencial impacto sobre la seguridad alimentaria.
- Las familias de ácaros fitófagos más importantes en Panamá, están representadas por Tetranychidae, Eriophyidae, Tarsonemidae y Tenuipalpidae, que incluye especies de importancia tales como *Tetranychus urticae* Koch, *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes), *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) y *Eutetranychus banksi* (McGregor).

REFERENCIAS

- Abo-Shnaf, R., Allam, S. F. M., El-Sobky, M. L., Abdul-Shafic, A. F., y El-Tony, A. G. (2022). Biodiversity of mites in mango orchards (*Mangifera indica* L.) and evaluation of some mineral and essential oils against *Cisaberoptus kenyae* Keifer (Acari: Eriophyidae) management. *Acarologia*, 62(1), 130-142. <https://doi.org/10.24349/7izc-dm2n>
- Aguilar, H., y Murillo, P. (2008). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2002-2008. *Agronomía Costarricense*, 32(2), 7-28 https://www.researchgate.net/publication/26595378_Nuevos_hospederos_y_registros_de_acaros_fitofagos_para_Costa_Rica_Periodo_2002_-_2008



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

- Aguilar, H., y Murillo, P. (2012). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2008-2012. *Agronomía Costarricense*, 36(2), 11-28. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242012000200001&lng=en&tlng=es.
- Aguilar, H., y Solano Guevara, A. M. (2019). Nuevos hospederos y registros de ácaros fitófagos para Costa Rica: período 2013-2018. *Agronomía Costarricense*, 44(1). <https://doi.org/10.15517/rac.v44i1.39996>
- Agut, B., Gamir, J., Jaques, J.A., y Victor, F. (2016). Systemic resistance in citrus to *Tetranychus urticae* induced by conspecifics is transmitted by grafting and mediated by mobile amino acids. *Journal of Experimental Botany*, 67(19), 5711-5723. <https://www.jstor.org/stable/26391385>
- Almaguel, L., Rojas, A., De la Torre, P., Botta, E., Hernández, J., Cáceres, I, y Ginarte, A. (2003). Dinámica de población e indicadores ecológicos del ácaro *Steneotarsonemus spinki* Smiley 1967 (Acari: Tarsonemidae) en arroz de riego en Cuba. *Fitosanidad*, 7(1), 23 - 24. http://scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122015000200010
- Álvarez, L. D., y Alarcón, L. (2004). Catálogo de Ácaros Fitófagos de la Provincia de Las Tunas. *Fitosanidad*, 8, 19-21. <https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/818/Cat%C3%A1logo%20de%20%C3%A1caros%20fit%C3%B3fagos%20de%20la%20provincia%20de%20Las%20Tunas.pdf>
- Astridge, D. P. (2006). Rambutan. Development of Integrated Pest Management. Insect Identification, Monitoring and Insecticide Evaluation. A report for the Rural Industries Research and Development Corporation. Australian Government. Rural Industries Research and Development Corporation. <https://agrifutures.com.au/wp-content/uploads/publications/05-187.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/)

- Barrios, C., y Bustillo, A. E. (2016). El ácaro rojo *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) no es una plaga de la palma de aceite. *Palmas*, 37(2), 11–18. <http://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11735>
- Beard, J. J., Ochoa, R., Bauchan, G. R., Pooley, C., y Dowling, A. P. G. (2018). *Raoiella* of the world (Trombidiformes: Tetranychoidae: Tenuipalpidae). *Zootaxa*, 4501(1), 1–301. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4501.1.1>
- Bellotti, A. C., Reyes Q., J. A., Arias V., B., y Vargas H., O. (1979). Insectos y ácaros de la yuca y su control. In: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Manual de producción de yuca, Programa de Yuca, Cali, CO. p. H-1/H-22. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/81714>
- Bocianowski, J., Jakubowska, M., Zawada, D., y Dobosz. R. (2022). The Effect of Acaricide Control of the Two-Spotted Spider Mite *Tetranychus urticae* Koch on the Cultivation of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) and on the Size and Quality of the Yield. *Applied Sciences*, 12(23), 12139. <https://doi.org/10.3390/app122312139>
- Bonilla Murillo, J. C. (2009). Manual del Cultivo de Achiote. Proyecto de Desarrollo de la Cadena de Valor y Conglomerado Agrícola. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01B715mc.pdf>
- Cabrera, R. I., Garcia, A., Otero-Colina, G., Almaguel, L., y Ginarte, A. (2005). *Hirsutella nodulosa* and other fungus species associated to the rice tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acari: Tarsonemidae) en Cuba. *Folia Entomol. Mex.*, 44(2), 115 – 121. https://www.researchgate.net/publication/26460862_Hirsutella_nodulosa_y_otros_hongos_asociados_al_acaro_tarsonemido_del_arroz_Steneotarsonemus_spinki_Acari_Tarsonemidae_en_Cuba
- Carrillo, D., Amalin, D., Hosein, F., Roda, A., Duncan, R. E., y Peña, J. E. (2011). Host plant range of *Raoiella indica* (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion of the New



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

World. *Experimental and Applied Acarology*, 57(3-4), 271–289.
<https://doi.org/10.1007/s10493-011-9487-8>

Casas Chía, G., y Lafargue Hechavarría, S. (2009). Catálogo de Ácaros de la Provincia de Santiago de Cuba. *Fitosanidad*, 13(3), 155-162.
<http://scielo.sld.cu/pdf/fit/v13n3/fit02309.pdf>

Central Rice Research Institute (CRRI). (2006). A new alternate host of rice panicle mite. *CRRI Newsl.*, 27(3),10. <https://crri.icar.gov.in/index.php>

Chagas, C. M., Kitajima, E. W., y Rodrigues, J. C. V. (2003). Coffee ringspot virus vectored by *Brevipalpus phoenicis* (Acari: Tenuipalpidea) in coffee. *Experimental and applied acarology*, 30(1-3), 203-213. <https://doi.org/10.1023/b:appa.0000006549.87310.41>

Chaires-Grijalva, M. P., Serrano-Domínguez, A. K., y Coronado-Blanco, J. M. (2021). Ácaros asociados al maíz en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(8), 1497-1510. Epub 02 de mayo de 2022.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.2718>

Childers, C. C., Kitajima, E. W., Welbourn, W. C., Rivera, C., y Ochoa, R. (2001). *Brevipalpus* como vectores de la leprosis de los cítricos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 60, 61-65.
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5838/A1763e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Chirinos, D. T., Castro, R., Cun, J., Castro, J., Bravo, S. P., Solis, L., y Geraud-Pouey, F. (2020). Insecticides and agricultural pest control: The magnitude of its use in crops in some provinces of Ecuador. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 21(1), 1-16. http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v21n1/en_0122-8706-ccta-21-01-00084.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/)

Chow, Y. S., Tzean, S. S., Chang, C. S. y Wang, C. H. (1980). A morphological study of the tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Tarsonemidae). *Plant Prot. Bull.*, 22,17-21.

https://www.istage.jst.go.jp/article/asjaa1936/29/1/29_1_25/pdf

Corpuz-Raros, L. A. (2001). New mite pests and new host records of phytophagous mites (Acari) from the Philippines. *Philippine Agricultural Scientist*, 84, 341-351.

https://www.researchgate.net/publication/307863764_New_mite_pests_and_new_host_records_of_phytophagous_mites_Acari_from_the_Philippines

de Domínguez, F. S., Bernal, A., Childers, C. C., y Kitajima, E. W. (2001). First Report of Citrus leprosis virus in Panama. *Plant disease*, 85(2), 228.

<https://doi.org/10.1094/PDIS.2001.85.2.228A>

de Moraes, G. J., and Flechtmann, C. H. W. (2008). Manual de Acarologia, Holos, Ribeirão Preto, 288 p.

https://books.google.com.pa/books/about/Manual_de_acarologia.html?id=iLceOgAACAAJ&redir_esc=y

de la Torre Santana, P. E. (2005). Colectas Acarológicas de Ciudad de la Habana Registradas por la Sanidad Vegetal. *Fitosanidad*, 9(1).

<https://repositorio.geotech.cu/xmlui/bitstream/handle/1234/815/Colectas%20acarol%20de%20Ciudad%20de%20La%20Habana.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Edde, P. (2022). Arthropod pests of sugarbeet (*Beta vulgaris* L.). In: P. Edde (Ed.), Field Crop Arthropod Pests of Economic Importance, Academic Press, 862-913.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818621-3.00015-X>

Elsadany, M.F.I. (2018). Influence of host plants and some leaf contents on biological aspects of *Tetranychus urticae* Koch (Arachnida: Acari: Tetranychidae). *JoBAZ*, 79(20).

<https://doi.org/10.1186/s41936-018-0032-8>



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

Ferragut Pérez, F. (2016). Situación actual y perspectivas de los ácaros del género *Eutetranychus* (Tetranychidae) en cítricos. *Phytoma, España*, 284. https://www.phytoma.com/images/pdf/284_DICIEMBRE_2016_CITRICULTURA_situacion_acaros_Eutetranychus.pdf

Flores Canales, R., Isiordia Aquino, N., Robles Bermúdez, A., Ortega Ávalos, O., Pérez, González, R., y Ramos Quirarte, A. (2011). Ácaros fitófagos asociados a frutales en la zona centro de Nayarit. *Revista Fuente*, 2(7), 25-33. <http://fuente.uan.edu.mx/publicaciones/03-07/3.pdf>

García, M.E., y Ojeda, L. (2023). Cultivo y comercialización del mango. Proyecto de apoyo al fortalecimiento de cadenas de frutales a nivel local / Autoabastecimiento local para una alimentación sostenible y sana. Editorial Instituto de Investigaciones en fruticultura tropical. La Habana, Cuba. 242 p. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskqke326/files/2023-08/MANGO%20Cultivo%20y%20Comercializacion%20WEB.pdf>

GBIF Secretariat (2022). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset. <https://doi.org/10.15468/39omei>

Giraldo Jaramillo, M., Galindo Leva, L. A., y Benavides Machado, P. (2011). La arañita roja del café. Biología y hábitos. Gerencia Técnica / Programa de Investigación Científica. Fondo Nacional del Café. Avances Técnicos. CENICAFÉ. 403. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0403.pdf>

Gómez Vargas, M., Galeano Higueta, C., y Jaramillo Muñoz, D. A. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423–442. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=497856275012>

González Reus, M., y Ramos, M. (2010). Plantas hospedantes de *Raoiella indica* HIRST (ACARI: Tenuipalpidae) en el Municipio Santiago de Cuba. *Revista de Protección*



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

Vegetal, 25(1), 5-6. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000100002&lng=es&tlng=es.

Gordo, O., y Sanz, J. J. (2010), Impact of climate change on plant phenology in Mediterranean ecosystems. *Global Change Biology*, 16, 1082-1106. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2009.02084.x>

Gordón, R., Deleon, G. and Saavedra, F., 1985. El ácaro del pimentón. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 3 p.

Gupta, Y. N. (2001). A conspectus of natural enemies of phytophagous mites and mites as potential biocontrol agents of agricultural pests in India. In: R. Holliday, D. Walter, H. Proctor, R. Norton, y M. Colloff, (Eds). Proceedings of the International Congress of Acarology. 10. Collingwood, Australia. SCIRO Publishing, pp: 484-497. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-conspectus-of-natural-enemies-of-phytophagous-and-Gupta-Halliday/e827930de57a9e3d744c677e000aae9f5a596edc>

Ho, C. C., Lo, K. C., y Chen, W. H. (1997). Spider mite (Acari: Tetranychidae) on various crops in Taiwan. *Journal of Agricultural Research of China*, 46, 333-346. <https://eurekamag.com/research/003/278/003278923.php>

Hastie, E., Benegas, A., y Rodríguez, H. (2010). Inventario de Ácaros Depredadores asociados a Fitoácaros en Plantas de las Familias Arecaceae y Musaceae. *Revista de Protección Vegetal*, 25(1), 17-25. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522010000100005&lng=es&tlng=es

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022). Investigación – Innovación de alternativas tecnológicas para la competitividad y sostenibilidad del cultivo de arroz en Chiriquí.



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

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

Instituto de Mercadeo Agropecuario. (2021). Catálogo de rubros cultivados en Panamá. 69 p.

https://web.ima.gob.pa/wp-content/uploads/2021/04/CATALOGO-RUBROS-2021_28_04.pdf

Kane, E. C., Ochoa, R., Mathurin, G., y Erbe, E. F. (2005). *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae): an islandhopping mite pest in the Caribbean.

http://www.sel.barc.usda.gov/acari/PDF/Raoiella_indica-Kane_et_al.pdf

León Martínez, G.A., Campos Pinzón, J.C., y Sierra Monroy, J.A. (2021). New records of host plants of *Raoiella indica* Hirst in Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2),

629–637. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43632>

Lo, K.C., y Hor, C.C. (1977). Preliminary studies on rice tarsonemid mite *Steneotarsonemus spinki* (Acarina: Tarsonemidae). *Nat. Sci. Counc. Mon.*, 5 (4), 274-284.

<https://eurekamag.com/research/000/466/000466146.php>

Marić, I., Marčić, D., Petanović, R., y Auger, P. (2018), Biodiversity of spider mites (Acari: Tetranychidae) in Serbia: a review, new records and key to all known species.

Acarologia 58(1), 3-14. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20184223>

Machado Montalvo, I. (2017). Vigilancia fitosanitaria de *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae) en la provincia de Villa Clara, Cuba. *Fitosanidad*, 21(1), 23-29.

<https://www.redalyc.org/pdf/2091/209155463004.pdf>

Medina S., J.A., y Kondo, T. (2012). Listado taxonómico de organismos que afectan la pitaya amarilla, *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran (Cactaceae) en Colombia. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1), 41-46.

<https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=449945032005>



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

Migeon, A., y Dorkeld, F. (2022). Spider Mites Web: a comprehensive database for the Tetranychidae. <https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2020). Ácaros. Lista Específica de Plagas Cuarentenarias. Dirección Nacional de Sanidad Vegetal. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2020/04/acaros.pdf?undefined=undefined>

Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2022). Cierre agrícola 2021-2022. Dirección de Agricultura. Unidad de Planificación. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2022/11/CIERRE-2021-2022-ultimo-23-11.pdf>

Molet, T. (2016). CPHST Pest Datasheet for *Raoiella indica*. USDA-APHIS-PPQ-CPHST. <http://download.ceris.purdue.edu/file/3060>

Morales, J. P. (1995). Cultivo de cilantro, cilantro ancho y perejil. FDA, Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. Boletín técnico N° 25. República Dominicana. <https://cedaf.org.do/wp-content/uploads/2022/08/Cilantro.pdf>

Morales Garcés, C. E. (2022). Biofortificación del cultivo de apio (*Apium graveolens*) mediante la utilización de yodo agrícola. Documento final del proyecto de investigación como requisito para obtener el grado de ingeniero agrónomo. Universidad Técnica de Ambato Facultad De Ciencias Agropecuarias. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36984/1/Tesis-338%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Morales%20Garc%C3%A9s%20Christian%20Eliseo.pdf>

National Agricultural Advisory Service. (2020). Ginger Pests and Diseases. Ministry of Agriculture, Animal Industry and Fisheries (MAAIF) – Uganda. <https://naads.or.ug/ginger-pests-and-diseases/>



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

- Naves, P., Nóbrega, F., y Auger, P. (2021), Updated and annotated review of Tetranychidae occurring in mainland Portugal, the Azores, and Madeira Archipelagos. *Acarologia* 61(2), 380-393. <https://doi.org/10.24349/acarologia/20214437>
- Navia, D., Mendonça, R. S., y Ochoa, R. (2010). The rice mite *Steneotarsonemus spinki*, an invasive species in the Americas. Springer Science+Business Media B. V. 2010. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-90-481-9837-5_62
- Ochoa, R., y von Lindeman, G. (1988). Importancia de los ácaros en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y chile dulce (*Capsicum annuum*) en Panamá. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 7, 29-36. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6376/Importancia_de_los_acaros.pdf?sequence=8&isAllowed=y
- Ochoa, R., Aguilar, H., y Vargas, C. (1991a). Ácaros fitófagos de América Central: guía ilustrada. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 251 p. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/82>
- Ochoa, R., Smiley, R. L., y Saunders, J. L. (1991b). The family Tarsonemidae in Costa Rica (ACARI: Heterostigmata). *International Journal of Acarology*, 17(1), 41–86. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01647959108683885>
- Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria. (2017). Manejo Integrado del Ácaro del Arroz (*Steneotarsonemus spinki* Smily) y las enfermedades asociadas. San Salvador, El Salvador. https://www.oirsa.org/contenido/2018/Sanidad_Vegetal/Manuales%20OIRSA%2020152018/Manual%20de%20Manejo%20Integrado%20de%20S%20%20spinki%20versi%C3%B3n%20%203%20de%20mayo%20Final.pdf
- Peña, J. E., Rodrigues, J. C. V., Roda, A., Carrillo, D., y Osborne, L. S. (2009). Predator-prey dynamics and strategies for control of the red palm mite (*Raoiella indica*) (Acari: Tenuipalpidae) in areas of invasion in the Neotropics. Proceedings of the 2nd



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

Meeting of IOBC/WPRS, Work Group Integrated Control of Plant Feeding Mites. Florence, Italy 9–12 March 2009, pp 69–79.
https://www.researchgate.net/publication/258820255_Predator-prey_dynamics_and_strategies_for_control_of_the_red_palm_mite_Raoiella_indica_Acari_Tenuipalpidae_in_areas_of_invasion_in_the_Neotropics

Quesada Moraga, E. (2011). Plagas de insectos y cambio climático. Nuevos retos de futuro. La Pac, la directiva de uso y el cambio climático. *Phytoma, España*, 232.
https://www.phytoma.com/images/pdf/232_PAC_plagas_y_CC.pdf

Quirós-McIntire, E., y Camargo-Buitrago, I. (2011). Respuesta de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.) a las poblaciones de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en Panamá, 2007. *Revista de Protección Vegetal*, 26(1), 30-39.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522011000100005&lng=es&tlng=es.

Quirós-McIntire, E., y Camargo-Buitrago, I. (2013). *Steneotarsonemus spinki* (Smiley, 1967) en cultivares de arroz y su efecto en los componentes del rendimiento. *Ciencia Agropecuaria*, 21, 119-135.
<http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/187>

Rao, J., y Prakash, A. (1996). *Cynodon dactylon* (Linn.) Pers. (Graminae): an alternate host of rice tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley. *J. Appl. Zool. Res.*, 7, 50-51.

Rao, J., y Prakash, A. (2002). Paddy field weed, *Schoenoplectus articulatus* (Linn.) Palla (Cyperaceae): a new host of tarsonemid mite, *Steneotarsonemus spinki* Smiley and panicle thrips, *Haplothrips ganglbaureri* Schmutz. *J. Appl. Zool. Res.*, 13, 174- 175.

Reis, P. R., Souza, J. C., y Vezon, M. (2002). Manejo ecológico das principais pragas do cafeeiro. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, 23 (214/215), 83-99.
<http://www.cecs.unimontes.br/media/k2/attachments/Manejo%20ecologico%20dos>



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

[%20principais%20pragas%20do%20cafeeiro.pdf_f0b7fb9937801f634d79fcd1c7ad7d98.pdf](#)

Ruiz-Montiel, C., Reyes-Pérez, N., Abato-Zárate, M., Domínguez-González, N., y Anastacio-Lino, C. (2020). *Tetranychus mexicanus* asociado a guanábano (*Annona muricata* L.) en Veracruz, México. *Southwestern Entomologist*, 45(3), 815-818. <https://doi.org/10.3958/059.045.0322>

Sanabria, C., y Aguilar, H. (2004). El ácaro del vaneo del arroz (*Steneotarsonemus spinki* L: Tarsonemidae). *Actualidad Fitosanitaria*, 17, 2-4. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AF-0017.pdf>.

Sánchez P., R. (2005). Cultivo del Limón Persa (*Citrus latifolia* L) y sus principales plagas y Enfermedades. Presentada como requisito parcial para obtener el título de: Ingeniero Agrónomo en Producción. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". División Agronomía. https://drive.google.com/file/d/1YKkmJ_d-uVQ_P4hbD10t36ZWmSxNSyh-/view

Santamaria, M.E., Martínez, M., Diaz, I., y Ortego, F. (2021). Fisiología digestiva de ácaros fitófagos: potencial diana para su control. *Boletín SEEA*, 6(2021-22), 45-49. https://digital.csic.es/bitstream/10261/278912/1/SEEA_2022_Bolet%C3%ADn_Santamaria.pdf

Suarez, A. (1991). Ácaros detectados sobre el cultivo del cacaotero (*Theobroma cacao*) en la provincia de Guantánamo. *Protección de Plantas*. <https://oa.mg/work/2523316891>

Toro Sánchez, S., y Mesa Cobo, N. C. (2015). Parámetros poblacionales y comportamiento de *Steneotarsonemus spinki* Smiley (Acari: Tarsonemidae) en el cultivo de arroz. *Protección de Cultivos*, 186-193. <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n2.43936>

Toroitich, F. J., Ueckermann, E. A., Theron, P. D., Knapp, M. (2009). The tetranychid mites (Acari: Tetranychidae) of Kenya and a redescription of the species *Peltanobia*



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

erasmusi Meyer (Acari: Tetranychidae) based on males. *Zootaxa*, 2176, 33–47.
https://www.researchgate.net/publication/45463539_The_Tetranychid_Mites_Acari_Tetranychidae_Of_Kenya_And_A_Redescription_Of_The_Species_Peltanobia_Erasmusi_Meyer_Acari_Tetranychidae_Based_On_Males

Tripathi, P. C. (2022). Rambutan (*Nephelium lappaceum* var. *lappaceum*). In: S.N. Ghosh, y R.R. Sharma (Eds.). Tropical Fruit Crops: Theory to Practical. Narendra. Publishing House. https://www.researchgate.net/publication/354006263_14-Rambutan-542-575

Trujillo Regalado, D. X. (2014). Microorganismos asociados a la pudrición blanda del tallo y manchado del fruto en el cultivo de pitahaya amarilla en Ecuador. Tumbaco - Pichincha. Tesis de grado previa a la obtención del título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2494/1/T-UCE-0004-77.pdf>

Tseng, Y. H. (1984). Mites associated with weeds, paddy rice, and upland rice fields in Taiwan. In: Griffiths, Bowman (eds.). Ácarology VI, vol. 2. Ellis Horwood, Chichester, Reino Unido. p. 770-780.

Vasconcelos, G.J.N., de Lima, S.C., y da Silva, N.M. (2012). Ocorrência do ácaro branco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) em Jambu *Spilanthes oleracea* e outras plantas hospedeiras no Estado do Amazona. *Agroecossistemas*, 4(1), 81-86.
<https://periodicos.ufpa.br/index.php/agroecossistemas/article/view/1052/1591>

Villamar Libero, B. E. (2021). Identificación de ácaros en el cultivo de mango (*Mangifera indica* L.) en los cantones Isidro Ayora, Pedro Carbo Y Guayaquil, provincia del Guayas. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencia Agrarias Carrera: Ingeniería Agronómica.
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56261/1/Villamar%20Liberio%20Briggite%20Estefan%c3%ada.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/)

Wang, H. F. (1981). Two new species of *Tetranychus* from China (Acarina: Tetranychidae). *Acta Zootaxonomica Sinica*, 6, 162-166.

<https://eurekamag.com/research/001/026/001026301.php>

Welbourn, C. (2006). Red palm mite, *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae). In: Florida Department of Agriculture and Consumer Services. *Pest Alert*, DACS-P-01645

https://ccmedia.fdacs.gov/content/download/66454/file/Pest_Alert_Raoiella_indica_Red_palm_mite.pdf

Zhovnerchuk, O., y Auger, P. (2019): Spider mites (Acari: Tetranychidae) from the Black Sea Biosphere Reserve (Ukraine): faunistic survey, reinstatement of the genus *Georgiobia* Wainstein, 1960 and description of a new species. *Zootaxa*, 4559(2), 321-338. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4559.2.6>

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuario de Panamá (IDIAP), Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Universidad de Costa Rica y a la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación de Panamá. Este estudio se desarrolló dentro del proyecto "Estudio de ácaros fitófagos asociados a mango y marañón y alternativas biológicas para su control" con código institucional de IDIAP 501.B.1.30 (FIED21-003 con código de proyecto 095-2022). Se agradece al Centro de Investigaciones Agroecológicas del Pacífico Central de Panamá - AIP.



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

GÉNERO *Agrotis* OCHSENHEIMER, 1816 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) Y SU IMPORTANCIA COMO PLAGAS DE CULTIVOS HORTÍCOLAS¹

Javier E. Pittí C.²; Rubén D. Collantes G.³

RESUMEN

La familia Noctuidae (Lepidoptera), comprende especies plaga de importancia en cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), así como para el comercio local y las agroexportaciones. El género *Agrotis* Ochsenheimer, 1816, llamados comúnmente “gusanos cortadores”, es uno de los principales problemas luego de la siembra o trasplante en hortalizas y pueden ocasionar la muerte de varias plántulas. El presente trabajo consiste en una revisión sistemática sobre dichos insectos y su importancia como plaga en cultivos hortícolas. Para ello, se consultó un total de 53 referencias relacionadas con la materia, abarcándose aspectos relevantes como taxonomía, especies reconocidas, daños que ocasionan en los cultivos y alternativas de manejo recomendadas. De acuerdo con los resultados, el género *Agrotis* está constituido por más de 300 especies reconocidas, destacando en el continente americano *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Agrotis malefida* Guénée, 1852 y *Agrotis robusta* (Blanchard, 1852). Entre los cultivos más afectados por las larvas están papa, tomate, hortalizas de hoja y cebolla; en este último las larvas pueden ascender al follaje para alimentarse. Entre las alternativas de manejo integrado de plagas (MIP) recomendadas, se tienen el monitoreo de adultos mediante trampas de luz, siendo el umbral de acción cinco especímenes por trampa; el control cultural eliminando arvenses y colocando cebos; como enemigos naturales, se tienen los parasitoides de las familias Ichneumonidae (Hymenoptera) y Tachinidae (Diptera), así como organismos entomopatógenos (hongos y nematodos); respecto al control químico, indoxacarb y cipermetrina son algunos ingredientes activos utilizados, pero como último recurso.

Palabras clave: Cebolla, gusano cortador, MIP, plántulas, trasplante.

¹Recepción: 04 de enero de 2024. Aceptación: 04 de abril de 2024. Proyecto IDIAP 501.A.1.60: Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. Ph.D. Biología de Organismos. e-mail: pittjavier28@hotmail.com; ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

³IDIAP, 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>



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

GENUS *Agrotis* OCHSENHEIMER, 1816 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) AND ITS IMPORTANCE AS PESTS OF HORTICULTURAL CROPS

ABSTRACT

Family Noctuidae (Lepidoptera) includes pest species of importance in strategic crops for food and nutrition security (FNS), as well as for local trade and agro-exports. The genus *Agrotis* Ochsenheimer, 1816, commonly called “cutworms”, is one of the main problems after planting or transplanting vegetables and can cause the death of several seedlings. This work consists of a systematic review of these insects and their importance as pests in horticultural crops. To do this, a total of 53 references related to the subject were consulted, covering relevant aspects such as taxonomy, recognized species, damage they cause to crops and recommended management alternatives. According to the results, the genus *Agrotis* is made up of more than 300 recognized species, of which *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Agrotis malefida* Guénée, 1852 and *Agrotis robusta* (Blanchard, 1852) stand out in the American continent. Among the crops most affected by larvae are potatoes, tomatoes, leafy vegetables and onions; In the latter the larvae can ascend to the foliage to feed. Among the recommended integrated pest management (IPM) alternatives, there are monitoring of adults using light traps, with the action threshold being five specimens per trap; cultural control by eliminating weeds and placing baits; As natural enemies, there are parasitoids of the Ichneumonidae (Hymenoptera) and Tachinidae (Diptera) families, as well as entomopathogenic organisms (fungi and nematodes); Regarding chemical control, indoxacarb and cypermethrin are some used active ingredients, but as the last option.

Key words: Cutworm, IPM, onion, seedlings, transplant, vegetables.

INTRODUCCIÓN

La familia Noctuidae es considerada el grupo de Lepidoptera más biodiverso y de suma importancia, debido a los impactos económicos ocasionados por sus formas inmaduras denominadas larvas o comúnmente llamadas “gusanos” (Parra et al., 2014). En estudios desarrollados en Chile, se identificaron las 13 especies de artrópodos de mayor importancia como plagas agrícolas y forestales, destacando la familia Noctuidae con cinco especies: *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766), *Copitarsia turbata* (Herrich-Schaeffer, 1855), *Feltia* (= *Agrotis*) *subterranea* (Fabricius, 1794), *Helicoverpa zea* (Boddie, 1850) y *Peridroma saucia* (Hübner, 1808) (Klein y Waterhouse, 2000).



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 los rubros afectados por larvas del género *Agrotis* Ochsenheimer, 1816, se tienen arroz, cebolla, solanáceas, hortalizas de hoja y cucurbitáceas (Ríos y Baca, 2006; Muştu et al., 2021; Marquínez et al., 2022). Cerca del 93% de la población panameña consume diariamente 158 g de arroz, siendo la base de la dieta (Sánchez-Galán, 2020); la papa está compuesta por agua, almidón, minerales, vitaminas (B11, B2, B6, A, C, H y K) y es la principal fuente energética para más de dos mil millones de personas en países en vías de desarrollo (Panamá América, 2012), siendo junto con la cebolla los principales cultivos en Tierras Altas, Chiriquí (Herrera et al., 2021). Se estima que los productores de esta parte del territorio nacional producen 400 mil quintales (18,4 mil t) de cebolla al año (70% del consumo nacional); mientras que en papa a nivel nacional se producen 600 mil quintales (27,6 mil t) (Vásquez, 2023).

Respecto a los ajíes y pimentones, son producidos en varias regiones del país, siendo importantes en la gastronomía panameña y aportan fibra, antioxidantes, ácido fólico, carotenos, betacarotenos, vitaminas (A, C, K, E, B1, B2, B3 y B6) y minerales (fósforo, hierro, magnesio y potasio) (Instituto de Mercadeo Agropecuario [IMA], 2021). De modo similar, el consumo de hortalizas como repollo y brócoli brinda aportes nutricionales relevantes en la dieta (IMA, 2021) y las cucurbitáceas como melón y sandía son rubros estratégicos en materia de agroexportaciones (Berrío, 2023).

Actualmente, se encuentra en ejecución el proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá [IDIAP], 2022a), el cual contempla entre sus objetivos identificar las especies de insectos asociados a estos rubros estratégicos; encontrándose especies depredadoras (Collantes et al., 2023c; Collantes-González y Santos-Murgas, 2023), parasitoides (Collantes et al., 2023b), polinizadoras (Collantes et al., 2023a), omnívoras (Collantes et al., 2021) y fitófagas (Collantes et al., 2022a, b; Collantes, 2023), destacando en este último grupo afectaciones causadas por larvas de *Agrotis ipsilon* (Figura 1) (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/)

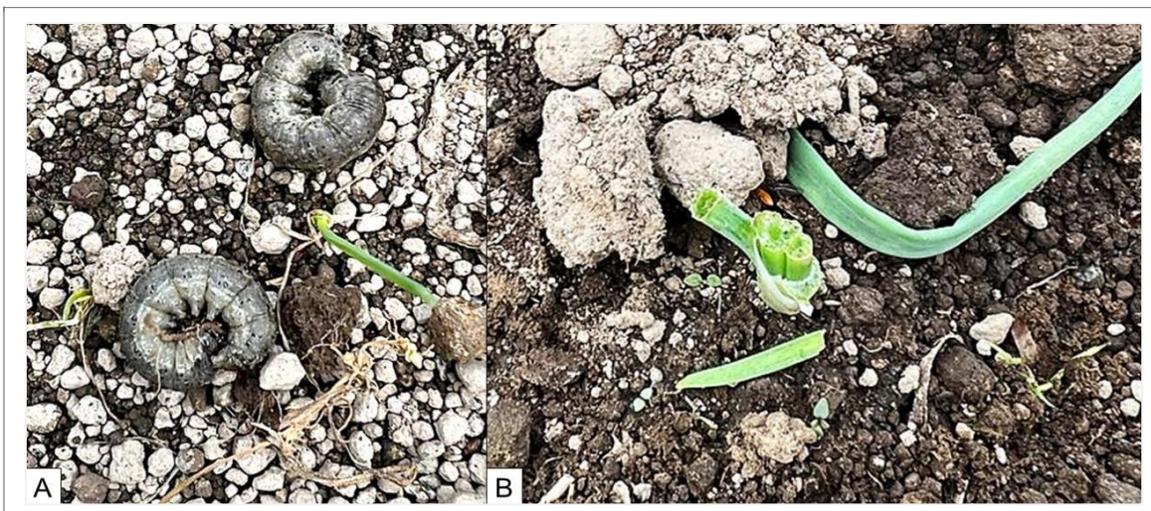


Figura 1. Larvas de *A. ipsilon* (A) y daño por corte en cebolla trasplantada (B), Cerro Punta.

Lo anterior deja de manifiesto que, cualquier problema en materia fitosanitaria que esté relacionada con estos cultivos de SAN merece ser estudiado. El presente trabajo tuvo por objetivo desarrollar una revisión sistemática sobre el género *Agrotis* y su importancia como plaga en hortalizas. Para ello, se consultó un total de 53 referencias relacionadas con la materia, cubriéndose aspectos como taxonomía, especies relevantes, daños que ocasionan en los cultivos y alternativas de manejo recomendadas.

DESARROLLO

Taxonomía y ciclo de vida del género *Agrotis*

El género *Agrotis* es de amplia distribución mundial (excepto en los polos), comprendiendo unas 321 especies reconocidas (Global Biodiversity Information Facility [GBIF], 2024). Según San Blas (2014), las especies de *Agrotis* se caracterizan por la forma de la *vesica* genital del macho; la cual es un tubo alargado, membranoso y escobinado, con una banda basal espinosa. Esto corresponde con el *appendix bursae* de la genitalia femenina, más larga que el *corpus bursae* y gira de una a varias veces dentro del abdomen (Common, 1954).

De acuerdo con Lafontaine (2004), se tienen estos caracteres de diagnóstico: en los genitales masculinos, *vesica* larga y en forma de bucle, con una hinchazón basal 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/)

numerosos lóbulos y ausencia de divertículos medial y apical; ápice del *aedeagus* en forma de gancho en el lado derecho; válvula con hinchazón redonda diferenciada entre la base del cláster y la costa; *appendix bursae* de los genitales femeninos largas y en forma de bucle, correspondientes a la *vesica* del *aedeagus*.

Más en detalle, San Blas y Barrionuevo (2013), redescubrieron la especie *Agrotis robusta* (Blanchard, 1852), la cual había sido confundida con otra especie cercana, *Agrotis malefida* Guénée, 1852 y elaboraron una clave para identificar adultos macho y hembra de *A. robusta*, *A. malefida* y *A. ipsilon*; además de presentar una ilustración del hábito (en donde se observa la predominancia del color marrón oscuro en el cuerpo) y la genitalia de cada especie (Figura 2).

Otros caracteres que ayudan a identificar las especies de *Agrotis* son la antena masculina nunca doblemente biserrada, la banda costal del ala anterior del mismo color que el fondo del ala anterior o más oscura (nunca más clara) y la línea posmedial del ala anterior sin proyecciones basales fuertes en la mitad posterior. Además, se han propuesto tres grupos de especies: *edmondsi*, *fausta* y *robusta* (GBIF, 2024).

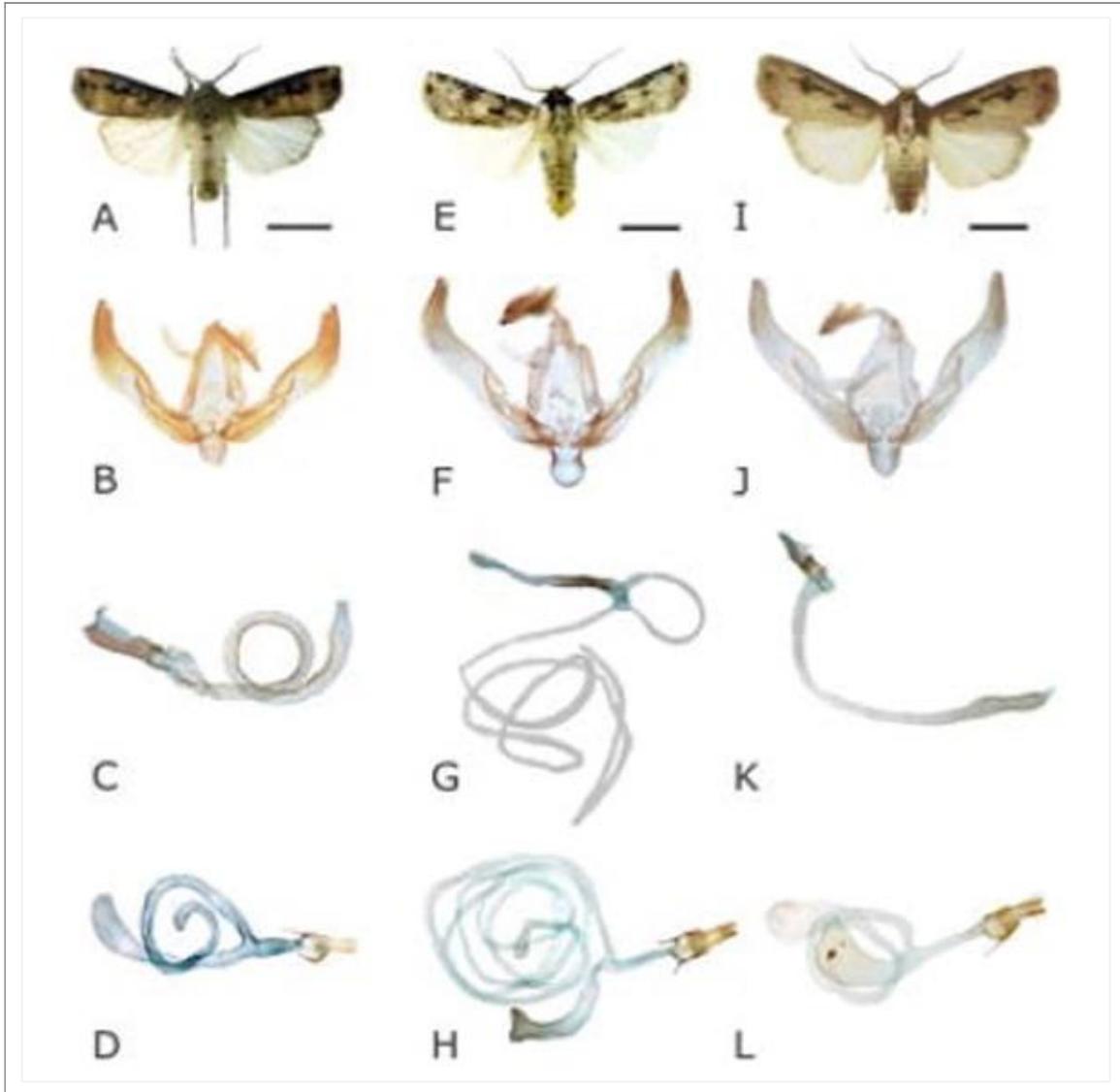
Adicionalmente, según GBIF (2024), las especies de *Agrotis* se pueden diferenciar de otros géneros de Noctuidae sudamericanos por los siguientes caracteres:

- *Aedeagus* con la mitad posterior esclerotizada y la mitad anterior ligeramente esclerotizada, casi membranoso en algunas especies, confundándose con el *bulbus ejaculatorius* (grupo *fausta*).
- *Aedeagus* proyectado hacia la *vesica* de la siguiente manera: una franja dorsal con la mitad posterior proyectada ventro-lateralmente por el margen derecho, una franja ventrolateral derecha y una franja cercana a esta última, a modo de banda con 1/3 posterior formando un 1/4 de una espiral.
- *Vesica* con divertículo basal derecho presente o ausente en algunas especies.
- *Vesica* con divertículos posbasal, medial, subapical y apical ausentes.
- *Vesica* sin *cornuti*.



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

- Tergo ocho esclerotizado como un rectángulo longitudinal, ligeramente estrechado anteriormente, con un área membranosa anterior y una banda anterior ligeramente esclerotizada y proyectada lateralmente.



Fuente: San Blas y Barrionuevo (2013).

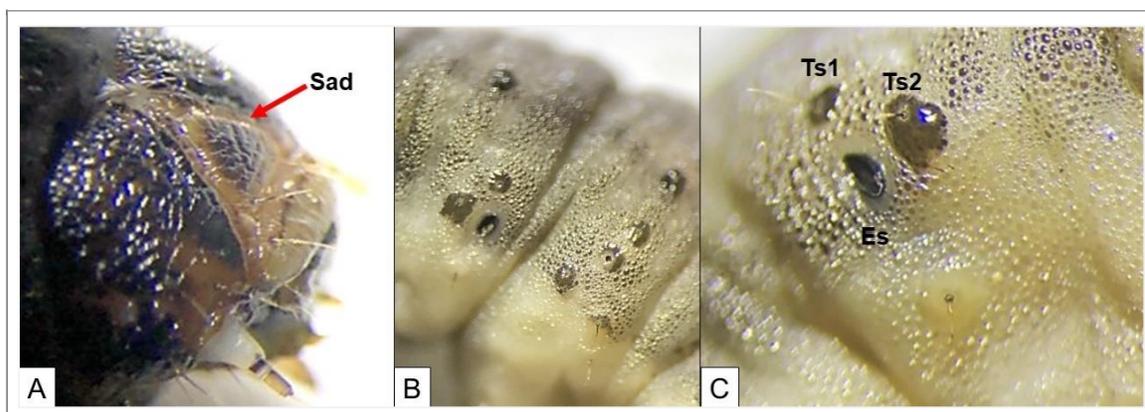
Figura 2. Adulto, genitalia masculina, aedeagus y genitalia femenina de *Agrotis ipsilon* (A-D); *A. malefida* (E-H) y *A. robusta* (I-L). Barra de la escala = 1 cm.



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

Recientemente, se ha descrito el subgénero *Papuagrotis* Vink & Zilli, 2022, el cual contiene tres especies de Papúa, Nueva Guinea: *Agrotis (Papuagrotis) habbema* Vink & Zilli, 2022, *A. (P.) bintangus* Vink & Zilli, 2022 y *A. (P.) minutus* Vink & Zilli, 2022; ocupándose, como en los demás casos, caracteres morfológicos internos y externos de los adultos para la identificación (Vink et al., 2022). Este hallazgo remarca la necesidad de continuar investigando la taxonomía del género, lo cual también contempla trabajos de secuenciación genómica (Garretas et al., 2018; Wawman, 2023).

Por otro lado, las larvas de *Agrotis* también poseen caracteres de diagnóstico que permiten diferenciarlas entre especies, como la sutura adfrontal, los gránulos de la cutícula, el tamaño y posición de los tubérculos setáceos respecto al espiráculo (Es) en los segmentos abdominales, por mencionar algunos (Oliver y Chapin, 1981) (Figura 3).



Fuente: Collantes (2021).

Figura 3. Caracteres de diagnóstico en larvas de *Agrotis ipsilon*: A) Sutura adfrontal (Sad) en la cabeza; B) Cutícula; C) Tubérculos setáceos (Ts1 y Ts2) y espiráculo (Es).

Respecto al ciclo de vida, Capinera (2006), ilustró el de *A. ipsilon*, el cual, en condiciones de Canadá, varía entre 35 y 60 días; pudiendo darse entre una y cuatro generaciones o más por año, dependiendo del clima predominante del lugar. El autor indicó además que los adultos tienen una expansión alar de 40 a 55 mm y un periodo de preoviposición de siete a 10 días; siendo las hembras capaces de colocar hasta 1900 huevos distribuidos en grupos.



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

Así mismo, los huevos eclosionan de tres a seis días luego de la puesta, tras lo cual pueden darse de cinco a nueve estadios larvales, siendo lo común seis o siete (Cuadro 1); durando esta etapa entre 20 y 40 días, la cual está fuertemente influenciada por la temperatura (27° C es la óptima) y los estadios larvales I – V se desarrollan mejor con humedades más altas (Capinera, 2006).

Cuadro 1. Dimensiones y duración de estadios larvales de *A. ipsilon*, adaptado de Capinera (2006).

Estadio larval	Acc* (mm)	Lc** (mm)	Del*** (días)
I	0,26 – 0,35	3,5	6
II	0,45 – 0,53	5,3 – 6,2	5
III	0,61 – 0,72	7	4,6
IV	0,90 – 1,60	10	4,3
V	2,1 – 2,8	20 – 30	5,6
VI	3,2 – 3,5	30 – 45	4
VII	3,6 – 4,3	50	-
VIII	3,7 – 4,1	50	-

*Acc = Ancho de la cápsula cefálica; **Lc = Longitud del cuerpo de la larva; ***Del = Duración media del estadio larval, a 22° C.

Otro aspecto importante en la etapa adulta de las polillas es la dieta. Force et al. (2023), determinaron que, en machos adultos, la calidad de la dieta está estrechamente relacionada con la madurez reproductiva; encontrando que, una alimentación rica en azúcares como la glucosa, fructosa y sacarosa, acompañada de sodio (presente en aguas encharcadas visitadas por las polillas), mejoran el desarrollo de las glándulas sexuales accesorias; además de facilitar que a partir del tercer día estén en condiciones de aparearse.

Especies de *Agrotis* de importancia agrícola y daños en los cultivos

De acuerdo con Lafontaine (2004), dos de las especies de mayor importancia económica como plagas en Norteamérica son *Agrotis ipsilon* y *A. orthogonia* Morrison, 1876; las cuales, junto con otras especies de los géneros *Peridroma*, *Euxoa* y *Feltia*, son frecuentes en áreas agrícolas y se reconocen fácilmente sus larvas, pero solamente los hábitos y hospedantes han sido reportados para pocas especies. *A. ipsilon* cuenta con un amplio rango de plantas hospedantes, como alfalfa, trébol, algodón, arroz, sorgo, fresa, remolacha azucarera, tabaco, cereales y gramíneas (Capinera, 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/)

Otras especies de importancia económica en el continente americano son *Agrotis* (= *Feltia*) *experta* (Walker, 1869), *A. malefida* y *A. robusta*, siendo la última confundida con frecuencia con *A. malefida* y con *A. ipsilon* (San Blas y Barrionuevo, 2013); para lo cual se recomienda consultar la clave de identificación de especies del género para Suramérica elaborada por San Blas (2014). Los cultivos afectados por estas especies son papa, tomate, tabaco, algodón, acelga, leguminosas, por citar algunos (San Blas, 2014).

Como se ilustró previamente (Figura 1), afectan principalmente las plántulas jóvenes. Las larvas cortan los tallos a ras del suelo, provocando la muerte de las plántulas; larvas pequeñas producen raspado de tallos debilitándolos y comprometiendo el crecimiento normal. Ante la presencia de malezas, el cultivo puede ser más susceptible de ser atacado por los gusanos cortadores (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura [IICA], 2010).

Alternativas de Manejo Integrado de Plagas (MIP) recomendadas para *Agrotis*

Al confrontar problemas en campo con *Agrotis*, resulta complicado porque las larvas permanecen enterradas en el suelo durante el día, siendo más activas por la noche; además de que las plantas hospedantes también tienen un efecto en el desarrollo y capacidad reproductiva de *Agrotis*, encontrándose que el repollo chino (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*), es apropiada para el establecimiento y multiplicación de la plaga (Lee et al., 2023), por lo que, al momento de implementar estrategias de manejo para otras plagas (como la rotación e incorporación de repollo en el campo), es necesario considerar estos aspectos.

En el manejo integrado de plagas (MIP), además de las labores culturales, se pueden considerar alternativas como el uso de insecticidas botánicos, agentes de control biológico, reguladores de crecimiento y nanopartículas (Yangchan et al., 2022). Como prácticas culturales para prevenir el ataque de *Agrotis*, se tienen el arado profundo en época seca, la utilización de materia orgánica bien descompuesta, rotación de cultivos, manejo de fechas de siembra, cultivos intercalados (*Triticum aestivum* L., *Linum usitatissimum* L. y *Sinapis alba* L.), eliminación manual de huevos y larvas y trampas 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/)

luz para adultos, no tener cultivos hospedantes cercanos y cultivar clavel chino o marigold (*Tagetes* spp.), en los límites del campo (Joshi et al., 2020).

Como insecticidas botánicos para *Agrotis*, se tienen el extracto acuoso de la flor de *Tagetes erecta* L., la cual entre sus componentes naturales tiene piretrina que sirve para controlar varias plagas (Mishra et al., 2023). También, el aceite esencial de cáscara de limón posee propiedades insecticidas potenciadas al aplicar nanotecnología en su formulación (Ahmed et al., 2023). Así mismo, en Egipto se evaluó para controlar larvas de *A. ipsilon* el extracto en etanol de *Nigella sativa* L. (comino negro), subproducto de la recolección de semillas rico en compuestos fenólicos; lo cual representaría un insecticida sustentable aprovechando un desperdicio agrícola (Farouk et al., 2023).

Otro uso posible para los aceites esenciales es el de atrayentes de polillas adultas. Plantas como el romero, la manzanilla y el geranio contienen componentes que son atractivos para machos y hembras de *Agrotis* y *Spodoptera* (Ibrahim et al., 2023); además, es meritorio señalar que dichas especies vegetales son de amplia distribución y están presentes tanto en ambientes agrícolas como en áreas urbanas y periurbanas, por lo que son insumos relativamente fáciles de conseguir a bajo costo.

Por otro lado, los nemátodos entomopatógenos de los géneros *Heterorhabditis* y *Steinernema* (Nematoda: Rhabditida), han demostrado ser eficaces aliados y una alternativa más sustentable frente al uso de plaguicidas de síntesis (Kumar et al., 2022; Ghoneim et al., 2023). En Panamá, se ha trabajado la bioprospección y conservación de cepas nativas de nemátodos entomopatógenos en diversos agroecosistemas (Candanedo-Lay et al., 2020); con miras a su posible aplicación para el control de plagas de importancia agrícola como *A. ipsilon* (IDIAP, 2022b). También se puede controlar *A. ipsilon* con formulaciones de *Bacillus thuringiensis* (Constantino, 2020).

Otro agente de control biológico que ha demostrado ser eficaz para el control de *Agrotis* ha sido el *Agrotis segetum granulovirus* (*AgseGV*); el cual, mediante un modelo matemático depredador-presa entre *A. segetum* (Denis & Schiffermüller, 1775) y *Zea mays* L. (maíz), permitió demostrar que, si la tasa de incremento del virus aumenta, el coeficiente



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 depredación de *A. segetum* sobre el maíz disminuye (Maulana et al., 2020). En este sentido, también se han encontrado otras especies de virus, como el *Agrotis exclamationis nucleopolyhedrovirus* (AgexNPV) (Wennmann et al., 2014).

Respecto al uso de insecticidas, Lezcano et al. (2004), indicaron que los ingredientes activos indoxacarb y cipermetrina demostraron ser eficaces para el control de *A. ipsilon*; mientras que Pittí et al. (2019), mediante ensayos de laboratorio con *Periplaneta americana* L., 1758 (Blattodea: Blattidae), determinaron que el indoxacarb y el piretroide deltametrina eran sinérgicos y se podría potenciar su efecto insecticida para controlar plagas, reduciendo así las dosis de ingrediente activo, derivando ello en un menor costo por control químico y menor riesgo de afectación a organismos que no son objeto de control.

Por su parte, García-Gutiérrez et al. (2012), recomendaron insecticidas a base de fermentos de *Saccharopolyspora spinosa* Mertz y Yao, 1990, los cuales en combinación con el virus de poliedrosis nuclear resultan ser sinérgicos para el control de Lepidoptera y Diptera, sin comprometer especies parasitoides; sin embargo, el spinosad (producto derivado de *S. spinosa*), es tóxico para las abejas (*Apis mellifera* L.), por lo que es necesario tomar las debidas precauciones al momento de su utilización. Por otro lado, se ha encontrado que las larvas de *Agrotis* tienen tolerancia a algunos insecticidas, mediante la presencia de bacterias simbioses presentes en su tracto digestivo (EIKraly et al., 2023) o también gracias a enzimas como la Glutación S – transferasas (Yang et al., 2023).

En cuanto a las nanopartículas, se ha encontrado que algunos actinomicetos son capaces de biosintetizar nanopartículas de plata (bio-AgNPS), las cuales tienen un efecto muy tóxico sobre *A. ipsilon* en comparación con la formulación original de nitrato de plata; es decir, que se puede controlar las poblaciones del insecto utilizando dosis bajas del innovador insecticida nanocompuesto sintético, disminuyendo el impacto ambiental y la resistencia de las plagas a plaguicidas comunes al causar cambios enzimáticos e histológicos en los individuos tratados (El-Enain et al., 2023).



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 lo referido a enemigos naturales, se tienen: parasitoides de huevos *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Scelionidae); parasitoides de larvas *Linnaemya comta* (Fallén, 1810), *Gonia lineata* Macquart, 1851, *Eucelatoria heliothis* Sabrosky, 1981 y *Architas cirphis* Curran, 1927 (Diptera: Tachinidae), *Cotesia marginiventris* (Cresson 1865), *C.* (= *Apanteles*) *congregata* (Say, 1836), *Meteorus* sp. (Hymenoptera: Braconidae), *Ophion flavidus* Brulle, 1846 (Hymenoptera: Ichneumonidae) y *Conura* (= *Spilochalcis*) *femorata* (Fabricius, 1775) (Hymenoptera: Chalcididae); depredadores como *Polistes* sp. (Hymenoptera: Vespidae), *Zelus* sp. (Hemiptera: Reduviidae) y *Podisus* sp. (Hemiptera: Pentatomidae) (Constantino, 2020).

CONCLUSIONES

- El género *Agrotis* sigue siendo una plaga de importancia en diversos rubros, en especial en hortalizas como la cebolla, la papa y cultivos de hoja como la lechuga y el repollo. Esto amerita que, desde el establecimiento hasta la cosecha, se mantenga un monitoreo activo de los insectos y establecer umbrales de acción (por ejemplo, cinco especímenes adultos por trampa de luz o aplicar alternativas de control al detectarse los primeros daños por corte en campo).
- Por otro lado, el desarrollo de estrategias nanotecnológicas podría contribuir con un manejo sostenible de estas plagas, a razón de disminuir la dosis de ingredientes activos (como la cipermetrina y el indoxacarb, que suelen ser utilizados por su eficacia); reduciendo además fenómenos de resistencia mediante el aprovechamiento de sinergias entre diferentes compuestos. Es necesario continuar ampliando este campo de investigación en áreas estratégicas como las Tierras Altas de Chiriquí.
- Si bien lo anterior deja de manifiesto las mejoras a desarrollar en los sistemas productivos, se requiere contar con la participación activa de los productores, a fin de validar y empoderar a los mismos con agrotecnologías que sean económicamente viables, ambientalmente responsables y socialmente justas.



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

- Ahmed, H., Nassrallah, A., Abdel-Raheem, M., y Elbehery, H. (2023). Lemon peel essential oil and its nano-formulation to control *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae). *Scientific Reports*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-023-44670-x>
- Berrío, L. (2023). *Exportaciones de cucurbitáceas aumentarán 33%*. Agencia de Noticias Panamá. <https://www.anpanama.com/Exportaciones-de-cucurbitaceas-aumentaran-33-13736.note.aspx>
- Candanedo-Lay, E., Aranda-Caballero, G., Cabezón-Puchicama, A., y Reina-Peña, L. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nemátodo entomopatógeno *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (30), 139-149. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/133>
- Capinera, J. (2006). *Black cutworm*. University of Florida, EENY-395. https://entnemdept.ufl.edu/Creatures/veg/black_cutworm.htm
- Collantes, R. (2021). *Gusano cortador (Agrotis ipsilon) que afecta los cultivos de hortalizas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*. Folleto No. 1, Proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. IDIAP, Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí – Panamá. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19587.02086>
- Collantes, R. (2023). Pulgón de la cebolla, *Neotoxoptera formosana* Takahashi, 1921 (Hemiptera: Aphididae), en Cerro Punta, Chiriquí. *Ciencia Agropecuaria*, (37), 204-213. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/623>
- Collantes, R., Del Cid, R., Santos-Murgas, A., y Atencio, R. (2023a). Importancia de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos.



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

Revista Semilla Del Este, 3(2), 8-26.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/article/view/3755

Collantes, R., Pittí, J., Santos-Murgas, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022a). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30.
https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924

Collantes, R., Santos-Murgas, A., Atencio, R., y Pittí, J. (2021). Chinche *Stenomacra marginella* (Hemiptera: Largidae) asociado con el girasol mexicano *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Peruvian Agricultural Research*, 3(2), 74-79. <https://doi.org/10.51431/par.v3i2.704>

Collantes, R., Santos-Murgas, A., y Pittí, J. (2023b). Distribución de *Pelecinus polyturator* (Drury, 1773) (Hymenoptera: Proctotrupeoidea: Pelecinidae) en la Región Occidental, Panamá. *Scientia*, 33(1), 115-125.
<https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/3536>

Collantes, R., Santos, A., Pittí, J., Atencio, R., Barba, A., y Cardona, J. (2022b). Larvas urticantes (Lepidoptera) asociadas con cultivos hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Manglar*, 19(2), 161-166. <http://doi.org/10.17268/manglar.2022.020>

Collantes, R., Santos-Murgas, A., Pittí, J., Atencio, R., y Jerkovic, M. (2023c). 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>

Collantes-González, R., y Santos-Murgas, A. (2023). Escarabajo tigre (Coleoptera: Cicindelidae) asociado a laderas con cultivos hortícolas en Silla Pando, Volcán, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigación Agraria*, 5(3), 50-57.
<https://doi.org/10.47840/ReInA.5.3.1913>



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

- Common, I. F. B. (1954) A study of the ecology of the adult bogong moth, *Agrotis infusa* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae), with special reference to its behaviour during migration and aestivation. *Australian Journal of Zoology*, 2, 223-263. <http://dx.doi.org/10.1071/zo9540223>
- Constantino, L. M. (2020). El control biológico natural. En P. Benavides Machado y C. E. Góngora (Eds.), *El Control Natural de Insectos en el Ecosistema Cafetero Colombiano* (pp. 36-67). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0001_3
- El-Enain, I., Elgady, E., El-said, E., Salem, H., Badr, N., Abd-Allah, G., y Rezk, M. (2023). Biosynthesized silver nanoparticles (Ag NPs) from isolated actinomycetes strains and their impact on the black cutworm, *Agrotis ipsilon*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 194, 105492. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2023.105492>
- ElKraly, O. A., Awad, M., El-Saadany, H. M., Hassanein, S. E., Elrahman, T. A., y Elnagdy, S. M. (2023). Impact of gut microbiota composition on black cutworm, *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) metabolic indices and pesticide degradation. *Animal Microbiome*, 5(44). <https://doi.org/10.1186/s42523-023-00264-6>
- Farouk, A., Elbehery, H., Embaby, H., Abdel-aziz, N., El-wahab, T., Abouamer, W., y Hussein, H. (2023). Phenolics from *Nigella sativa* L. straw: Characterization and insecticidal activity against *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel). *Heliyon*, 9(12), e22995. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e22995>
- Force, E., Couzi, P., Dacher, M., y Debernard, S. (2023). Diet Impacts the Reproductive System's Maturation in the Male Moth *Agrotis ipsilon* (Noctuidae, Lepidoptera). *Journal of Insect Physiology*, 148, 104532. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jinsphys.2023.104532>
- García-Gutiérrez, C., González-Maldonado, M. B., y Cortez-Mondaca, E. (2012). Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, 8(3b), 57-70. <https://www.redalyc.org/pdf/461/46125177007.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/)

- Garretas, V., Blázquez, A., y Gaytán, A. (2018). Una especie nueva del género *Agrotis* Ochsenheimer, 1816 de Cáceres (España) (Lepidoptera: Noctuidae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.)*, (62), 89-99. https://www.researchgate.net/publication/325147163_Nueva_especie_del_genero_Agrotis_Ochsenheimer_1816_LepidopteraNoctuidae_Agrotis
- Global Biodiversity Information Facility. (2024). *Agrotis Ochsenheimer, 1816*. Global Core Biodata Resource. <https://www.gbif.org/species/8407958/treatments>
- Ghoneim, K., Tanami, M., Hassan, H. A., y Bakr, N. A. (2023). Pathogenicity of the Entomopathogenic Nematodes, *Steinernema carpocapsae* and *Heterorhabditis bacteriophora*, against the Black Cutworm *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae). *European Journal of Applied Sciences*, 11(2), 526-562. <http://dx.doi.org/10.14738/aivp.112.14356>
- 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://doi.org/10.18271/ria.2021.329>
- Ibrahim, S., Omer, E., Fouad, R., y El Gendy, A. (2023). Attractiveness of *Spodoptera frugiperda* and *Agrotis ipsilon* Moths to Different Essential Oils Using Y-tube. *Asian Journal of Advances in Research*, 6(1), 260-281. https://www.researchgate.net/publication/371418163_Attractiveness_of_Spodoptera_frugiperda_and_Agrotis_ipsilon_Moths_to_Different_Essential_Oils_Using_Y-tube
- Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022a). *Investigación e innovación en el manejo del cultivo de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí*. Iniciativas y Proyectos. https://proyectos.idiap.gob.pa/proyectos/Investigacion_e_innovacion_en_el_manejo_del_cultivo_de_cebolla_en_Tierras_Altas_Chiriqui/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/)

Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. (2022b). *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>

Instituto de Mercadeo Agropecuario. (2021). *Catálogo de rubros cultivados en Panamá*. República de Panamá, Gobierno Nacional. https://web.ima.gob.pa/wp-content/uploads/2021/04/CATALOGO-RUBROS-2021_28_04.pdf

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2010). Guía de identificación y manejo integrado: plagas del frijol en Centroamérica. IICA, Proyecto Red SICTA, Cooperación Suiza en América Central – Managua. <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/11342/BVE20087977e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Joshi, M., Raj, P., Solanki, C., y Vaishalikumari, B. (2020). Potato Cutworm, *Agrotis ipsilon*: An Overview and their Management. *Agriculture & Food: e-Newsletter*, 2(5), 188-191. https://www.researchgate.net/publication/341120849_Potato_Cutworm_Agrotis_ipsilon_An_Overview_and_their_Management

Klein, C., y Waterhouse, D. (2000). *The distribution and importance of arthropods associated with agriculture and forestry in Chile (Distribución e importancia de los artrópodos asociados a la agricultura y silvicultura en Chile)*. ACIAR Monograph No. 68, 234 pp. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/40217/NR26605.pdf?sequence=1>

Kumar, D., Kumari, P., Kamboj, R., Kumar, A., Banakar, P., y Kumar, V. (2022). Entomopathogenic nematodes as potential and effective biocontrol agents against cutworms, *Agrotis* spp.: present and future scenario. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s41938-022-00543-5>



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

- Lafontaine, J. D. (2004). Noctuoidea: Noctuidae (part), Noctuinae (part–Agrotini). In: Hodges, R.W. (Ed.), *The moths of North America*, fascicle 27.1. Wedge Entomological Research Foundation, Washington, D.C., 385 pp. <https://images.peabody.yale.edu/mona/27-1-ocr.pdf>
- Lee, Y. – S., Lee, H. – A., Kim, G. – H., y Baek, S. (2023). Effects of host plant on the development and reproduction of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) on horticultural crops. *Heliyon*, 9(7), e17836. <http://dx.doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e17836>
- Lezcano, J., Bernal, 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. *Ciencia Agropecuaria*, (16), 97-108. <http://revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/228>
- Marquínez, L., Gutiérrez, J., Gordón, R., Collantes, R., Pittí, A., y Martínez, M. (2022). Caracterización de los sistemas de producción de cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. [Póster, II Simposio Científico CINAP, 14 de octubre de 2022]. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.13986.09929>
- Maulana, A., Aldilay, D., Utama, S., y Safitri, E. (2020). Model of predator-prey for interaction between *Agrotis segetum* and *Zea mays*. *AIP Conference Proceedings*, 2296(1), 020088. <https://doi.org/10.1063/5.0030422>
- Mishra, S., Chitranshi, R., Shekher, R., Saini, M., Goyal, D., Kumar, R., Narayan, S., Srivastava, S. P., Kumar, A., y Katiyar, S. (2023). A study of dry flower extract of *Tagetes erecta* as herbal pesticides on larval mortality and emergence of *Agrotis ipsilon*. *European Chemical Bulletin*, 12(Special Issue 4), 18698-18705. <https://www.eurchembull.com/uploads/paper/850730a3227a2291866218dac7569b69.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/)

Muştu, M., Aktürk, M., Akkoyun, G., y Çakır, S. (2021). Life tables of *Agrotis ipsilon* (Hufnagel) (Lepidoptera: Noctuidae) on different cultivated plants. *Phytoparasitica*, 49(2), 21-31. <https://doi.org/10.1007/s12600-020-00868-7>

Oliver, A. D., y Chapin, J. B. (1981). *Biology and Illustrated Key for the Identification of Twenty Species of economically Important Noctuid Pests*. Louisiana Agricultural Experiment Station, Bulletin No. 733, US. 26 p. <https://repository.lsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1259&context=agexp>

Panamá América. (2012). *Conoce todas las propiedades de la papa*. ¡Redacción Ey! (ey@epasa.com) / Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/variedades/conoce-todas-las-propiedades-de-la-papa-844126>

Parra, L., Angulo, A., Medel, V., Marín, G., y Rebolledo, R. (2014). Especies y abundancia estacional de nóctuidos con especial referencia a las especies de importancia agrícola en la Región de La Araucanía, Chile (Lepidoptera: Noctuidae). *SHILAP Revista de Lepidopterología*, 42(165), 97-109. <https://www.redalyc.org/pdf/455/45531496009.pdf>

Pittí, J., Murillo, L., List, O., Bastiat, G., Flochlay-Sigognault, A., Guerino, F., Lefrançois, 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>

Ríos, F., y Baca, P. (2006). *Niveles y Umbrales de Daños Económicos de las Plagas*. Manual para el Estudiante, Primer Año de Bachillerato Técnico. Segunda Edición, PROMIPAC-INATEC-SICA-ZAMORANO-Taiwán. Honduras, Centroamérica. 50 pp. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/16ecca50-98ca-4116-be3a-933d5a388603/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/)

San Blas, G. (2014). *Agrotis* Ochsenheimer (Lepidoptera, Noctuidae): a systematic analysis of South American species. *Zootaxa*, 3771(1), 001-064. <http://dx.doi.org/10.11646/zootaxa.3771.1.1>

San Blas, G., y Barrionuevo, M. J. (2013). Status and redescription of the South American pest species *Agrotis robusta* (Lepidoptera: Noctuidae): a history of misidentifications. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 1153-1158. <https://doi.org/10.7550/rmb.36317>

Sánchez-Galán, E. (2020). Análisis del sector arrocero en Panamá: 1999-2016. *Perspectivas Rurales Nueva Época*, 18(35), 56-77. <https://doi.org/10.15359/prne.18-35.3>

Vásquez, J. (2023). *Hay desabastecimiento de cebolla y papa afirman productores*. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/provincias/hay-desabastecimiento-de-cebolla-y-papa-afirman-productores-1216408>

Vink, L., de Vos, R., Sinnema, S., Sinnema-Bloemen, J., y Zilli, A. (2022). A new subgenus with three new species of *Agrotis* from New Guinea (Lepidoptera: Noctuidae). *Fragmenta entomologica*, 54(2), 207-216. <https://doi.org/10.13133/2284-4880/1458>

Wawman, D. (2023). The genome sequence of the Heart and Club moth, *Agrotis clavis* (Hufnagel, 1766) [version 1; peer review: awaiting peer review]. *Wellcome Open Res*, 8(446). <https://doi.org/10.12688/wellcomeopenres.20125.1>

Wennmann, J., Alletti, G., y Jehle, J. (2014). The genome sequence of *Agrotis segetum* nucleopolyhedrovirus B (AgseNPV-B) reveals a new baculovirus species within the *Agrotis* baculovirus complex. *Virus Genes*, 50, 260-276. <https://doi.org/10.1007/s11262-014-1148-7>



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

Yang, H. – L., Yu, J. – M., Cao, F., Li, W. – Y., Li, B., Lei, X., Li, S. – G., Liu, S., and Li, M. – Y. (2023). Unclassified glutathione-S-transferase AIGSTu1 confers chlorantraniliprole tolerance in *Agrotis ipsilon*. *Pest Management Science*. <https://doi.org/10.1002/ps.7841>

Yangchan, J., Choudhary, K., Kumari, R., Kumari, P., y Kumar, S. (2022). Greasy cutworm (*Agrotis ipsilon*) and its biorational management strategies: A review. *Journal of Biological Control*, 36(2&3), 94-100. <http://dx.doi.org/10.18311/jbc/2022/32256>

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo brindado mediante el Proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí (501.A.1.60).



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

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., Kiltner, 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 (7ª) 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>

