



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 32



PANAMÁ-2021
enero - junio

Ciencia Agropecuaria: revista científica/
Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá.
no. 32 (enero - junio, 2021). Panamá, PA. Semestral
103 p.
ISSN L 2414-3278
1. Investigaciones Agrícolas
2. Investigaciones Pecuarias



INSTITUTO DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA DE PANAMÁ

ISSN L 2414-3278

Ciencia Agropecuaria

REVISTA CIENTÍFICA N° 32

PANAMÁ-2021
enero - junio

Publicación semestral del Instituto de Investigación 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, Ph.D. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT – Panamá

Editora Asociada

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

Consejo Editorial

Román Gordón -Mendoza, M.Sc. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Hilda Lezcano, Ph.D.

Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA) –
Universidad de Panamá

Axel Villalobos-Córtes, Ph.D.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT– Panamá

Pedro Guerra-Martínez, M.Sc.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Juan C. Martínez-González, Ph.D.

Universidad Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

Bruno Zachrisson, Ph.D.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Sistema Nacional de Investigación (SNI), SENACYT – Panamá

Diseño y Diagramación

Gregoria del C. Hurtado Ch.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

***Revisión y Traducción
de resúmenes***

Eric M. Candanedo-Lay, Ph.D.

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) – Panamá

CONTENIDO

ARTÍCULOS

- | | |
|-------|---|
| 1-11 | ARTRÓPODOS BENÉFICOS ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA COCOTERO (<i>Cocos nucifera</i> L.) EN COSTA ABAJO, COLÓN
<i>Rubén D. Collantes G.; Felipe González-Ochoa;</i> |
| 12-37 | HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A TRAVÉS DE MÚLTIPLES AMBIENTES Y AÑOS
<i>Román Gordón-Mendoza; Ismael Camargo-Buitrago;</i> |
| 38-50 | SOSTENIBILIDAD DEL AGROECOSISTEMA DE CAFÉ ROBUSTA EN LA PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ
<i>Rubén D. Collantes G.; José A. Lezcano B.;
Liliam M. Marquínez B.</i> |
| 51-70 | IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ÑAME (<i>Dioscorea alata</i> L.)
<i>Orlando Osorio-Burgos; Luis Carlos Salazar-Pinilla;
Sergio Cornejo-López</i> |
-

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

71-94 **LA FAMILIA ACRIDIDAE (ORTHOPTERA: ACRIDOIDEA) Y SU
IMPACTO EN LA AGRICULTURA EN PANAMÁ**
*Randy Atencio-Valdespino; Bruno Zachrisson;
Rubén D. Collantes G.; José Lezcano B.;*
Gladys González-Dufau; Anovel Amet Barba-Alvarado

95-103 **NORMAS PARA AUTORES**

ARTRÓPODOS BENÉFICOS ASOCIADOS AL AGROECOSISTEMA COCOTERO (*Cocos nucifera* L.) EN COSTA ABAJO, COLÓN¹

Rubén D. Collantes G.²; Felipe González-Ochoa²

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue identificar los artrópodos benéficos (depredadores y parasitoides), asociados al agroecosistema cocotero en la Costa Abajo, Colón. Para ello, se realizó el reconocimiento del área de estudio, correspondiente a las localidades de Miguel de la Borda (UTM 17 P 0576645, 1011988), Gobeá (UTM 17 P 0583620, 1014433) y Río Indio (UTM 17 P 0590656, 1016446), pertenecientes al distrito de Donoso. Se seleccionó 40 palmeras (20 asintomáticas y 20 con síntomas de la enfermedad conocida como 'Porroca'), en las cuales se realizó muestreo sistemático en un radio de 5 m alrededor de cada planta, mediante red entomológica. Los especímenes colectados fueron preservados en viales con etanol al 70% para su posterior observación e identificación en laboratorio. Adicionalmente, se realizó una prueba Chi², para determinar si existe relación entre la condición sanitaria de la planta y la presencia de taxa de artrópodos benéficos, con un 95% de confianza. Los resultados obtenidos indicaron que, de los artrópodos identificados, el 49% corresponden al Orden Hymenoptera, destacando parasitoides de las familias Braconidae, Ichneumonidae, Chalcididae y Tiphidae; 34% están representados por arañas, siendo los géneros *Gasteracantha*, *Nephila* y *Argiope* los más comunes; y el 17% restante comprende órdenes como Odonata, Hemiptera, Coleoptera y Diptera. Los resultados de la prueba Chi² reflejaron que no existe relación entre el estado sanitario de la planta y la presencia de taxa de artrópodos benéficos. En conclusión, se identificaron nueve taxa de artrópodos depredadores y cinco parasitoides, asociados al agroecosistema cocotero en la Costa Abajo de Colón, los cuales aportan al control natural de especies plaga y vectores.

Palabras clave: Control biológico, depredadores, enemigos naturales, parasitoides.

¹Recepción: 8 de septiembre de 2020. Aceptación: 3 de mayo de 2021. Proyecto MIDA-IDIAP: Diagnóstico y manejo de enfermedades terminales del cocotero en la Costa Abajo de Colón.

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).
e-mail: rdcg31@hotmail.com; felipegonzalezo111@yahoo.com.mx



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

BENEFICIAL ARTHROPODS ASSOCIATED WITH COCONUT (*Cocos nucifera* L.) AGROECOSYSTEM IN COSTA ABAJO, COLON

ABSTRACT

The objective of the present work was to identify beneficial arthropods (predators and parasitoids), associated with the coconut agroecosystem in Costa Abajo, Colón. The study area was surveyed, corresponding to the towns of Miguel de la Borda (UTM 17 P 0576645, 1011988), Gobeá (UTM 17 P 0583620, 1014433) and Río Indio (UTM 17 P 0590656, 1016446), belonging to the district of Donoso, province of Colón. Forty palm trees were selected (20 asymptomatic and 20 with symptoms of the disease known as 'Porroca'), in which systematic sampling was carried out in a radius of 5 m around each plant, using an entomological network. The collected specimens were preserved in vials with 70% ethanol for later observation and identification in the laboratory. Additionally, a Chi² test was performed to determine if there is a relationship between the health condition of the plant and the presence of beneficial arthropod taxa, with 95% confidence. The results obtained indicated that, of the identified arthropods, 49% correspond to the Order Hymenoptera, highlighting parasitoids from the Braconidae, Ichneumonidae, Chalcididae and Tiphidae families; 34% are represented by spiders, being the genera *Gasteracantha*, *Nephila* and *Argiope* the most common; and the remaining 17% comprises orders such as Odonata, Hemiptera, Coleoptera and Diptera. The results of the Chi² test reflected that there is no relationship between the health status of the plant and the presence of beneficial arthropod taxa. In conclusion, nine predatory arthropod taxa and five parasitoids were identified, associated with the coconut agroecosystem on the Costa Abajo de Colón, which contribute to the natural control of pest species and vectors.

Key words: Biological control, natural enemies, parasitoids, predators.

INTRODUCCIÓN

El cocotero (*Cocos nucifera* L.), es un cultivo de importancia para muchos grupos humanos en el mundo. Esta planta es de origen asiático, desde donde se ha diseminado, producto posiblemente de la actividad humana. El primer registro de la presencia de la palma de coco en las costas del Pacífico americano se remonta al año de 1514, cuando Gonzalo Fernández de Oviedo y Valdés, la observó en las playas de la bahía de Panamá, en Punta Burica e Isla de Cocos (en los límites actuales de Panamá con Costa Rica) (Cueto et al., 2004; Lizano, 2011).



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

Debido a los múltiples beneficios que pueden obtenerse de esta planta, como la extracción de aceite, obtención de carbón, madera y hojas para construcción, entre muchos otros; representa una alternativa de ingresos importante en pueblos costeros, debido a su relativa facilidad de obtención (Dopazo, 2009). Sin embargo, este cultivo es afectado por problemas fitosanitarios como insectos defoliadores, ácaros, nemátodos, enfermedades, entre otros, derivados de la falta de manejo y el conocimiento limitado de plagas y organismos benéficos presentes en el área.

La Porroca es una enfermedad letal del coco, que consiste en la producción de hojas tiesas, enanas, usualmente conllevando a la muerte de las palmas en un periodo de dos años. Dicha enfermedad está expandiéndose agresivamente a través del istmo de Panamá. Frente a ello, surgió el Proyecto Cocotero MIDA-IDIAP, el cual, con un enfoque multidisciplinario, pretende una mejor comprensión del agroecosistema e implementar un manejo responsable con la salud humana y el ambiente, económicamente accesible y sostenible, de acuerdo con Gilbert y Parker (2008).

Los artrópodos plagas más importantes para el cultivo son *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera, Curculionidae; vector del nematodo *Radinaphelenchus cocophilus* Coob, causante de la enfermedad Anillo Rojo) y el ácaro *Aceria guerreronis* Keifer (Acari, Eriophyidae) (Cortázar, 2011).

Las larvas de *Brassolis isthmia* (Lepidoptera, Nymphalidae), son importantes como defoliadores en cultivos de cocotero y pifá (*Bactris gasipaes* Kunth.) en Panamá y Centroamérica; reportándose afectaciones en el cultivo de pifá de hasta un 20%, pero no fue necesario realizar control químico, porque la población de la mariposa fue controlada por un virus entomopatogénico (Mexzón, 2011).

Por otro lado, conocer la biota beneficiosa del agroecosistema representa un potencial de control biológico y optimización de los recursos naturales disponibles (Altieri y Nicholls, 2010). El presente trabajo consistió en conocer los artrópodos benéficos (depredadores y parasitoides), asociados al cocotero en Costa Abajo, Colón.



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

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la provincia de Colón, tanto en época seca como lluviosa. Se realizó el reconocimiento del área de estudio, correspondiente a las localidades de Miguel de la Borda, Gobeá y Río Indio (Figura 1). Se seleccionó al azar 40 palmeras, de las cuales 20 se encontraban aparentemente sanas o asintomáticas (Figura 2a) y 20 con evidencias de algún tipo de síntoma (Figura 2b); en las cuales se realizaron muestreos sistemáticos periódicos, en un radio de 5 m alrededor de cada planta, mediante red entomológica y recipientes plásticos (Figura 2c).



Figura 1. Localidades de estudio. Fuente: Google Earth (2018)



Figura 2. Metodología de muestreo: a) Planta sana; b) Planta enferma; c) Red.



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

Los especímenes colectados se refrigeraron a 5° C por 30 minutos, para manipularlos y preservarlos en viales con etanol al 70%. Se obvió el uso de la cámara letal con cianuro, debido a la limitante para obtener el reactivo y el riesgo que conlleva para la salud y el ambiente. La identificación se realizó en laboratorio mediante el estereoscopio y se consultó los trabajos de Levi (2002); Triplehorn y Johnson (2005); Hanson y Gauld (2006).

Se realizó una prueba de Chi², para determinar si existe relación entre el estado sanitario de la planta y la presencia de taxa de artrópodos benéficos, con un 95% de confianza. Para ello, se consideró tres niveles de presencia de artrópodos benéficos: 0 = ningún taxa; 1 = 1 – 2 Taxa; 2 = 3 o más taxa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los artrópodos benéficos identificados (Figura 3), el 49% corresponden al Orden Hymenoptera, destacando parasitoides de las familias Braconidae, Ichneumonidae, Chalcididae y Tiphidae (Figura 4), siendo la última parasitoide de larvas de Scarabaeidae (Hanson y Gauld, 2006); 34% están representados por arañas, siendo los géneros *Gasteracantha*, *Nephila*, *Argiope* y *Micrathena* (Figura 5), los más comunes; y el 17% restante comprende órdenes como Odonata (Figura 6), Diptera y Hemiptera, siendo importante el género *Zelus* (Figura 4), familia Reduviidae (9%).

Respecto a su función (Cuadro 1), algunos artrópodos benéficos encontrados son enemigos naturales de organismos plaga como gasterópodos, ácaros y anélidos (Triplehorn y Johnson, 2005; Hanson y Gauld, 2006; Jocqué y Dippenaar-Schoeman, 2007). Si bien no se colectaron especímenes de Lampyridae (luciérnagas), se observó presencia en el área con cocotero durante la noche. Adicional, la precipitación es un factor a considerar al momento de escoger el método de colecta directa o indirecta, al limitar el desplazamiento en campo y la presencia de insectos.



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

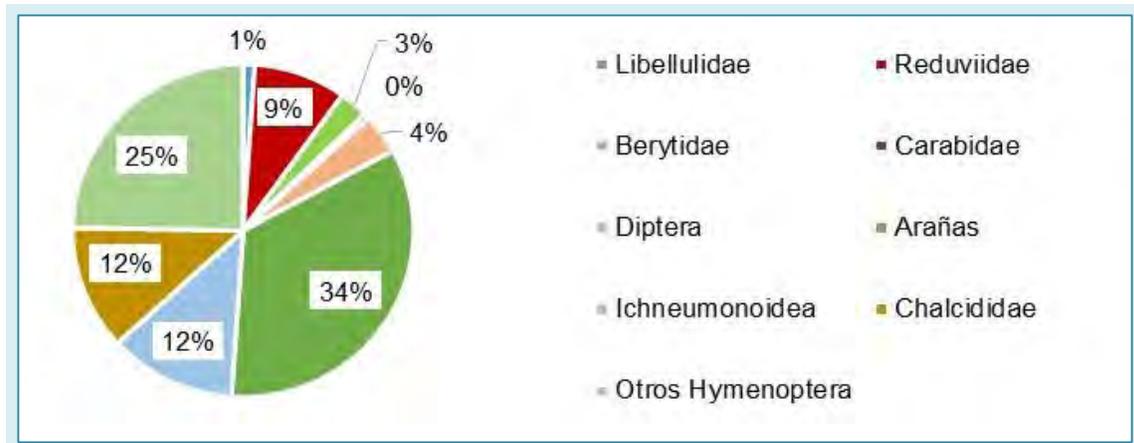


Figura 3. Artrópodos depredadores y parasitoides asociados a cocotero



Figura 4. Insectos benéficos en cocotero: A) Chalcididae; B) *Tiphia* sp.; C) *Zelus* sp.



Figura 5. Arañas asociadas al cocotero en Costa Abajo, Colón: A) *Argiope* sp.; B) *Gasteracantha* sp.; C) *Micrathena* sp.; D) *Nephila* sp.



Figura 6. Diversidad de Libellulidae observados en el agroecosistema cocotero.



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

Cuadro 1. Artrópodos benéficos asociados a cocotero, función y presas/hospedantes.

Familia	Función	Presas/hospedantes
Araneidae	Predador	Generalista
Libellulidae	Predador	Larvas de mosquitos
Coenagrionidae	Predador	Larvas de mosquitos
Reduviidae	Predador	Insectos, principalmente áfidos y mosca blanca
Berytidae	Predador	Ácaros e insectos pequeños
Carabidae	Predador	Insectos, anélidos y gastrópodos
Coccinellidae	Predador	Áfidos, mosca blanca, Thrips
Lampyridae	Predador	Gastrópodos
Dolychopodidae	Predador	Collembola, áfidos, anélidos
Braconidae	Parasitoide	Formas inmaduras de Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera y Diptera
Ichneumonidae	Parasitoide	Larvas y pupas de Coleoptera, Hymenoptera y Lepidoptera
Chalcididae	Parasitoide	Lepidoptera, Diptera, Coleoptera e Hymenoptera
Tiphiidae	Parasitoide	Larvas de Scarabaeidae
Pompilidae	Parasitoide	Arañas (Tarántulas)

Fuentes: Triplehorn and Johnson (2005); Hanson and Gauld (2006); Iowa State University (2020).

Considerando que el muestreo periódico cubrió tanto estación seca como lluviosa, se observó en campo que los Odonata son abundantes y diversos durante la estación lluviosa. La mayoría de estas especies pasa más de un año como ninfa antes de ser adultos y dada su voracidad, son importantes en el control biológico de plagas y vectores (Ramírez, 2010). Adicional, son organismos empleados como indicadores ambientales, debido a que, en ambientes no perturbados, el establecimiento de especies benéficas es más frecuente (Roncal et al., 2013; Salcedo y Trama, 2014).

Respecto a las arañas, han sido reportadas como agentes de control biológico de larvas de Lepidoptera en el cultivo de alfalfa (Armendano y González, 2011). En este sentido, se observó mariposas de la Familia Nymphalidae (a la cual pertenece *B. isthmia*), asociadas a *Lantana camara* L. (Figura 7); por lo cual las arañas podrían contribuir con el manejo de dichas poblaciones. Sin embargo, es meritorio recordar que, al ser depredadores generalistas, pueden cazar insectos benéficos (Schowalter, 2011).



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



Figura 7. Nymphalidae adultos en *L. camara* y daños en hojas de cocotero.

La prueba Chi², a un 95% de confianza (Cuadro 2), reflejó que no existe relación entre el estado sanitario de las plantas de cocotero y la presencia de taxa de artrópodos benéficos. Esto se debe a que, las palmeras estaban relativamente cercanas, además de que no se implementó manejo del cultivo antes del Proyecto MIDA-IDIAP.

Cuadro 2. Resultados de la prueba Chi².

Estado sanitario	Presencia Artrópodos B.	Observado	Esperado	Valor Chi ²	gl	Chi ² Tab
Asintomática	0 taxa	1	0.5	0.5	2	5.9915
	1-2 taxa	8	8.5	6		
	3 o más	11	11	0		
Enferma	0 taxa	0	0.5	0.5	2	5.9915
	1-2 taxa	9	8.5	6		
	3 o más	11	11	0		
Totales				1.0588235	3	

CONCLUSIONES

- De los resultados obtenidos en la presente investigación, se concluye que, se identificaron 14 taxa de artrópodos benéficos asociados al agroecosistema del cocotero en Costa Abajo, los cuales aportan al control natural de un número similar de especies fitófagas con potencial de ser plagas y vectores de enfermedades.



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

- Adicional, la prueba Chi² a un 95% de confianza, reflejó que no existe relación entre el estado sanitario de las plantas de cocotero y la presencia de taxa de artrópodos benéficos. Esto, debido a que en la actualidad el cultivo no recibe manejo intensivo, lo cual incrementa las posibilidades de establecimiento de la entomofauna benéfica.

BIBLIOGRAFÍA

- Altieri, M., y Nicholls, C. (2010). Diseños Agroecológicos para Incrementar la Biodiversidad de Entomofauna Benéfica en Agroecosistemas. Primera Edición. Medellín-CO. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). 80 p. http://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Disenos-Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos_.pdf
- Armendano, A., y González, A. (2011). Efecto de las arañas (Arachnida: Araneae) como depredadoras de insectos plaga en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) (Fabaceae) en Argentina. Rev. Biol. Trop. 59 (4):1651-1662. <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v59n4/a18v59n4.pdf>
- Dopazo, P. (2009). Aproximación a la situación del campesinado en la Costa Abajo de Colón desde la historia de la República de Panamá. Tesis para optar el título de Master en Agroecología. Universidad Internacional de Andalucía. 95 p. http://www.osala-agroecologia.org/IMG/pdf/Patricia_Dopazo_Gallego.pdf
- Cortázar, M. (2011). Paquete Tecnológico Palma de Coco Alto Pacífico: Establecimiento y mantenimiento. Programa Estratégico para el Desarrollo Rural Sustentable de la Región Sur – Sureste de México: Trópico Húmedo. INIFAP-SAGARPA, MX. 12 p. <https://silo.tips/download/paquete-tecnologico-palma-de-coco-hibrido-establecimiento-y-mantenimiento>
- Cueto, J., Alonso, M., Llauger, R., González, V., y Romero, W. (2004). Historia del cocotero (*Cocos nucifera* L.) en Cuba: su origen en la región de Baracoa. Instituto de



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

Investigaciones en Fruticultura Tropical. Empresa de Coco Baracoa. 6 p.
<http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5246/public-cocotero-1.pdf>

Gilbert, G., y Parker, I. (2008). Porroca: An Emerging Disease of Coconut in Central America. *Plant Disease* 92: 826-830. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-5-0826>

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

Iowa State University. (2020). BugGuide. <https://bugguide.net/node/view/15740>

Jocqué, R., y Dippenaar-Schoeman, A.S. (2007). Spider Families of the World. Segunda Edición, Royal Museum of Central Africa. 336 p.
https://www.africamuseum.be/sites/default/files/media/docs/research/publications/rmca/online/zoology-documentation/spider-families_of_the_world.pdf

Levi, H. (2002). Keys to the Genera of Araneid Orbweavers (Araneae, Araneidae) of the Americas. *The Journal of Arachnology* 30:527-562.
http://www.americanarachnology.org/JoA_free/JoA_v30_n3/arac-30-03-527.pdf

Lizano, M. (2011). Guía Técnica del Cultivo de Coco. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Programa Nacional de Frutas de El Salvador. 54 p.
<file:///C:/Users/OMEN/Downloads/2013819141156.pdf>

Mexzón, R. (2011). *Brassolis isthmia* (Lepidoptera: Nymphalidae), en pejibaye y en cocotero en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 22(1):149-155.
<https://doi.org/10.15517/am.v22i1.11834>

Ramírez, A. (2010). Capítulo 5: Odonata. *Rev. Biol. Trop.* 58 (4):97-136.
<https://doi.org/10.15517/RBT.V58I4.20084>



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

Roncal, M., Díaz, D., Roncal, C., y Rabanal, W. (2013). Huacaybamba: Riqueza biológica del Marañón. Primera edición. Universidad Nacional de Cajamarca, PE. 128 p.

Salcedo, S., y Trama, F. (2014). Manual de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca San Alberto, Provincia de Oxapampa, Perú. Primera edición. CONCYTEC/FONDECYT, PE. 116 p.

Schowalter, T. (2011). Insect Ecology: An Ecosystem Approach. Third Edition, Academic Press, US. 633 p.

Triplehorn, C., y Johnson, N. (2005). Borror and DeLong's Introduction to the Study of Insects. Séptima edición. Thomson Brooks/Cole, US. 864 p.



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

HERRAMIENTAS ESTADÍSTICAS PARA LA EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE HÍBRIDOS DE MAÍZ A TRAVÉS DE MÚLTIPLES AMBIENTES Y AÑOS¹

Román Gordón-Mendoza²; Ismael Camargo-Buitrago³

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar algunas herramientas estadísticas para la toma de decisiones al momento de liberar nuevos genotipos, con la precisión que éstos sean superiores a los testigos de uso común, se tomaron los datos de 34 ensayos sembrados durante los últimos tres años (2017-2019) principalmente en la Región de Azuero en Panamá. El número de híbridos evaluados por año varió de 20, 15 y 18 genotipos, respectivamente. Para el estudio se tomaron seis híbridos en común a través de los años comparándose con el testigo más usado en el país (30F-35). El diseño experimental original fue Alfa Látese con tres repeticiones, el cual varió a través de años. Para el análisis de los siete genotipos seleccionados se realizó un análisis de varianza individual y combinado tipo REML en un diseño de Bloques Completos al Azar. Estos análisis mostraron diferencias altamente significativas entre los distintos híbridos evaluados para la variable rendimiento de grano y otras características agronómicas. Este análisis mostró que al reducir el número de cultivares, la varianza entre genotipos se redujo; mientras que la varianza entre ambientes aumentó. De los híbridos evaluados, tres sobrepasaron la media general del combinado, sobresaliendo de manera significativa el P-4039, ADV-9789 y ADV-9779 con medias de que superan las 8,30 ton·ha⁻¹. El análisis Biplot GGE-SReg identificó al híbrido ADV-9779 como el más estable a través de las localidades. El análisis de la confiabilidad de la respuesta normalizada, indicó que el P-4039 supera al testigo en el 87% de las localidades. Se confirmó que las metodologías empleadas, resultan útiles y sencillas para identificar genotipos superiores para su liberación en las áreas de influencia evaluadas.

Palabras clave: Biplot GGE-SReg, Conglomerados de Ward, Confiabilidad de la respuesta, repetitividad.

¹ Recepción: 25 de junio de 2020. Aceptación: 25 de marzo de 2021. Investigación realizada con fondos del Proyecto "Generación de variedades e híbridos de maíz" del DIAP.

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), M.Sc., e-mail: gordon.roman@gmail.com

³ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Ph.D., e-mail: camargo.ismael@gmail.com



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

STATISTICAL TOOLS FOR EVALUATION AND SELECTION OF CORN HYBRIDS ACROSS MULTIPLE ENVIRONMENTS AND YEARS

ABSTRACT

Data of 34 trials established during the last three years (2017- 2019), mainly in the Azuero Region in Panama, were used to evaluate some statistical tools for decision-making when releasing new genotypes, with the precision that these are superior to the controls in common use. The number of hybrids evaluated per year varied from 20, 15 and 18 genotypes, respectively. For this study, six hybrids in common were taken over the years, comparing them with the most used control in the country (30F-35). The original experimental design was Alpha Lattice with three repetitions, which varied over years. An analysis of variance was carried out individually and in a combined type REML in a Complete Random Block design for the analysis of the seven selected genotypes. These analyzes showed highly significant differences between the different hybrids evaluated for grain yield variable and other agronomic characteristics. This analysis showed that by reducing the number of cultivars, the variance between genotypes was reduced; while the variance between environments was increased. Within the evaluated hybrids, three exceeded the combined overall average, with P-4039, ADV-9789, and ADV-9779 standing out significantly, with averages exceeding 8,30 ton·ha⁻¹. The Biplot GGE-SReg analysis identified ADV-9779 as the most stable hybrid across localities. The analysis of the reliability of the normalized response indicated that P-4039 exceeds the control in 87% of the locations. The used methodologies were confirmed to be useful and simple to identify superior genotypes for release in the evaluated areas of influence.

Key words: Biplot GGE-SReg, Ward clusters, Reliability of the response, repeatability.

INTRODUCCIÓN

Para aprovechar la máxima expresión del potencial de productividad de los híbridos de maíz, cuando existen regiones heterogéneas para la producción comercial, es conveniente explorar la mayor proporción de esta variabilidad ambiental. Este objetivo se logra aumentando el número de sitios de evaluación, evaluando diferentes épocas y años, de tal forma que se expongan los materiales genéticos a las condiciones ambientales prevalecientes en las zonas de producción.

En las regiones tropicales como Panamá, en años diferentes, las mismas localidades presentan condiciones climatológicas distintas, especialmente en cuanto a la disponibilidad de humedad en el suelo, producto de la precipitación pluvial. En el caso de



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

los cultivos sembrados bajo condiciones de secano, la humedad del suelo constituye un factor limitante en la producción de grano, como particular de la región de Azuero (Gordón, 2020) que representa la mayor superficie comercial sembradas con híbridos en el país.

La evaluación en ambientes contrastantes representa un reto para los mejoradores genéticos. En esta materia es obligatorio evaluar los efectos de genotipo, ambiente y la interacción genotipo ambiente e involucra conceptos como repetitividad, estabilidad y adaptabilidad. Afortunadamente, 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 (Falconer, 1990; Holland et al., 2003; 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), 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 AMMI, propuesto por Zobel et al. (1988) y validado por Gauch Junior y Zobel (1989) y Crossa et al. (1990), combina el análisis de regresión lineal con el análisis por componentes principales. Por otro lado, Yan et al., 2000; Yan y Hunt, 2002; Yan y Kang, 2003 propusieron el modelo Biplot GGE ésta es una herramienta que ha incrementado su popularidad entre los mejoradores de plantas y otros investigadores agrícolas por su versatilidad y facilidad de interpretación de sus figuras. El análisis de conglomerado mediante el método de Ward es una técnica multivariada, que busca agrupar elementos (o variables) y que trata de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos (Johnson, 2000).



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

Autores como Eskridge y Mumm (1992); Nuland y Eskridge (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.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localidades y Material Genético

Durante los ciclos agrícolas 2017, 2018 y 2019 se estableció, un número variable de ensayos por año, en distintas localidades de la Región de Azuero y Chiriquí. Estos fueron sembrados en parcelas de productores colaboradores de las provincias de Los Santos, en sus propias parcelas comerciales de siembra. También se establecieron de dos a tres ensayos por año en la Estación Experimental El Ejido a distintas fechas de siembra (agosto, septiembre y octubre), con el fin de determinar el efecto de la distribución de lluvias en los distintos genotipos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño, número de repeticiones, tratamientos y localidades de los ensayos de evaluación de híbridos simples en Panamá. 2017-2019.

Año	Diseño	No Rep	No Trat	Provincia	No Loc	Localidades
2017	Alfa Látice 4x5	3	20	Los Santos	10	El Ejido A*, El Salaíto, Guararé, Llano Abajo, Nuevo Océ, Pocrí, Chupá, Los Destiladeros, Ejido O*
2018	Alfa Látice 3x5	3	15	Los Santos	12	El Ejido A*, Guararé, Santo Domingo, La Mina, La Candelaria, Purio, Pedasí, La Laguna, Chupá, El Ejido S*, Aranda, El Ejido O*
				Chiriquí	1	Chiriquí (Facultad de Ciencias Agropecuarias)
2019	Alfa Látice 3x6	3	18	Los Santos	11	El Ejido A*, La Candelaria, El Ejido S*, Chupá, La Mina, La Laguna, Purio, El Nanzal, Aranda, Quindío, El Ejido O*
Total					34	

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

?



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

Todos los híbridos evaluados fueron suministrados por empresas semilleras que operan en Centro América que introducen y comercializan genotipos en Panamá. En el año 2017 se sembraron 20 híbridos de los cuales 18 eran de grano color amarillo y dos de grano blanco. En el 2018 se evaluaron 15 híbridos, todos de grano amarillo. Finalmente, en el año 2019 fueron sembrados 18 genotipos, 17 de grano amarillo y uno grano blanco. Todos los años se sembró el testigo local 30F-35, el cual es un híbrido que fue liberado en el país en el año 2009 (Cuadro 2). Para este estudio se seleccionaron los seis híbridos en común, más el testigo local; el resto de los híbridos fueron descartados para el análisis combinado.

Unidad Experimental

Las parcelas experimentales consistieron de 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, 2009). Al cultivo se le aplicó a la siembra, 273 kg·ha⁻¹ de una fórmula completa (13-26-10-3) en forma de banda a 2,5 cm de profundidad. Se realizaron dos aplicaciones suplementarias de nitrógeno en forma de urea, 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, respectivamente. Las malezas fueron controladas con la aplicación de atrazina más pendimentalina inmediatamente después de la siembra. Durante el desarrollo del cultivo se realizaron deshierbes manuales por escape del control hasta el momento de la cosecha.

VARIABLES MEDIDAS

Los datos tomados incluyeron variables cuantitativas 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. Además, se midieron variables cualitativas, como: aspecto de planta y mazorcas (escala 1 a 5), textura de grano (escala 1 a 4), enfermedades al follaje tales como *Bipolaris maydis*, *Exserohilum turcicum*. En donde 1,0 indica ausencia de enfermedad y 5,0 infección muy



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

severa. La evaluación se realizó en la etapa R3 (75-80 dds) del cultivo, antes de la senescencia de las hojas. Para el análisis estadístico de las variables porcentaje de plantas acamadas, mazorcas podridas y mazorcas con punta descubiertas se realizó una transformación utilizando la fórmula de 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 $(X_i - \mu) / \delta$, 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 2017-19.

2017	2018	2019
1. 30F-35 (TL)	1. 30F-35 (TL)	1. 30F-35 (TL)
2. P-4039	2. P-4039	2. P-4039
3. P-4226	3. P-4226	3. P-4226
4. ADV-9293	4. ADV-9293	4. ADV-9293
5. ADV-9779	5. ADV-9779	5. ADV-9779
6. ADV-9789	6. ADV-9789	6. ADV-9789
7. SV-3243	7. SV-3243	7. SV-3243
8. SV-3245	8. SV-3245	8. BA-1303
9. ADV-9022	9. 60XB14	9. BA-1332
10. ADV-9139	10. 90XB06	10. BA-1407
11. ADV-9339	11. HV132549	11. BA-1419
12. IMPACTO	12. P-4285	12. BA-1429
13. NB-7253	13. SOMMA	13. P-3456
14. SV-1035	14. SV-2104	14. P-3898
15. SV-2104	15. SV-292	15. DOW-446
16. SV-292		16. HV110427
17. SYN-730		17. HV132549
18. SYN-750		18. SV-7019
19. P-4082W		
20. P-4028W		

TL = Testigo Local



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

Diseño Experimental y Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza por localidad con todos los híbridos y con los siete genotipos seleccionados. 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 (set completo) y de Bloques Completo al Azar (set de híbridos seleccionados) con tres repeticiones. Se utilizaron los siguientes modelos matemáticos

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

$$Y_{ijk} = \mu + Rep_i + Gen_k + \varepsilon_{ijk} \quad (2)$$

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 a 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 un modelo BCA (5) con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkl} = \mu + Loc_i + Rep_j(Loc_i) + Gen_l + Loc_i \times Gen_l + \varepsilon_{ijkl} \quad (5)$$



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

En donde los nuevos términos Loc_i y $Loc_i \times Gen_i$ 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 las medias ajustadas (LS means) y las mismas fueron comparadas utilizando las diferencias mínimas significativas (DMS) al 5% de probabilidad.

Análisis de Conglomerado

Los datos de rendimiento fueron sometidos a un análisis de conglomerado mediante el método de Ward (Johnson, 2000). Este método utiliza el análisis de la varianza para evaluar la distancia entre grupos, minimizando la suma de los cuadrados de las distancias entre los conglomerados que son formados en cada interacción. Es una técnica multivariada que busca agrupar variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos. Luego se representó en un Dendograma, el cual es la representación gráfica que mejor ayuda a interpretar el resultado de este análisis.

$$W = \sum_g \sum_{i \in E_g} (U_{ig} - \bar{U}_g)'(U_{ig} - \bar{U}_g)$$

En donde: \bar{U} = Es la media del grupo g . El criterio comienza suponiendo que cada dato forma un grupo, $g = n$ y por tanto W es cero. Luego se unen los elementos que produzcan el menor incremento de W . Obviamente esto implica tomar los valores más próximos a la distancia euclídea. En la siguiente etapa se tiene $n-1$ grupo, $n-3$ de un elemento y uno de dos elementos. Se decide nuevamente, unir dos grupos para que W crezca lo menos posible, con lo que se pasa a $n-2$ grupos y así sucesivamente hasta tener un único grupo. Los valores de W van indicando el crecimiento del criterio al formar grupos y pueden utilizarse para decidir cuántos grupos naturales contienen los datos.

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



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

principales (Yan et al., 2000). El SReg está basado en la Regresión de sitios Lineal-bilineal (multiplicativo) de (Cornelius et al., 1996). El modelo matemático del SReg (6) es:

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

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.; $\bar{\epsilon}_{ij}$ 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 (RN_i), 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 (S_{d_i}) se estimaron en todos los ambientes. A continuación, se determinó el valor estandarizado (d_i/S_{d_i}), 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 (RN_i) (Córdova et al., 1993; Camargo et al., 2014). Para determinar que las diferencias de los distintos híbridos 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

Análisis de varianza por localidad

De acuerdo al análisis estadístico individual para la variable rendimiento de grano de las 34 localidades, la localidad El Ejido A del 2017 presentó una repetitividad de 0,0 por



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

lo cual fue eliminada del análisis combinado. En el resto de las 33 localidades presentaron valores de repetitividad superior a 0,10 y las mismas fueron incluidas en el combinado. En el Cuadro 3 se presentan las varianzas por fuente y el cálculo de la repetitividad en cada localidad; también se incluye el cociente DMS/Rango el cual varió de 0,33 a 2,54, indicando este valor, de acuerdo a Gordón y Camargo (2015) y Camargo et al. (2017), la buena precisión de los ensayos individuales.

Al analizar el comportamiento después de eliminar entradas a los ensayos se observa una disminución en el valor de la repetitividad como en el estadístico de precisión DMS/Rango. Esta disminución puede ser atribuida a la disminución en las varianzas entre tratamientos. En todas las localidades se observó este efecto, excepto en la localidad de Pedasí 2017 en donde tanto la varianza de tratamientos como la repetitividad aumentaron (Cuadro 3). Es importante señalar que la repetitividad cero de El Ejido A, se debió a que su varianza entre genotipos fue nula.

Análisis de varianza combinado

El análisis de varianzas indicó diferencia altamente significativa entre ambientes y genotipos para la mayoría de las variables estudiadas (Cuadro 4). La interacción genotipo ambiente resultó altamente significativa para la mayoría de las variables analizadas. De acuerdo al análisis de varianza del rendimiento, el ambiente capturó el 69% de la suma de cuadrados total del experimento. Por su parte los genotipos capturaron el 5% de la variabilidad total del análisis de varianza. Este resultado, indica que la mayor variabilidad del ensayo se debe a la gran diferencia entre los ambientes evaluados y que además existe poca variabilidad entre los siete híbridos evaluados. De acuerdo a este análisis, la repetitividad del combinado para el rendimiento de grano fue de 0,94 y un DMS/Rango de 0,26; estos valores son muy similares a los encontrados por Gordón et al. (2020) en la evaluación de seis variedades en esta misma Región. El resto de las variables presentaron valores de repetitividad superiores a 0,20. Estos valores sugieren una buena precisión experimental de este ensayo (Cuadro 4). El aumento del DMS/Rango por experimento, indica que debe haber mayor diferencia entre los tratamientos para declarar diferencias significativas, principalmente por el aumento del valor del DMS y menor rango o diferencia entre los tratamientos.



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

Cuadro 3. Repetitividad, DMS/rango, DMS, Varianzas de tratamientos y del error del análisis por localidad con el número total de híbridos y con los siete híbridos seleccionados. Panamá, 2017-2019.

Localidades	Repetitividad		DMS/R		DMS		S ² tratamientos		S ² Error	
	Todos los 7 híbridos		Todos los 7 híbridos		Todos los 7 híbridos		Todos los 7 híbridos		Todos los 7 híbridos	
	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos	híbridos
El Ejido A*	0,40	0,00	0,67	2,17	1,30	1,54	0,13	0,00	0,61	0,75
El Salaíto	0,57	0,11	0,49	1,11	2,46	3,31	0,98	0,14	2,18	3,47
Guararé	0,87	0,28	0,32	0,89	1,22	1,80	1,15	0,14	0,53	1,02
Llano Abajo	0,92	0,83	0,20	0,43	0,66	0,77	0,63	0,29	0,16	0,19
Nuevo Ocú	0,94	0,88	0,22	0,34	1,10	1,33	2,26	1,39	0,44	0,56
Pocrí	0,94	0,88	0,21	0,40	0,96	1,01	1,64	0,82	0,33	0,32
Chupá	0,92	0,82	0,21	0,46	0,52	0,77	0,38	0,28	0,10	0,19
Destiladero	0,90	0,61	0,30	0,72	0,93	1,76	0,95	0,51	0,31	0,98
Pedasí	0,48	0,77	0,49	0,58	1,40	1,07	0,22	0,40	0,71	0,36
El Ejido O	0,71	0,20	0,46	0,98	0,78	1,20	0,05	0,04	0,06	0,45
El Ejido A	0,92	0,86	0,09	0,43	0,44	1,21	1,41	0,94	0,36	0,46
Guararé	0,80	0,50	0,13	0,81	0,83	2,68	1,74	0,76	1,31	2,27
Santo Domingo	0,96	0,83	0,06	0,54	0,30	1,05	1,47	0,57	0,17	0,35
La Mina	0,87	0,54	0,13	0,83	0,56	1,97	1,33	0,49	0,60	1,23
Candelaria	0,89	0,67	0,12	0,60	0,49	1,90	1,20	0,77	0,46	1,14
Purio	0,89	0,72	0,14	0,55	0,60	1,48	1,90	0,59	0,70	0,69
La Laguna	0,95	0,81	0,07	0,50	0,32	1,40	1,34	0,89	0,20	0,62
Chupá	0,88	0,83	0,13	0,53	0,52	0,98	1,28	0,49	0,52	0,30
El Ejido S	0,90	0,86	0,11	0,43	0,34	0,85	0,68	0,48	0,22	0,23
Aranda	0,92	0,79	0,10	0,45	0,39	1,25	1,08	0,62	0,30	0,50
Quindío	0,83	0,71	0,14	0,61	0,55	1,26	0,96	0,40	0,57	0,50
El Ejido O	0,92	0,79	0,10	0,50	0,30	1,16	0,64	0,55	0,18	0,43
Chiriquí	0,60	0,49	0,17	0,80	0,67	2,43	0,92	0,60	1,82	1,87
El Ejido A	0,92	0,83	0,20	0,44	1,50	1,27	3,03	0,80	0,80	0,51
Chupá	0,94	0,75	0,19	0,47	1,27	1,47	3,07	0,69	0,57	0,68
Candelaria	0,95	0,90	0,18	0,34	1,44	1,82	4,54	3,30	0,73	1,04
La Mina	0,94	0,80	0,23	0,50	1,43	1,50	3,71	0,97	0,73	0,71
La Laguna	0,95	0,62	0,19	0,73	1,64	2,52	5,73	1,11	0,95	2,01
Purio	0,98	0,79	0,14	0,51	1,12	1,20	6,48	0,56	0,44	0,46
El Ejido S	0,95	0,69	0,20	0,67	1,38	1,45	3,85	0,49	0,67	0,66
El Nanzal	0,96	0,86	0,17	0,43	0,91	1,12	2,31	0,82	0,29	0,40
Aranda	0,92	0,46	0,23	0,78	1,36	1,43	2,67	0,19	0,65	0,65
Quindío	0,93	0,73	0,20	0,51	1,58	2,45	4,15	1,73	0,88	1,90
El Ejido O	0,98	0,95	0,15	0,27	0,69	1,10	2,62	2,55	0,17	0,38

* Localidades excluida del análisis combinado de los tres años.



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

Cuadro 4. Varianzas y estadísticos del análisis combinado a través de años. Panamá, 2017-2019.

	Rend	RN _i	Alpt	Ptm ⁻²	MzPt ⁻¹	PMz	TPod	TACA	TCob	Pomz
S² Genotipos	0,32	0,203	56	0,01	0,000	30	0,000	0,001	0,000	0,000
S² Ambientes	3,63	0,000	287	0,04	0,001	979	0,013	0,009	0,000	0,002
S² Amb x Gen	0,44	0,216	19	0,02	0,001	63	0,000	0,003	0,000	0,000
S² Error	0,87	0,528	87	0,23	0,031	141	0,000	0,005	0,000	0,001
Repetitividad	0,94	0,95	0,98	0,73	0,25	0,90	0,64	0,91	0,91	0,96
DMS/R	0,26	0,24	0,19	0,54	0,78	0,31	0,54	0,29	0,28	0,20
CV	11,6	---	4,1	7,4	18,1	9,6	0,0	8,2	0,0	6,1
No locs	33	33	33	33	33	33	33	32	32	33

Rend = Rendimiento de grano, RN_i = Rendimiento Normalizado, AlPt = Altura de planta, Ptm⁻² = Plantas/m², MzPt⁻¹ = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, TPod = % mazorcas podridas transformada, TACA = % plantas acamadas transformada, TCob = % de mala cobertura transformada, Pomz = Posición relativa de la mazorca

Efecto de Ambientes

De acuerdo al análisis de Conglomerados de Ward para la variable rendimiento de grano, en el Dendograma se identificaron tres grupos ambientales o dominios de recomendación con una altura de corte de 0,189 (Figura 1). El primer grupo estuvo formado por los ensayos sembrados en las localidades de Pedasí, Chiriquí y las tres siembras de El Ejido O, (Grupo A). El segundo grupo lo conformaron nueve localidades entre las que están Aranda (17), El Ejido A (18 y 19), El Ejido S (18), Candelaria (18), Quindío (18) y los tres años (17, 18 y 19) sembrados en la localidad de Chupá (Grupo B). El tercer grupo (Grupo C) se conformó con el resto de las 19 localidades. En este análisis las localidades se agrupan en varios grupos generales; de forma muy similar a los grupos identificados del análisis Biplot-GGE-SReg. A diferencia de otros estudios en este trabajo se encontró mayor diferencia entre ambas metodologías en donde ocho localidades del Grupo C las ubica en el Grupo Ambiental B (Gordón et al., 2020; 2019; 2017a y b).

La media del rendimiento en las localidades del Grupo A fue la más baja entre los tres grupos con un estimado de 4,47 ton·ha⁻¹. En este grupo están incluidas las tres siembras de octubre en la localidad de El Ejido (siembra fuera de la fecha recomendada), el cual de acuerdo a Gordón (2020), las siembras tardías en esta Región se ven afectadas por la errática distribución de lluvias y poca humedad de suelo en las etapas críticas de floración y llenado de grano lo cual incide en bajos rendimientos del cultivo. El Grupo B, que, presentó un rendimiento promedio de 8,20 ton·ha⁻¹, en este grupo se ubican las mejores fechas de siembras, en especial en las comunidades de El Ejido y el distrito de



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

Guararé, ambas ubicadas en la Zona Norte de la Región, que se caracteriza por tener una precipitación media anual menor a la Zona Sur de Azuero (Gordón et al., 2004).

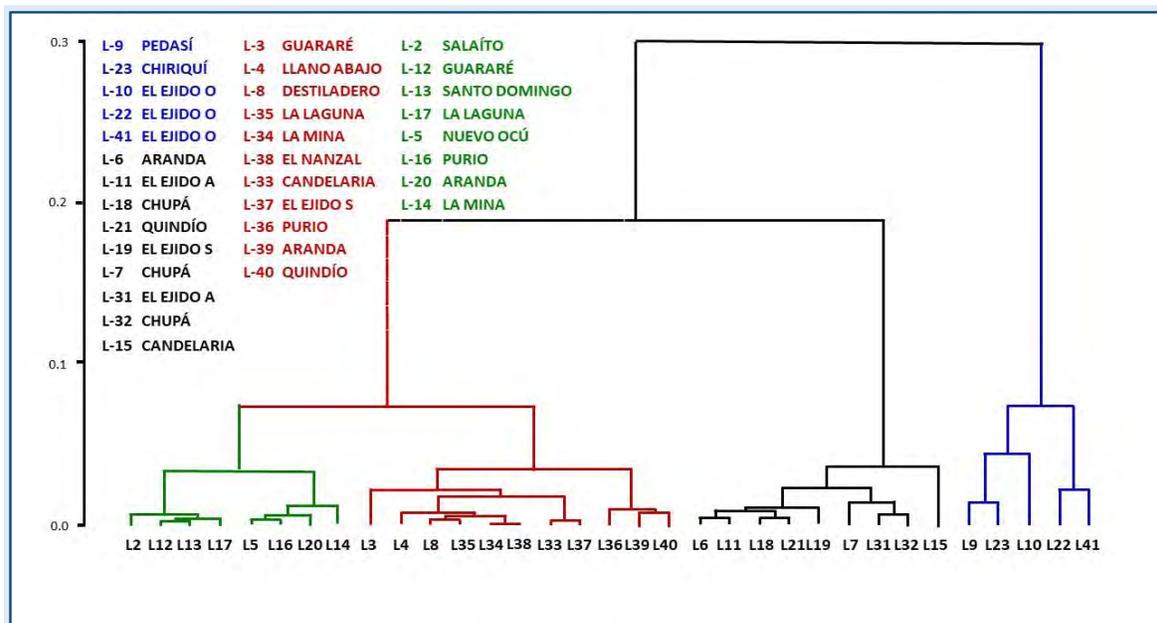


Figura 1. Análisis de conglomerados de las 33 localidades del ensayo de siete híbridos de maíz, Panamá, 2017-2019.



Por otra parte, el Grupo C presentó el rendimiento de grano más alto con una media de $8,90 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$. Este grupo estuvo conformado por una mezcla de localidades de la zona norte y sur de la región, pero en gran parte por localidades de la zona sur de la región de Azuero, que es la zona con mayor lámina acumulada y mejor distribución de lluvias en la época de siembra del cultivo (Gordón et al., 2004). El mayor promedio tomando en cuenta todas las localidades se obtuvo en la localidad Purio (2019) con una media de $10,73 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$, mientras que el más bajo se dio en El Ejido O (2018) con media de $2,38 \text{ ton} \cdot \text{ha}^{-1}$. En todas las localidades la floración femenina se presentó alrededor de los 53 días después de siembra (dds), con un rango entre 49 y 55 días. En cuanto al porcentaje de plantas acamadas de tallo, el mismo fue alto en la mayoría de las localidades (mayor al 10% de plantas acamadas) con excepción de los ensayos sembrados en El Ejido O del Grupo A y algunas del Grupo C (El Quindío, El Salaíto, Los Destiladeros y Llano Abajo). El porcentaje de mazorcas podridas fue bajo en todas las localidades con menos del 5,0 % de mazorcas podridas (Cuadro 5).



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

Cuadro 5. Medias Ajustadas del rendimiento de grano y otras variables tomadas del Ensayo de variedades, según localidades y grupo de acuerdo al análisis de Ward. Panamá, 2017-2019.

Localidad	Año	Rend	Flor	Alpt	Almz	Ptm ²	Mzm ²	MzPt ¹	Pmz	Pod	Aca	Enf	Cob
Chiriquí	18	8,46	52	289	118	5,94	5,92	1,00	138	5,6	---	---	---
Pedasí	17	5,31	51	215	105	6,61	6,13	0,93	85	2,2	23,5	2,0	2,2
El Ejido O	19	3,23	50	215	120	6,66	6,04	0,91	52	1,5	8,0	2,0	.
El Ejido O	17	2,98	54	205	98	6,57	6,31	0,96	26	---	2,3	1,9	3,2
El Ejido O	18	2,38	51	199	93	6,23	5,75	0,92	41	---	4,5	1,6	2,2
Promedio Grupo A		4,47	52	247	107	6,40	6,03	0,94	69	3,1	9,6	1,9	2,5
Purio	19	10,73	51	247	143	6,59	6,44	0,98	162	0,3	16,4	2,1	0,4
Aranda	17	9,35	49	226	117	6,55	6,45	0,98	143	0,2	21,2	2,3	1,2
El Ejido A	18	8,93	49	214	115	6,45	6,37	0,99	136	3,1	38,1	1,7	2,3
El Ejido A	19	8,84	51	237	134	6,31	6,22	0,98	138	1,0	38,4	2,1	1,9
Chupá	18	8,80	52	236	134	6,50	6,31	0,97	135	0,5	53,6	1,6	0,2
Candelaria	18	8,54	51	210	108	6,50	6,28	0,97	131	1,8	30,0	1,7	1,0
Chupá	19	8,01	52	232	119	6,54	5,96	0,91	130	3,7	32,8	1,9	1,4
Quindío	18	7,73	53	223	103	6,59	6,34	0,96	118	0,4	28,0	1,7	0,5
El Ejido S	18	7,15	50	224	117	6,22	5,98	0,96	117	2,1	35,9	1,5	1,4
Chupá	17	6,44	50	221	113	6,32	6,43	1,19	98	2,4	18,0	1,9	1,2
Promedio Grupo B		8,20	51	225	118	6,44	6,26	0,99	127	1,7	32,9	1,8	1,2
Nuevo Ocu	17	9,83	49	220	113	6,15	6,09	1,00	159	0,5	14,0	2,1	1,1
La Mina	19	9,66	51	226	135	6,76	6,60	0,98	142	0,7	14,1	1,9	0,1
La Laguna	19	9,65	52	239	143	6,60	6,34	0,96	147	0,8	15,2	1,9	1,0
Quindío	19	9,48	52	235	122	6,50	5,98	0,92	153	1,8	8,1	1,8	0,6
Candelaria	19	9,33	51	207	117	6,10	5,82	0,95	155	1,3	10,1	1,9	1,0
El Salaíto	17	9,04	51	215	109	6,24	6,21	0,99	142	1,2	2,3	2,4	1,5
Aranda	19	9,00	51	214	114	6,75	6,51	0,96	135	0,7	21,4	---	0,2
Guararé	18	8,97	50	240	128	6,51	6,34	0,97	136	1,1	54,9	1,9	2,0
Destiladero	17	8,88	47	227	113	6,84	6,46	0,94	135	1,0	5,8	2,9	1,5
El Ejido S	19	8,81	49	231	119	6,78	6,32	0,93	135	1,0	30,0	---	1,4
Guararé	17	8,80	50	248	131	6,52	6,39	0,98	135	0,8	25,7	3,3	1,1
Purio	18	8,77	50	222	107	6,25	6,23	1,00	137	0,7	29,3	1,6	0,7
El Nanzal	19	8,59	49	245	129	6,58	6,29	0,96	133	0,4	73,0	1,6	1,1
Aranda	18	8,46	50	220	118	6,94	6,93	1,00	118	---	34,9	1,6	0,3
Llano Abajo	17	8,13	49	206	98	6,77	6,71	0,99	119	0,5	7,0	2,7	0,8
La Mina	18	8,07	52	212	107	6,36	6,22	0,98	126	0,7	45,0	2,0	2,1
Santo Domingo	18	7,57	52	196	101	6,72	6,61	0,98	111	0,7	49,6	1,7	0,3
La Laguna	18	7,26	50	217	104	6,92	6,76	0,98	104	0,3	62,5	1,8	0,4
Promedio Grupo C		8,90	50	225	118	6,57	6,38	0,97	136	0,8	27,3	2,1	0,9

Rend = Rendimiento, Flor = Floración, AlPt = Altura de planta, Almz = Altura de mazorca, Ptm² = Plantas/m², Mzm² = Mazorcas/m², MzPt¹ = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = Bipolaris, Cob = % de mala cobertura transformada □



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

Los ensayos con menor número de plantas a la cosecha se dieron en Chiriquí, Candelaria y Nuevo Ocú con poblaciones menores a 6,20 plantas/m² al momento de la cosecha. En todas las localidades se obtuvo más de 0,90 mazorcas por planta, excepto en Chupá (2017) con 1,19 mazorcas por planta. Las plantas con mayor altura promedio se registraron en Chiriquí (289 cm) mientras que las más bajas (199 cm) se presentaron en la siembra de 2018 en El Ejido O. El porcentaje general de mazorcas con mala cobertura fue bueno presentándose menos del 3% de mazorcas descubiertas. Las enfermedades foliares se presentaron con baja incidencia, siendo Guararé 17 con una evaluación 3,3 la más alta de todas las localidades (Cuadro 5).

Efecto de Genotipos

El rendimiento de grano promedio de los siete híbridos, a través de las 33 localidades, fue de 8,04 ton·ha⁻¹. Tres de estos híbridos sobrepasaron la media general del combinado; sobresaliendo de manera significativa P-4039, ADV-9789 y ADV-9779 con medias que superan las 8,30 ton·ha⁻¹. Igualmente, éstos superaron estadísticamente al testigo en más del 10%. Siguieron a este primer grupo, el P-4226 y ADV-9293 con rendimientos de 7,99 y 7,97 ton·ha⁻¹, respectivamente. El híbrido ADV-9293 presentó el rendimiento más alto en las localidades del Grupo A con 5,24 ton·ha⁻¹ (38% sobre el testigo); por lo que puede considerarse adecuado para las condiciones adversas de clima de las localidades de este grupo. En el Grupo B sobresalió tanto el ADV-9789 como el híbrido P-4039 con rendimientos superiores a 9,50 ton·ha⁻¹. En tanto que en el Grupo C se destacan el P-4039 seguido por P-4226 con rendimientos de 9,27 y 8,90 ton·ha⁻¹.

Cuadro 6. Medias ajustadas del rendimiento de grano, de los híbridos evaluados y su comportamiento versus el testigo de mayor área sembrada en Panamá. 2017-2019.

Híbridos	Rendimiento de grano (ton·ha ⁻¹)				% sobre el testigo 30F-35			
	33 Loc	Grupo A	Grupo B	Grupo C	33 Loc	Grupo A	Grupo B	Grupo C
1 P-4039	8,76	4,16	9,73	9,27	18	9	17	22
2 ADV-9789	8,57	4,69	9,88	7,95	15	23	19	4
3 ADV-9779	8,37	4,19	9,43	8,44	13	10	14	11
4 P-4226	7,99	4,70	8,42	8,90	8	24	2	17
5 ADV-9293	7,97	5,24	8,83	7,64	7	38	7	0
6 30F-35	7,43	3,80	8,29	7,62	0	0	0	0
7 SV-3243	7,18	4,52	7,70	7,55	-3	19	-7	-1
Promedio	8,04	4,47	8,90	8,20	8	18	7	8

?



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

El número de plantas al momento de la cosecha entre híbridos osciló entre 6,38 y 6,66 plantas cosechadas por metro cuadrado, siendo el SV-3243 el de menor valor con 6,38 plantas·m⁻². Todos los híbridos, presentaron porcentajes de mazorcas podridas similares que fueron inferiores a 5,2%. La prolificidad o número de mazorcas por planta no presentó diferencias entre los híbridos, todos con valores muy cercanos a una mazorca por planta. La floración femenina osciló entre 51 y 54 dds. La altura de planta presenta diferencias entre los distintos híbridos, siendo ADV-9789 y ADV-9293 los de menor estatura con 217 y 218 cm, respectivamente. La altura de la mazorca varió entre 112 a 123 cm. Los cultivares con la posición más baja fueron ADV-9789 y 30F-35, el más alto en esta variable fue el P-4226. Con relación al porcentaje de desgrane, los híbridos con mayor porcentaje de desgrane fueron ADV-9789 y ADV-9779 con 92 y 91%, seguidos por el P-4039, ADV-9293 y 30F-35 con 87% de desgrane (Cuadro 7).

En cuanto a la evaluación de enfermedades foliares se observa que la media general representa más bien la sanidad foliar de los cultivares. Para el acame de tallo, el promedio general fue de 27%, siendo el 30F-35 el de menor acame con 19%, seguido por P-4226 con 20%. El de mayor porcentaje con 39% de plantas acamadas fue el SV-3243. Todos los híbridos presentaron un bajo porcentaje de punta de la mazorca descubierta con una media de 1,1%. El P-4039 presentó un Rendimiento Normalizado de 0,57 representando el único superior a 0,50. Todos los híbridos, excepto el testigo 30F-35, presentaron una puntuación de textura cercana a 1,0, lo que indica son considerados cristalinos, coincidiendo con la textura preferida en el mercado de consumo humano de maíz de Panamá.

Interacción Genotipo por Ambiente

El análisis de varianza Tipo IV del rendimiento de grano. En el mismo se observa tanto las fuentes de Ambiente, Genotipo como la interacción Genotipo-Ambiente. También se muestra el valor de los dos ejes principales de la interacción, éstos últimos obtenidos a través del modelo Biplot GGE-SReg. El resultado de este análisis indica que los dos primeros Ejes de los Componentes Principales (PCA) de la interacción explicaron el 65,7% de la interacción genotipo ambiente con tan solo el 33,2% de los grados de libertad (Cuadro 8)



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

Cuadro 7. Medias Ajustadas del rendimiento de grano y otras características agronómicas del Combinado a través de los años de siete híbridos de maíz. Panamá, 2017-2019.

Híbridos	Rend ton·ha ⁻¹	RN _i	Flor días	Alpt cm	Almz cm	Ptm ² m ²	Mzm ² m ²	MzPt ⁻¹	Pmz g	Pod %	Aca %	Enf 1 a 5	Aspt 1 a 5	Asmz 1 a 5	Cob %	Tex 1 a 4	Desg %
P-4039	8,76	0,57	53	231	120	6,66	6,47	0,97	132	4,1	27	2,0	3,0	2,8	2,0	1,4	87
ADV-9789	8,57	0,37	52	217	112	6,51	6,30	0,97	125	2,8	29	1,7	2,7	2,7	0,7	1,1	92
ADV-9779	8,37	0,29	54	219	116	6,41	6,20	0,97	126	3,2	34	1,6	2,8	2,8	0,6	1,2	91
P-4226	7,99	0,03	52	234	123	6,64	6,48	0,98	124	3,4	20	2,2	3,1	2,8	0,3	1,0	84
ADV-9293	7,97	-0,06	54	218	114	6,47	6,17	0,95	125	3,9	23	1,9	2,8	2,8	0,9	1,0	87
30F-35	7,43	-0,50	53	232	113	6,52	6,20	0,95	116	5,2	19	1,9	2,8	3,0	3,0	2,8	87
SV-3243	7,18	-0,70	51	220	117	6,38	6,23	0,98	115	4,0	39	2,2	2,9	2,9	0,3	1,1	85
Promedio	8,04	0,00	53	225	117	6,51	6,29	0,97	123	3,8	27	1,9	2,9	2,8	1,1	1,4	87
DMS 5%	0,41	0,30	0,4	3	2	0,15	0,18	0,05	5	1,5	6,0	0,1	0,1	0,1	0,8	0,2	---

Rend = Rendimiento de grano, RN_i = Rendimiento Normalizado, Flor = Floración femenina, AlPt = Altura de planta, Almz = Altura de mazorca, Ptm² = Plantas/m², Mzm² = Mazorcas/m², MzPt⁻¹ = Mazorcas por planta, PMz = Peso de mazorcas, Pod = % mazorcas podridas, Aca = % plantas acamadas, Enf = *Bipolaris maydis*, Aspt = Aspecto de planta, Asmz = Aspecto de mazorcas, Cob = % de mala cobertura, Tex = Textura del grano, Desg = % de desgrane

Cuadro 8. Análisis de varianza Tipo IV y componentes principales (PCA) para la variable rendimiento de grano, Panamá, 2017-2019.

F de V	gl	Suma de Cuadrados Tipo IV	Cuadrados Medios
AMB	32	2557,07	79,91**
GEN	6	201,56	33,59**
GEN x AMB	192	420,33	2,19**
PCA-1		37	285,1
PCA-2		35	123,6

□

Las puntuaciones de cada híbrido y localidad son representadas en la gráfica Biplot que se muestra en la Figura 2. Al graficar las puntuaciones de ambos ejes principales, se forma un polígono con los genotipos que están más alejados del centro (Yan et al., 2000). Estos genotipos en los vértices del polígono son considerados los mejores e inferiores dependiendo de su ubicación y son los que más aportan a la interacción (Yan et al., 2007; Samonte et al., 2005). Las líneas punteadas en verde dividen el polígono en sectores o Grupos Ambientales (con ambientes similares entre sí para la respuesta de los genotipos ubicados dentro de cada sector). En donde el genotipo que está ubicado en el vértice de cada sector corresponde al genotipo con mejor rendimiento en el mismo (Yan et al., 2007).



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

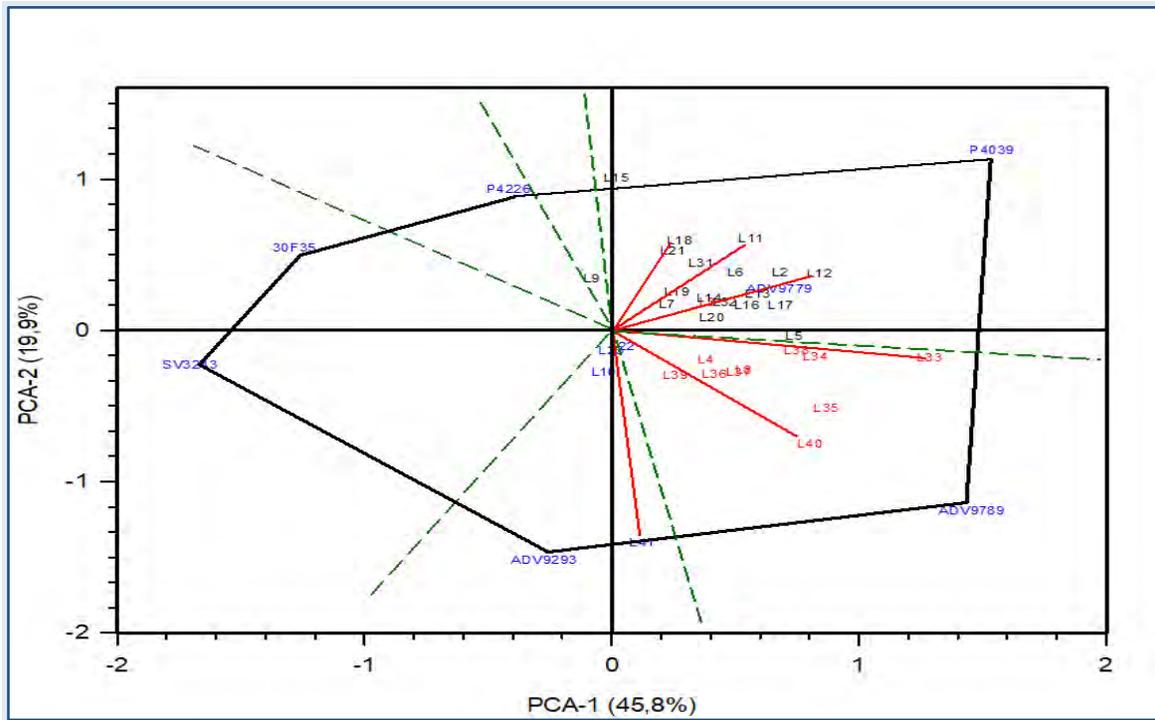


Figura 2. Puntuaciones del primer y segundo eje del componente principal de siete híbridos de maíz grano en 33 localidades de Panamá, 2017-2019 (Biplot GGE-SReg).

□

Determinar el patrón de qué cultivar fue mejor en qué ambiente de un conjunto de localidades es una propiedad intrínseca del Biplot GGE. Si todas las localidades se encuentran en el mismo sector, indica que, un solo cultivar tuvo el mayor rendimiento en todos los ambientes. Si los marcadores ambientales caen en diferentes sectores, esto indica que diferentes cultivares ganaron en diferentes sectores (Yan y Kang, 2003; Yan et al., 2007). Según Yan et al. (2000), las localidades que están más alejadas del centro del gráfico discriminan más los genotipos, mientras que las que están cerca del origen del Biplot, indican que todos los genotipos se desempeñaron de manera similar y, por lo tanto, proporcionan poca o ninguna información sobre las diferencias de genotipo. Un vector corto también podría significar que el entorno no está bien representado por PC1 y PC2 si el Biplot no explica la mayor parte del GGE de los datos (Yan et al., 2000; Yan et al., 2007). En esta evaluación las localidades de Quindío (L33) y El Ejido O del año 2019 (L41) son las más alejadas del centro por lo que son consideradas las que mejor discriminaron a los genotipos evaluados en esta investigación. Gordón et al. (2020),



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

encontró que Quindío fue la que mejor discriminó un grupo de variedades sintéticas evaluadas durante los mismos años.

El resultado del análisis de este ensayo muestra la formación de tres sectores o Grupos Ambientales. El primer sector fue conformado por la Siembra tardía en la localidad de El Ejido (Ejido O) los tres años más el ensayo sembrado en Chiriquí (Grupo ambiental A). Un segundo grupo (Grupo ambiental B) estuvo conformado por las localidades de la Zona Sur que fueron sembradas en el año 2019 y las de Guararé sembradas en 2017 (Zona Norte). En la gráfica se puede observar un tercer grupo (Grupo ambiental C) que fue formado por el resto de las 17 localidades (Grupo Ambiental C). En el Grupo A, el rendimiento más alto se obtuvo con el ADV-9293, el híbrido ADV-9789 fue el más alto en el Grupo B, mientras que en el Grupo C sobresalió el P-4039. De acuerdo a las puntuaciones de los ejes PCA-1 y PCA-2 el híbrido más estable agronómicamente fue el ADV-9779 (valor del PCA-2 más cercano a 0 y PCA-1 más alto).

A pesar de estas diferencias en los Grupos, los cuatro Sub-Grupos formados por ambas metodologías son similares, pero ubicados en distintos Grupos. Este resultado se explica porque ambas metodologías utilizan diferentes cálculos matemáticos para conformar los grupos, en donde la metodología de Ward solo toma en consideración el rendimiento de la localidad sin tomar en cuenta la interacción con los híbridos. Por su parte el Biplot GGE-SReg si toma en cuenta el rendimiento de cada genotipo y separa los grupos tomando en cuenta el desempeño de los genotipos y su interacción con el ambiente. De tal forma que en el gráfico Biplot se puede determinar cuáles fueron los genotipos que mejor desempeño presentan en los grupos o sectores formados, mientras que el Dendograma no hace este tipo de interpretación.

Recomendación de híbridos por Grupo ambiental

Al observar el híbrido con mejor desempeño por localidad y compararlos con los grupos, se encontró que los Grupos formados por Biplot GGE tienen una buena relación con los mejores híbridos por localidad (Cuadro 10). El híbrido con mejor rendimiento en el Grupo A fue el ADV-9293. En el Grupo B, el híbrido más sobresaliente fue el ADV-9789 en el 73% de localidades. Al observar el gráfico Biplot se observa que en el sector que contiene



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

estas localidades se encuentra el ADV-9789, lo que confirma lo descrito por Yan et al. (2000). En el Grupo C no hay un claro ganador, en el mismo sobresalen los híbridos P-4039 seguidos por ADV-9779 y P-4226. Al observar el gráfico Biplot, se observa que en el sector que están las 18 localidades, en la esquina del polígono de este sector está el P-4039 y también se encuentra el híbrido ADV-9779.

Cuadro 10. Porcentaje de las localidades con el híbrido de mayor rendimiento según metodología para formar los Grupos ambientales.

Grupo Ambiental	Rendimiento de grano			% de localidades como mejor híbrido		
	A	B	C	A	B	C
P-4039	3,64	9,99	9,15		9	50
ADV-9789	4,77	10,36	8,32		73	11
ADV-9779	4,13	9,36	8,70	25		22
P-4226	4,43	8,65	8,37		9	17
ADV-9293	5,14	9,58	7,61	75	9	
SV-3243	4,40	8,03	7,27			
30F-35	3,33	8,35	7,77			
No Localidades	5	9	19	4	11	18

□

□

Análisis de confiabilidad o respuesta normalizada

La confiabilidad de la respuesta normalizada de los distintos genotipos presentó una diferencia altamente significativa de acuerdo a los valores obtenidos de los estadísticos de Wald y Cochran ($W= 51,61$; $Q=41,36$). El híbrido con la mejor probabilidad del RN_i fue el P-4039 con un valor de 0,87. Por otra parte, el híbrido ADV-9779, de baja interacción con el ambiente y una puntuación cercana a cero del segundo eje del Componente Principal (PCA2), presentó una respuesta normalizada con un valor de RN_i de 0,81. El ADV-9789 presenta una buena probabilidad del RN_i (0,79) pero un alto valor del PCA2 (-1,190). El resto de los híbridos presentaron respuestas normalizadas menores de 0,75 y valores del PCA2 alejados de 0,00 (Cuadro 11). Eskridge et al. (1993) señalan que, a diferencia de la estabilidad, la confiabilidad permite hacer inferencias más amplias que ésta, ya que, depende de las diferencias con 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 permitir un término de referencia para comparar nuevos genotipos; por lo tanto, es necesario que tengan un nivel competitivo y un



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

desempeño estable a través de los distintos ambientes en que se van a liberar los nuevos cultivares, de lo contrario, si no se tiene un testigo que esté bien adaptado a las condiciones en donde se realiza la investigación, la confiabilidad llevará a conclusiones erróneas (Eskridge y Mumm, 1992).

Cuadro 11. Rendimiento promedio, diferencias de rendimiento (Di), desviación estándar de las diferencias (Sdi), Respuestas normalizadas (RNi) y su probabilidad en 33 localidades con respecto al testigo nacional 30F-35. Panamá, 2017-2019.

HÍBRIDO	Rend ton·ha ⁻¹	Diferencia ton·ha ⁻¹	Desv. Est. ton·ha ⁻¹	Di/Sdi	Probabilidad RNi>0*	Puntuación PCA2
ADV-9293	8,06	0,54	1,17	0,46	0,68	-1,517
ADV-9779	8,51	0,94	1,05	0,89	0,81	0,273
ADV-9789	8,69	1,14	1,40	0,82	0,79	-1,190
P-4039	8,98	1,34	1,16	1,15	0,87	1,188
P-4226	8,18	0,56	0,97	0,58	0,72	0,934
SV-3243	7,27	-0,25	1,23	-0,20	0,42	-0,229
30F-35	7,63	0,00				0,542

* Wald = 51,61 P<0,01 para hipótesis nula de que no hay diferencias entre confiabilidades verdaderas, Q = 41,36, P<0,01

Las curvas de frecuencia acumuladas de la probabilidad normalizada de las diferencias de los seis híbridos, con respecto al testigo 30F-35 se observan en la Figura 3; la confiabilidad de la respuesta difirió a través de las mismas. Según Eskridge et al. (1993) en cuanto más se desplace la función de confiabilidad hacia la derecha, mayor será la diferencia de medias y es más probable que la variedad de prueba supere a la variedad testigo. En esta gráfica se aprecia como el híbrido P-4039 es mejor a las otras tres variedades en superar al testigo en mayor cantidad total para una misma frecuencia acumulada. Se verifica que entre mayor es la diferencia de rendimiento, mayor es la confiabilidad estimada; es decir, si se toma la mediana (50% de todas las localidades), el sintético S10TLYNGSHGAB01 supera al testigo en poco más de 0,70 toneladas, mientras que los otros sintéticos promedian menos 0,17 ton·ha⁻¹. De acuerdo a Camargo et al. (2003), la variación en confiabilidad para los genotipos dentro de un diferencial dado, se debe básicamente a las diferentes magnitudes de las desviaciones estándares a través de los distintos ambientes.



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

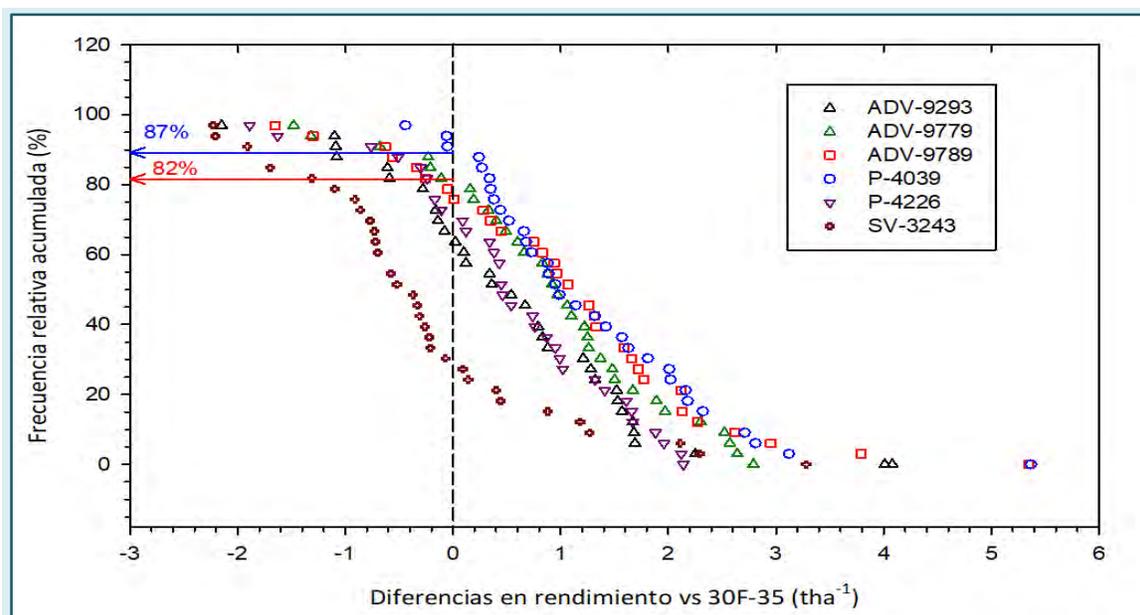


Figura 3, Relación de la frecuencia acumulada de la probabilidad normalizada con las diferencias de rendimiento de las variedades experimentales y el testigo 30F-35, Panamá 2017-2019.

?

CONCLUSIONES

- En general se cuenta con híbridos que presentan buenas características agronómicas y buena tolerancia a las enfermedades foliares, que superan significativamente al testigo local en los distintos ambientes de Panamá.
- Las metodologías empleadas resultan útiles y sencillas para identificar genotipos superiores para su liberación en las áreas de influencia evaluadas.
- Los análisis de estabilidad utilizados permitieron identificar híbridos estables, así como permitió la identificación de la adaptabilidad de algunos híbridos a localidades específicas de la Región.
- El análisis de confiabilidad es una herramienta que se complementa y mejora otras herramientas, así como incrementa la certeza de los programas de investigación para recomendar nuevos genotipos.



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

BIBLIOGRAFÍA

- 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. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 159-169.
- 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.
- Camargo, I., Gordón, R., y Fuentes, M.R. (2003). Estabilidad y confiabilidad de los nuevos híbridos de maíz en comparación al testigo regional HB-83, 1998-200. *Agron. Mesoamericana*, 14(2), 129-134.
- 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.
- Cornelius, P.L., Crossa, J., y Seyedsadr, M.S. (1996). Statistical test and estimators of multiplicative models for genotype-by-environment interaction. En: Kang, M.S. y Gauch, H.G. (eds). *Genotype-by-environment interaction*. Boca Ratón, FL., CRC Press. 199-234.
- Crossa, J., Gauch Junior, H.G., y Zobel, R.W. (1990). Additive main effects and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. *Crop Science*, 30, 493-500.
- 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.
- 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.
- 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.



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

- Falconer, D.S. (1990). Introducción a la genética cuantitativa. 3ª imp. Compañía Editorial Continental S.A., MEX.
- Gauch Junior, H.G., y Zobel, R.W. (1989). Accuracy and selection success in yield trial analyses. *Theoretical and Applied Genetics*, 77, 473-481.
- Gordón M, R., Franco, J.E., Núñez, J.I., Sáez, A.E., Jaén., J.E., Ramos, F.P., y Ávila, A.E. (2019). Evaluación de la adaptabilidad de híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la Región de Azuero, Panamá, 2017. *Visión Antataura*, 3(2), 15-32.
- Gordón M, R., Franco, J.E., Núñez, J.I., Sáez, A.E., Ramos, F.P., Jaén, J.E., y San Vicente, F.M. (2020). Evaluación y selección de variedades de maíz para sistemas de agricultura familiar en Panamá, 2017-2019. *Ciencia Agropecuaria*, 31, 99-126.
- Gordón M, R. (2020). Variabilidad climática en la Región de Azuero y su efecto sobre el cultivo de maíz. IDIAP.
- Gordón M, R., Franco, J.E., Núñez, J.I., Sáez, A.E., y Jaén, J.E. (2017a). Adaptabilidad de 20 híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la zona maicera de la Región de Azuero, Panamá, 2016. *Visión Antataura*, 1(2), 1-17.
- Gordón M, R., Franco, J., Núñez, J., Jaén, J., Sáez, A., Ramos, F., y Ávila, A. (2017b). Variedades de maíz en la Región de Azuero, Panamá, 2017. *Ciencia Agropecuaria*, 28, 117-131.
- Gordón M, R., y Camargo B, I. (2015). Selección de estadísticos para la estimación de la precisión experimental en ensayos de maíz. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 26(1), 55:63.
- Gordón M, R. (2009). Manejo Integral del cultivo de Maíz. Folleto Técnico. IDIAP. 20 p.
- Gordón, R., Camargo, I., Franco, J., y González, A. (2004). Impacto de la Precipitación Pluvial en el Rendimiento de Grano del Maíz en la Región de Azuero, Panamá, 1995-2003. I. Análisis de la Distribución de Lluvias y su Relación con la Época de Siembra. *Ciencia Agropecuaria*, 16, 17-30.



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

- Holland, J.B., Nyquist, W.E., y Cervantes-Martínez, C.T. (2003). Estimating and interpreting heritability for plant breeding and update. *Plant Breed. Rev.* 22, 9-11.
- Johnson, D.E. (2000). *Métodos multivariados aplicados al análisis de datos*. International Thompson Editors. 566 p.
- Nuland, D.S., y Eskridge, K.M. (1992). Probability of outperforming a check. In: H.F. Schwartz (ed.). *Proceedings, 35th Bean Improvement Cooperative Meetings*. Colorado State Univ. For. Collins. CO. p. 17-20. *Theor. Appl. Genet.* 84, 494-500.
- Samonte, S.O.PB., Wilson, L.T., McClung, A.M., y Mendley, J.C. (2005). Targeting cultivars onto rice growing environments using AMMI and SREG GGE Biplot analyses. *Crop. Sci.* 45, 2414-24124.
- 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.
- Yan, W. (2014). *Crop variety trials. Data management and analysis*. John Wiley & Sons Inc., MA, USA.
- Yan, W., y Holland, J.B. (2010). A heritability-adjusted GGE Biplot for test environmental evaluation. *Euphytica* 171, 355-369.
- Yan, W, Kang, M.S., S. Woods, B. Ma, y Cornelius, P.L. (2007). GGE Biplot vs. AMMI analysis of genotype-by-environment data. *Crop Sci.* 47, 641-653.
- Yan, W., y Kang, M.S. (2003). *GGE Biplot Analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists*. CRC Press, Boca Ratón, FL. 271 p.
<https://books.google.com.pa/books?id=Bz2SpUxqnc&pg=PP1&ots=neKRaeTiBv&lr&pg=PA8#v=onepage&q&f=false>.



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

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.

Yan, W., Cornelius, P., Crossa, J., y Hunt, L.A. (2001). Two types of GGE Biplots for analyzing multi environment trial data. Crop Sci. 41, 656-663.

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.

Zobel, R.W., Madison, J.W., y Gauch, H.G. Jr. (1988). Statistical analysis of a yield trial. Agron. J. 80, 388-393.



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

SOSTENIBILIDAD DEL AGROECOSISTEMA DE CAFÉ ROBUSTA EN LA PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ¹

Rubén D. Collantes G.²; José A. Lezcano B.³; Liliam M. Marquínez B.⁴

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la sostenibilidad del agroecosistema de café robusta (*Coffea canephora*), en la provincia de Colón, Panamá. Para ello, mediante información obtenida a través de encuestas estructuradas, dirigidas a 40 productores de café de la provincia de Colón; se realizó un análisis de conglomerados de k medias con distancia euclídea, para determinar la conformación de grupos de fincas productoras de café robusta; siendo los criterios considerados las hectáreas cultivadas con café, el rendimiento en kg/ha, el número de jornales ocupados para la actividad y el manejo de sombra. Se elaboró un conjunto de indicadores y subindicadores de sostenibilidad para las dimensiones social, económica y técnico-ambiental. Se establecieron como criterios de sostenibilidad en una escala de 1 – 5, que el índice de sostenibilidad promedio para cada dimensión y el índice de sostenibilidad general deben ser iguales o mayores a 3. Los resultados obtenidos reflejaron que, existen cinco tipos de fincas productoras de café robusta en Colón; de las cuales se destacó el grupo 5, constituido por una finca que cuenta con más de siete hectáreas cultivadas con café, con rendimiento promedio superior a los 726 kg/ha, ocupa de 1 – 3 personas permanentemente en la actividad y maneja el café con sombra permanente. De acuerdo con el análisis de sostenibilidad, todos los tipos de finca son sostenibles en la dimensión ambiental, pero ninguna finca es social ni económicamente sostenible; además de que, en ninguno de los casos, el índice de sostenibilidad general fue igual o mayor a 3. Estos resultados reflejan que, si bien el cultivo de café robusta en Colón contribuye con la protección del ambiente en la cuenca del Canal de Panamá, se requiere mejorar la calidad de vida de las personas y fomentar la diversificación productiva, acompañada de empoderamiento e implementación de nuevas tecnologías.

Palabras clave: Análisis de agroecosistema, café, índices, sostenibilidad, tipificación.

¹Recepción: 25 de septiembre de 2020. Aceptación: 7 de abril de 2021. Proyecto del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP): Investigación e Innovación tecnológica para el manejo integrado de *Hemileia vastatrix* e *Hypothenemus hampei* para la competitividad de la cadena agroalimentaria del café.

²IDIAP, Centro de Innovación Agropecuaria de Chiriquí (CIA Chiriquí). Ph.D. en Agricultura Sustentable. e-mail: rdcg31@hotmail.com

³IDIAP, CIA Chiriquí. M.Sc. Parasitología Agrícola. e-mail: josealb53@hotmail.com

⁴IDIAP, CIA Chiriquí. M.Sc. Socioeconomía Ambiental. e-mail: marieth-0509@hotmail.com



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

SUSTAINABILITY OF ROBUSTA COFFEE AGROECOSYSTEM IN THE PROVINCE OF COLÓN, PANAMA

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the sustainability of the robusta coffee agroecosystem (*Coffea canephora*), in the province of Colón, Panama. To do this, from data obtained through structured surveys, directed to 40 coffee producers in the province of Colón; A conglomerate analysis of k means with Euclidean distance was carried out to determine the conformation of groups of robusta coffee farms. The criteria being considered was the hectares cultivated with coffee, yield in kg/ha, number of people employed for the activity and shade management. A set of sustainability indicators and sub-indicators was developed for the social, economic and technical-environmental dimensions. Sustainability criteria were established on a scale from 1 – 5, that the average sustainability index for each dimension and the general sustainability index must be equal to or greater than 3. The results obtained reflected that there are five types of farms producing robusta coffee in Colón; Of which group 5 stood out, consisting of a farm that has more than seven hectares cultivated with coffee, with an average yield greater than 726 kg/ha, occupies 1 – 3 people in the activity and handles coffee with permanent shade. According to the sustainability analysis, all types of farm are sustainable in the environmental dimension, but none of them is socially or economically sustainable; In addition, in none of the cases the general sustainability index was equal to or greater than 3. These results reflect that, although the robusta coffee crop in Colón contributes to the protection of the environment in the Panama Canal basin, It is necessary to improve life quality of people and promote productive diversification, accompanied by empowerment and implementation of new technologies.

Key words: Agroecosystem analysis, coffee, index, sustainability, typing.

INTRODUCCIÓN

El café robusta (*Coffea canephora*), es un cultivo estratégico en programas de reforestación de la cuenca del Canal de Panamá. Dichas actividades iniciaron en 1997, a razón de 50 ha reforestadas por año. Mediante el Programa de Incentivos Económicos Ambientales (PIEA), apoyado por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) y la Autoridad Nacional del Ambiente (hoy, Ministerio de Ambiente), se benefició a más de 49 poblaciones de la cuenca, es decir, más de 5000 ha reforestadas con café y cacao, que son más de tres millones de árboles plantados en la cuenca; sin sumar los plantados como compensación por obras de ampliación del canal (Rodríguez, 2014).



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

En Colón, se han realizado actividades de fomento y capacitación sobre el cultivo en comunidades de pequeños productores; evidenciado en los trabajos de Ábrego (2012) y Ábrego (2017). Sin embargo, Echeverría (2019), indico que Colón no destaca en la actividad agropecuaria o el turismo, no por falta de recursos, pero sí por la falta de conocimiento de los pobladores, que no ven en sus terrenos una manera factible de generar ingresos; además del bajo precio que se paga por el café producido en Colón, aproximadamente USD 0,85 por kilogramo seco y en cereza se paga la mitad o menos.

Si bien el principal propósito de fomentar el cultivo del café robusta es la protección del ambiente, la sostenibilidad de un agroecosistema comprende tres dimensiones: Social, Económica y Ambiental. En este sentido, Sarandón et al. (2006), han propuesto metodologías para la elaboración de indicadores de sostenibilidad, para facilitar la comprensión del agroecosistema. Esto ha sido adecuado por Márquez y Julca (2015), para el cultivo del café en Cuzco-Perú, y por Collantes y Rodríguez (2015), para evaluar la sustentabilidad de fincas productoras de aguacate y mandarina.

Basados en lo citado previamente y en atención a la necesidad de brindar alcances más objetivos y en detalle, sobre la situación del cultivo de café robusta en áreas pertenecientes a la cuenca del Canal de Panamá; el objetivo del presente estudio fue analizar la sostenibilidad del agroecosistema de café en la provincia de Colón.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la provincia de Colón, República de Panamá. Como continuación al trabajo de caracterización realizado por Collantes et al. (2020), quienes realizaron encuestas estructuradas dirigidas a productores de café; se realizó un análisis de conglomerados de k medias con distancia euclídea, para determinar la conformación de grupos de 40 fincas productoras de café robusta; siendo los criterios considerados las hectáreas cultivadas con café, el rendimiento, los jornales ocupados y el manejo de sombra. Dicho análisis se realizó mediante el programa PSPP, empleando una escala de 1 – 5, para cada uno de los criterios de selección (Cuadro 1).



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

Cuadro 1. Criterios para la conformación de conglomerados de k medias.

Criterio	Escala	Detalle	Criterio	Escala	Detalle
Área con café (ha)	5	> 7 ha	Jornales	5	> 10 jornales
	4	5.01 – 7 ha		4	7 – 10 jornales
	3	3.01 – 5 ha		3	4 – 6 jornales
	2	1 – 3 ha		2	1 – 3 jornales
	1	< 1 ha		1	No ocupa jornales
Rendimiento (kg/ha)	5	> 726 kg/ha	Manejo de sombra	5	Ambas sombras
	4	544.1 – 726 kg/ha		4	Sombra permanente
	3	363.1 – 544 kg/ha		3	Sombra temporal
	2	227 – 363 kg/ha		2	Arreglo definido sin sombra
	1	< 227 kg/ha		1	Sin arreglo ni sombra

Para la construcción de los indicadores y subindicadores de sostenibilidad, se tomó como referencia las propuestas de Márquez y Julca (2015), Collantes y Rodríguez (2015); ajustándolas al criterio de expertos, para establecer valores de 1 – 5. Esta modificación de escala se debe a que en Panamá se emplea comúnmente calificaciones de 1 – 5. Los requisitos de sostenibilidad son que los índices por dimensión y el índice de sostenibilidad general, sean iguales o mayores a 3.

En la dimensión social, se consideraron como subindicadores la satisfacción de las necesidades básicas, la integración social y familiar, los conocimientos y las oportunidades de desarrollo local; con siete variables para análisis (Cuadro 2).

Respecto a la dimensión económica, los subindicadores propuestos corresponden a la rentabilidad, ingresos y riesgo económico; considerándose un total de seis variables para el análisis (Cuadro 3).

En cuanto a la dimensión técnico-ambiental, se propuso como subindicadores el riesgo de erosión del suelo y el manejo del agroecosistema; los cuales incluyen ocho variables (Cuadro 4). Para el desarrollo de la evaluación del agroecosistema, con los subindicadores propuestos en las tres dimensiones, se seleccionó al azar una finca representativa por cada grupo conformado mediante el análisis de conglomerados de k medias, desarrollado previamente. Considerando que todas las variables propuestas



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

(Cuadros 2 y 4), son de vital importancia para el análisis de sostenibilidad, se les asignó la misma ponderación.

Cuadro 2. Subindicadores Sociales, Variables y Escalas propuestas.

Subindicador	Variables	Valor	Detalle	
DIMENSIÓN SOCIAL	Acceso a la Educación (A1)	5	Superior y/o capacitaciones	
		4	Educación Secundaria	
		3	Primaria y Secundaria limitada	
		2	Acceso a Escuela Primaria	
		1	Sin acceso a educación	
	Satisfacción de necesidades básicas (A)	Acceso a Salud y Cobertura Sanitaria (A2)	5	< 1 km
			4	1,1-3 km
			3	3,1-5 km
			2	5,1-10 km
			1	> 10 km
	Servicios (A3)		5	Completos
			4	Agua potable y Electricidad
			3	Electricidad y acceso a agua
			2	Acceso a agua
			1	Sin electricidad ni agua
	Integración Social y Familiar (B)	Participación en organizaciones (B1)	5	Muy alta
			4	Alta
			3	Media
			2	Baja
			1	Nula
Participación de la familia en la actividad productiva (B2)		5	> 3	
		4	3	
		3	2	
		2	1	
		1	No participan	
Conocimientos (C)	Tecnología y conciencia ecológica (C1)	5	Visión holística e integradora	
		4	C. práctico, responsable y abierto	
		3	C. parcializado, difícil adopción	
		2	Sin noción ecológica, baja adop. Tec.	
		1	Sin conciencia ni interés en aprender	
Oportunidades de Desarrollo Local (D)	Mano de obra para cosecha (D1)	5	> 10 jornales	
		4	7-10 jornales	
		3	4-6 jornales	
		2	1-3 jornales	
		1	No ocupa más jornales	



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

Cuadro 3. Subindicadores Económicos, Variables y Escalas propuestas.

	Subindicador	Variables	Valor	Detalle
DIMENSION ECONOMICA		Rendimiento (kg/ha) (A1)	5	> 726 kg/ha
			4	544,1 – 726 kg/ha
			3	363,1 – 544 kg/ha
			2	227 – 363 kg/ha
			1	< 227 kg/ha
	Rentabilidad (A)	Precio de venta por quintal (A2)	5	> USD 75.00
			4	USD 60,01-USD 75,00
			3	USD 45,01-USD 60,00
			2	USD 30,00-USD 45,00
			1	< USD 30,00
		Costo productivo por hectárea (A3)	5	USD 2500,01-USD 3000,00
			4	USD 2000,01-USD 2500,00
			3	USD 1500,01-USD 2000,00
			2	USD 1000,00-USD 1500,00
			1	< USD 1000,00
	Ingresos (B)	Ingreso neto Mensual (B1)	5	> USD 2200,00
			4	USD 1600,01-USD 2200,00
			3	USD 1000,01-USD 1600,00
			2	USD 400,00-USD 1000,00
			1	< USD 400,00
Riesgo Económico (C)	Diversificación para la venta (C1)	5	6 o más productos	
		4	4-5 productos	
		3	3 productos	
		2	2 productos	
		1	1 producto	
	Dependencia de insumos externos (C2)	5	Sólo de la finca	
		4	Mayormente de la finca	
		3	Externos y de la finca	
		2	Mayormente externos	



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

Cuadro 4. Subindicadores Técnico-Ambientales, Variables y Escalas propuestas.

Subindicador	Variables	Valor	Detalle	
DIMENSIÓN TÉCNICO-AMBIENTAL	Pendiente predominante (A1)	5	0-5%	
		4	6-15%	
		3	16-30%	
		2	31-45%	
		1	> 45%	
	Riesgo de Erosión (A)	Cobertura vegetal (A2)	5	100%
			4	75-99%
			3	50-74%
			2	25-49%
			1	<25%
	Conservación del suelo (A3)		5	Curvas de nivel o terrazas
			4	Barreras vivas y muertas
			3	Barreras muertas
			2	Surcos con arreglo de plantación, orientados a la pendiente
			1	Surcos paralelos a la pendiente, sin barreras
	Arreglo de la plantación y manejo de sombra (B1)		5	Arreglo definido, con ambas sombras
			4	Arreglo definido, con sombra permanente
			3	Arreglo definido, con sombra temporal
			2	Arreglo definido
			1	Arreglo indefinido
Diversificación de cultivos (B2)		5	Totalmente diversificada con socios y vegetación natural	
		4	Altamente diversificada con socios medios	
		3	Diversificada, con baja asociación	
		2	Poca diversidad, sin asociación	
		1	Monocultivo	
Manejo del Agroecosistema (B)	Áreas de conservación (B3)	5	> 2 ha	
		4	1,1-2 ha	
		3	0,51-1 ha	
		2	0,1-0,5 ha	
		1	No tiene área de conservación	
Variedad cultivada (B4)		5	Robusta Mejorado y dos variedades locales	
		4	Robusta Mejorado y una variedad local	
		3	Robusta Mejorado	
		2	Robusta y/o Caracolillo	
		1	No tiene cultivo establecido	
		5	Manejo del cultivo óptimo, con productos amigables con el ambiente	



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

El índice de sostenibilidad social (I_s), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$I_s = \frac{A1 + A2 + A3 + B1 + B2 + C1 + D1}{7}$$

El índice de sostenibilidad económica (I_k), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$I_k = \frac{A1 + A2 + A3 + B1 + C1 + C2}{6}$$

El índice de sostenibilidad ambiental (I_{amb}), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$I_{amb} = \frac{A1 + A2 + A3 + B1 + B2 + B3 + B4 + B5}{8}$$

El índice de sostenibilidad general (IS_{gen}), se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$IS_{gen} = \frac{I_s + I_k + I_{amb}}{3}$$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados del análisis de conglomerados de k medias, se conformaron cinco grupos de fincas, de los cuales destacó el grupo 5, por contar con un área cultivada superior a las 7 ha, rendimiento de más de 726 kg/ha, ocupa 1 – 3 personas permanentemente y maneja sombra permanente. Al grupo 5 sólo perteneció una finca; mientras que, la mayoría de las fincas (92,5%), correspondientes a los grupos 1 (10 fincas), 2 (17 fincas) y 3 (10 fincas), son propiedad de caficultores con 1 – 3 ha cultivadas con café; siendo el grupo 4 (dos fincas), similar al grupo 5 en área cultivada, pero con un rendimiento menor y maneja ambas sombras (Cuadro 5).

De los cinco grupos conformados mediante el análisis de conglomerados de k medias, para el análisis de sostenibilidad, se seleccionó al azar por cada grupo, las fincas 31 (grupo 1), 40 (grupo 2), 21 (grupo 3), 17 (grupo 4) y 30 (grupo 5).



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

Cuadro 5. Grupos de fincas, de acuerdo con el análisis de conglomerados de k medias.

Grupo	Cantidad de fincas	Características de las fincas
1	10	1 – 3 ha con café, rendimiento menor a 227 kg/ha, ocupan 1 – 3 jornales en la actividad y poseen sombra permanente.
2	17	1 – 3 ha con café, rendimiento entre 363.1 – 544 kg/ha, ocupan 1 – 3 jornales en la actividad y poseen sombra permanente.
3	10	1 – 3 ha con café, rendimiento entre 227.1 – 363 kg/ha, ocupan más de 10 jornales en la actividad y poseen sombra temporal y permanente.
4	2	Más de 7 ha con café, rendimiento entre 227.1 – 363 kg/ha, ocupan 7 – 10 jornales en la actividad y poseen sombra temporal y permanente.
5	1	Más de 7 ha con café, rendimiento mayor a 726 kg/ha, ocupan de 1 – 3 jornales en la actividad y poseen sombra permanente.

En la dimensión social, ninguno de los grupos de fincas resultó sostenible, dado que el I_s fue menor que 3; debido a que, el acceso a salud y cobertura sanitaria (A2), los servicios básicos (A3) y la participación en organizaciones (B1), obtuvieron valores de uno. Esto es consecuencia de no contar con una oferta educativa de calidad; el acceso limitado a centros de salud, debido a que varias fincas tienen acceso sólo en verano o no pueden ingresar vehículos, lo cual dificulta también la comunicación; además de la ausencia de servicios básicos, como agua y electricidad (Cuadro 6).

En la dimensión económica, ninguno de los grupos de fincas resultó sostenible, dado que el I_k fue menor que 3; debido a que, el costo productivo por hectárea (A3), el ingreso neto mensual (B1) y la diversificación productiva (C1), obtuvieron valores de uno. En este sentido, el costo productivo se interpretó como la inversión realizada por el productor en la finca, lo cual se traduce en posibles mejoras tecnológicas. Sin embargo, durante el presente estudio se observó que, ninguno de los productores ha realizado una inversión considerable en el cultivo, aparte de los posibles incentivos recibidos de los programas de fomento previamente citados (Cuadro 7).



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

Cuadro 6. Dimensión Social.

Grupo	A1	A2	A3	B1	B2	C1	D1	I_s
1	5	1	1	1	4	3	2	2.43
2	2	1	1	1	4	2	2	1.86
3	2	1	1	1	2	3	5	2.14
4	4	1	1	1	3	4	4	2.57
5	5	1	1	1	5	4	2	2.71

Cuadro 7. Dimensión Económica.

Grupo	A1	A2	A3	B1	C1	C2	I_k
1	1	3	1	1	1	2	1.50
2	3	3	1	1	1	4	2.17
3	2	2	1	1	1	4	1.83
4	2	3	1	1	1	4	2.00
5	5	3	2	1	1	3	2.50

La provincia de Colón es la segunda en generar riquezas en el país, según Díaz (2018), pero no ha sido tomada en cuenta al repartir dichas riquezas y poder mejorar así la calidad de vida de las personas; siendo además la provincia con mayor tasa de desempleo, cercana al 10%. Por su parte, Valdés (2019), indicó que el costo de vida mínimo para una familia de cuatro integrantes es de USD 1040.00, lo cual es mayor al salario mínimo actual.

En la dimensión técnico-ambiental, todos los grupos de fincas resultaron ser sostenibles, al lograr un I_{amb} igual o mayor que 3. Sin embargo, respecto a las pendientes predominantes (A1), ninguno de los grupos de fincas ha implementado alternativas de manejo, por lo cual sería meritorio considerar a futuro el establecimiento de andenes, gaviones o pasto vetiver (Cuadro 8). Esto último, concuerda con Miranda (2016), quien afirmó que, es recomendable el establecimiento del pasto vetiver para el manejo y conservación del suelo, por la fortaleza de sus raíces, la rapidez de su crecimiento y la tolerancia a diferentes tipos de suelos. Por su parte, Altieri y Nicholls (2010), han enfatizado que, mediante un diseño adecuado del agroecosistema, se aprovechan interacciones de la biota funcional y, por ende, los servicios naturales.

Cuadro 8. Dimensión Técnico-Ambiental.

Grupo	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	B5	I_{amb}
1	1	4	2	4	3	4	2	4	3.00
2	1	4	2	4	3	5	4	4	3.38
3	1	4	2	5	3	5	2	3	3.13
4	1	4	2	5	3	4	2	3	3.00
5	1	4	2	4	3	5	4	4	3.38

Cuadro 9. $I_{S_{gen}}$ calculado por grupo.

Grupo	I_s	I_k	I_{amb}	$I_{S_{gen}}$
1	2.43	1.50	3.00	2.31
2	1.86	2.17	3.38	2.47
3	2.14	1.83	3.13	2.37
4	2.57	2.00	3.00	2.52
5	2.71	2.50	3.38	2.86

Respecto al índice de sostenibilidad general (Cuadro 9), ninguno de los grupos de fincas resultó ser sostenible, dado que ninguno de los valores del $I_{S_{gen}}$ fue igual o mayor que 3 y,



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

además, tampoco fueron sostenibles en la dimensión social ni económica. Al representar gráficamente el triángulo de la sostenibilidad (Figura 1), se observa que, el grupo 5 es el que más próximo estaría de poder lograr en algún momento la sostenibilidad, respaldado principalmente por los rendimientos obtenidos, la participación de varios miembros de la familia en la actividad productiva y el poseer más de 2 ha como área de conservación. Sin embargo, de modo similar a los demás grupos de fincas, se requieren mejoras integrales en las tres dimensiones de la sostenibilidad.

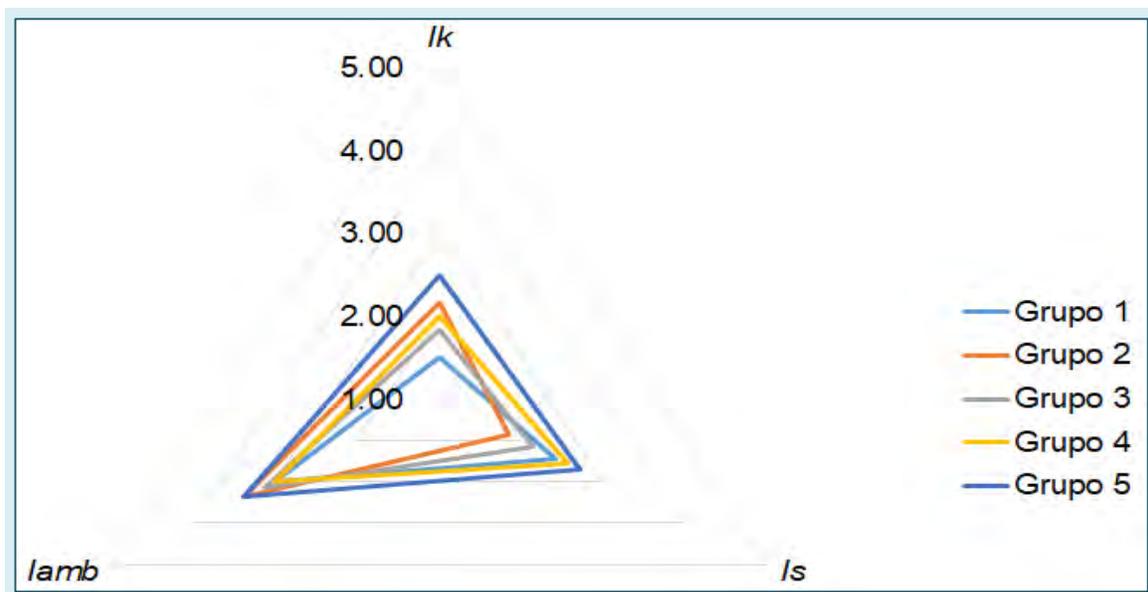


Figura 1. Triángulo de Sostenibilidad para los grupos de fincas de café en Colón.

CONCLUSIÓN

- El agroecosistema de café robusta en Colón no es sostenible. Sin embargo, la dimensión ambiental ha resultado ser sostenible, lo cual indica la necesidad de una mejora integral en las dimensiones social y económica, además de un reforzamiento en el manejo y conservación del suelo.

RECOMENDACIONES

- Se requiere mejorar la calidad de vida de las personas y fortalecer la diversificación productiva, el empoderamiento e implementación de tecnologías vigentes; en aras de



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

que el desarrollo integral del agroecosistema de café robusta, genere oportunidades de empleo, una mejor comercialización del café y productos innovadores en la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

- Ábrego, C. (2012). *Manual para la producción orgánica de café robusta*. Proyecto Integral para el Desarrollo de la Costa Abajo de Colón. MIDA, R-6, Colón, PA. 48 p. https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual_Cafe_Robusta/manual_cafe_robusta.pdf
- Ábrego, T. (2017). Técnicos del MIDA en Colón capacitan sobre manejo integrado de café robusta en Colón. Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA. <https://mida.gob.pa/blog/tecnicos-del-mida-en-colon-capacitan-sobre-manejo-integrado-de-cafe-robusta-en-colon/>
- Altieri, M., & Nicholls, C. (2010). *Diseños Agroecológicos para Incrementar la Biodiversidad de Entomofauna Benéfica en Agroecosistemas*. 1a ed. Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología (SOCLA). Medellín, CO. 80 p. http://multiversidad.es/wordpress/wp-content/uploads/2015/11/Disenos-Agroecologicos-para-incrementar-las-poblaciones-de-insectos-beneficos_.pdf
- Collantes, R., Lezcano, J., Marquínez, L., y Ibarra, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café robusta en la provincia de Colón, Panamá. *Ciencia Agropecuaria* 31, 156-168.
- Collantes, R., y Rodríguez, A. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. *Tecnología & Desarrollo* 13(1), 27-34. <https://www.researchgate.net/publication/304580657>
- Díaz, D. (2018). Colón: la segunda provincia en generar riquezas, pero rodeada de pobreza. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/colon-la-segunda-provincia-en-generar-riquezas-pero-rodeada-de-pobreza-1099817>



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

- Echeverría, M. (2019). Café, el negocio injusto de Colón. La Estrella de Panamá: Nacional. <https://www.laestrella.com.pa/nacional/191220/191219-cafe-negocio-injusto-colon>
- Márquez, F., y Julca, A. (2015). Indicadores para evaluar la sustentabilidad en fincas cafetaleras en Quillabamba, Cusco, Perú. *Saber y Hacer* 2(1), 128-137. <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/45>
- Miranda, R. (2016). *Revisión panorámica del uso del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) en restauración de taludes como técnica de bioingeniería del suelo*. Trabajo presentado como requisito para optar al título de Magister en Ciencias Ambientales. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, CO. 119 p. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1757/T072.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, O. (2014). El modelo de reforestación en la Cuenca del Canal. *El Faro, febrero 2014*, No. 81, 7-8. <https://wpeus2sat01.blob.core.windows.net/micanaldev/elfaro/elfaro2016/elforo2015/elfaro-20150201.pdf>
- Sarandón, S., Zuluaga, M., Cieza, R., Gómez, C., Janjetic, L., y Negrete, E. (2006). Evaluación de la sustentabilidad de sistemas agrícolas en fincas de Misiones, Argentina, mediante el uso de indicadores. *Agroecología* 1, 19-28. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/14/5>
- Valdés, I. (2019). Costo de la vida en Panamá es de \$1,040, por arriba del salario mínimo, afirmó Genaro López. Panamá América. <https://www.panamaamerica.com.pa/economia/costo-de-la-vida-en-panama-es-de-1040-por-arriba-del-salario-minimo-afirmo-genaro-lopez>

AGRADECIMIENTOS

Al subcentro del IDIAP en Buena Vista – Colón, por el apoyo logístico. A los productores, por su tiempo y atención durante la realización del presente estudio.



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

IDENTIFICACIÓN DE MALEZAS EN EL CULTIVO DE ÑAME (*Dioscorea alata* L.)¹

Orlando Osorio-Burgos²; Luis Carlos Salazar-Pinilla³; Sergio Cornejo-López⁴

RESUMEN

Las malezas representan una amenaza significativa para los sistemas de producción agropecuaria y su control es importante, basado en el nivel de daño económico. El objetivo fue el reconocimiento de las malezas asociadas al cultivo de ñame como factor primordial para el análisis de umbrales agroeconómicos y como estrategia para el manejo integrado, en una región con un 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 Ocu (Herrera) entre 80 y 184 msnm, en 2016 y 2018, durante la estación seca (enero a marzo) y estación lluviosa (junio a diciembre). En cada parcela se realizó una caminata en forma de zig zag y se colectaron muestras de malezas invasoras. Se identificaron 86 especies pertenecientes a 28 familias botánicas. Se identificaron 69 especies de malezas dicotiledóneas, representando el 80%, agrupadas en 25 familias y las 17 especies restantes pertenecientes a las monocotiledóneas representaron el 20%. Del total de malezas muestreadas, el 35% correspondió a las familias Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae (10 especies c/u); 8% Asteraceae, (7 especies); 17% Convolvulaceae, Cyperaceae y Malvaceae (5 especies c/u); 5% Rubiaceae (4 especies); 7% Solanaceae y Verbenaceae (3 especies c/u); 14% Acanthaceae, Amaranthaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Menthaceae, y Sterculiaceae (2 especies c/u) y el 14% restante se encontró homogéneamente distribuido entre las familias: Apocynaceae, Bignoniaceae, Capparidaceae, Cucurbitaceae, Loganiaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae y Zygophyllaceae, correspondiente a una especie de cada familia. Las familias más importantes son las Cyperaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Poaceae y Rubiaceae.

Palabras clave: Daño económico, familias botánicas, umbrales agroeconómicos, especies.

¹Recepción: 10 de diciembre de 2020. Aceptación: 25 de marzo de 2021. Investigación financiada por el Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Centro de Innovación Agropecuaria de Azuero. Ingeniero Germán De León (CIAA). M.Sc. Protección Vegetal. e-mail: odilson24@hotmail.com

³Universidad de Panamá (UP). Facultad de Ciencias Agropecuaria. M.Sc. Malezas e-mail: lcsalazarp@hotmail.com

⁴IDIAP. Centro de Innovación Agropecuaria Divisa (CIAD). Subcentro de Ocu.



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

IDENTIFICATION OF WEEDS IN THE PRODUCTION IN YAM PLANTATIONS (*Dioscorea alata* L.)

ABSTRACT

Weeds represent a significant threat to agricultural production systems and the importance of their control, based on the level of economic damage is strongly supported in agriculture worldwide. The objective was the recognition of the weeds associated with the cultivation of yam that is a fundamental factor for the analysis of agroecological thresholds, and as the first strategy of integrated management of the crop. 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 weeds was carried out in the districts of Atalaya (Veraguas), Las Minas, Pesé and Ocú (Herrera) between 80 and 184 masl, in the years 2016 and 2018, in the dry season (January to March) and rainy season (June to December). In each plot, a zig zag trek was carried out and invasive weed samples were collected; 86 species belonging to 28 botanical families were identified. We identified 69 species of dicotyledonous weeds, representing 80%, grouped into 25 families and the remaining 17 species belonging to monocotyledonous represented 20%. The remaining 17 species belonging to the monocotyledons represented 20. Of the total saplings sampled, 35% corresponds to the families Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae (10 species each); 8% Asteraceae, (7 species); 17% Convolvulaceae Cyperaceae and Malvaceae (5 species each); 5% Rubiaceae (4 species); 7% Solanaceae and Verbenaceae (3 species each); 14% Acanthaceae, Amaranthaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Menthaceae, and Sterculiaceae (2 species each) and the remaining 14% is distributed homogeneously among the families: Apocynaceae, Bignoniaceae, Cappariaceae, Cucurbitaceae, Loganiaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae. Zygophyllaceae, corresponding to one species of each family. The most important families are the Cyperaceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Poaceae and Rubiaceae.

Key words: Economic damage, botanical families, agroecological thresholds, species.

INTRODUCCIÓN

Las plantas asociadas a cultivos, arvenses o malezas, son de gran importancia económica en el cultivo del ñame, sobre todo en plantaciones jóvenes donde existe mayor área de exposición a condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo; lo que favorece que éstas compitan e interfieran con el cultivo, aumentan el costo de manejo, reducen el rendimiento y la calidad de la cosecha.



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

La identificación oportuna de las arvenses o malezas, asociadas a cultivos y potreros de clima cálido, es un factor fundamental, para la determinación de umbrales económicos y biológicos y para el manejo y control de estas especies (Montealegre, 2011).

Las malezas son el peor problema fitosanitario para la agricultura mundial, según la FAO (2011), ya que las pérdidas asociadas a las malezas suman dos billones de toneladas de alimento al año. Las plagas agrícolas, en general, se clasifican en tres grupos: fitopatógenos, artrópodos y malezas. De estos grupos se afirma que las pérdidas causadas por malezas superan las ocasionadas por los otros grupos en su conjunto (Aleman, 1991).

Se estima que las pérdidas ocasionadas a los cultivos agrícolas por la interferencia de las malas hierbas en Brasil son alrededor del 20-30%. Además de la reducción cuantitativa de la producción, ésta puede ser cualitativamente depreciada por la contaminación con semillas y restos de plantas dañinas. Las plantas dañinas pueden aún comprometer indirectamente ciertos cultivos agrícolas por alojar plagas y enfermedades antes de infestar sus propios cultivos (Lorenzi, 2006).

El lento crecimiento inicial, el hábito de crecimiento y la incapacidad de proyectar sombra completamente sobre el suelo, hace al ñame muy susceptible a la competencia de las malezas. La reducción promedio del rendimiento por la competencia no controlada de las malezas en ñame varían entre 40 y 90% (Akobundu, 1990; Hahn, 1984).

En la República de Panamá se estima una explotación agrícola de ñame de 6622,18 hectáreas (CGR, 2011) a un costo de producción de B/. 5229,45 (BDA, 2016), lo que representa una inversión anual de aproximadamente de 34,5 millones de balboas.

El hombre a través de los años investiga y aplica estrategias para el conociendo de los cultivos y se acepta un manejo integral de sus requerimientos agronómicos por tal razón es necesario que obtenga una erudición general de las malezas para un rápido y adecuado reconocimiento, de igual manera, es necesario estar relacionado con parámetros como ciclo de vida, propagación, adaptación a los cambios y al ambiente, entre otros.



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

En la actualidad, los mercados internacionales han ampliado sus exigencias de inocuidad de los alimentos y a través de empresas certificadoras piden cumplir una serie de normas, al conocer las malezas, así como su biología y ecología, podemos buscar las mejores estrategias para minimizar el uso de agroquímicos.

Consecuentemente, resulta necesario hacer trabajos dirigidos inicialmente a saber las especies de malezas, conocer sus aspectos morfológicos y fenotípicos con la finalidad de establecer estrategias de manejo que ayuden a reducir el daño al medio ambiente y bajar el costo de producción. En este sentido, este estudio incluyó la caracterización de las malezas asociadas al cultivo de ñame.

El objetivo de la investigación fue caracterizar la población y crear una base de datos de especies de malezas en el cultivo de yuca que permitan un manejo integrado de sistemas agrícolas sostenibles en armonía con el ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización geográfica del estudio

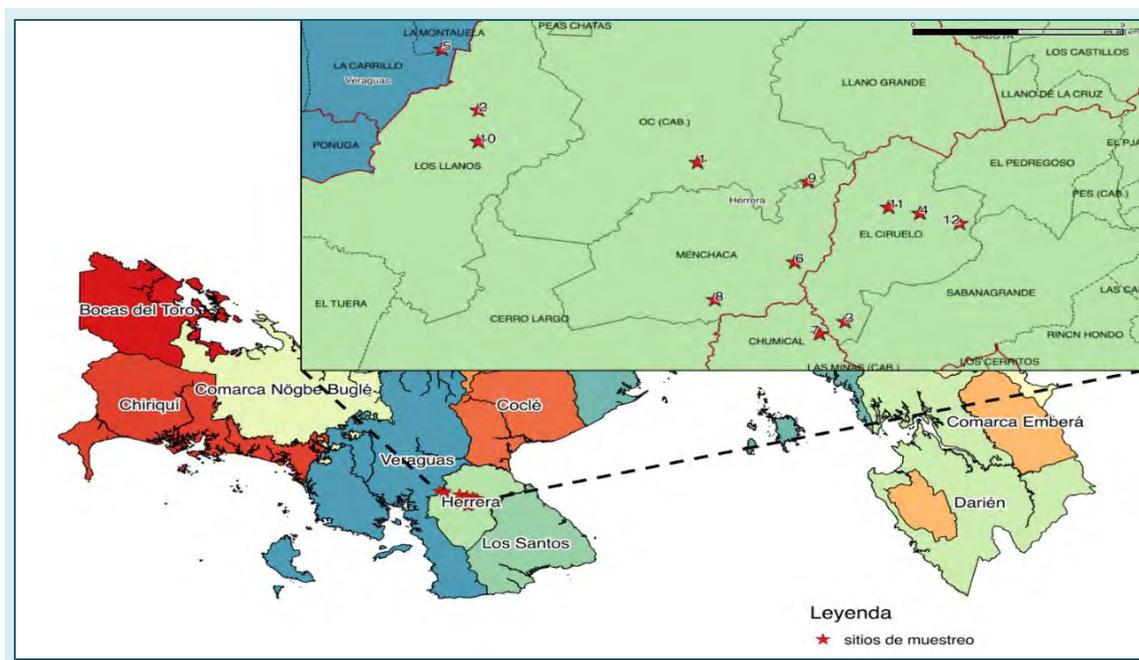
Este estudio se realizó en la República de Panamá en localidades cultivadas en las provincias de Herrera (Ocú, Pesé, Los Pozos, Las Minas) y Veraguas (Atalaya) (Figura 1), entre 80 y 184 msnm, se seleccionaron un total de 12 parcelas de ñame para la colecta de las malezas.

Clima y topografía

La temperatura promedio de la región fue de 27,20° C. Esta región 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. (Batista et al., 2017). Todos los lugares muestreados correspondían a lugares con pendientes entre 3 y 5% de inclinación.



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



Fuente: Elaboración propia utilizando capas vectoriales del STRI, 2020.

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo provincia de Herrera y Veraguas.

Cuadro 1. Ubicación de las parcelas de ñame.

No.	Localidad (poblado, corregimiento, distrito, provincia)	Ubicación geográfica		Altitud (msnm)
		X	Y	
1	Higuito de señales, Ocú, Ocú, Herrera	525412	876607	144
2	La Huaca, Los Llanos, Ocú, Herrera	516043	879336	184
3	El Balillo, Sabana Grande, Pesé, Herrera	531717	868229	125
4	La Trinidad, Ciruelo, Pesé, Herrera	534927	873920	80
5	Lacarillo, Lacarillo, Atalaya, Veraguas	512920	879335	168
6	La Arena, Menchaca, Ocú, Herrera	529580	871358	115
7	Chumical, Chumical, Las Minas	530622	867578	133
8	Menchaca, Menchaca, Ocú, Herrera	526151	869360	144
9	San Pedro, Ocú, Ocú, Herrera	530128	875596	90
10	Los Llanos, Los Llanos, Ocú, Herrera	516034	877681	176
11	La Trinidad, Ciruelo Pesé, Herrera	533578	874244	94
12	La Trinidad, Ciruelo, Pesé, Herrera	536636	873403	114



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

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 2018 en la estación seca (enero a marzo) y estación lluviosa (junio a diciembre). Estas parcelas fueron georreferenciadas usando un posicionador geográfico global. La identificación taxonómica de las especies fue realizada mediante comparaciones visuales (Montealegre, 2011; Rojas y Ramírez, 2013; Martínez y Serracín, 2015) y también, se contó con la ayuda del 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 niveles de enmalezamiento:

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

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las localidades de malezas muestreadas en las 12 parcelas de ñame cultivar monja se identificaron 25 familias de plantas dicotiledóneas (Cuadro 2) y tres familias de plantas monocotiledóneas (Cuadro 3). En total 86 especies perteneciente a 28 familias (Cuadros 2 y 3). Las familias con mayor número de especies fueron Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae; seguido de las familias Asteraceae; Convolvulaceae, Cyperaceae y Malvaceae; Rubiaceae; Solanaceae y Verbenaceae; Acanthaceae, Amaranthaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Menthaceae, y Sterculiaceae y las familias Apocynaceae,



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

Bignoniaceae, Cappariaceae, Cucurbitaceae, Loganiaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae. Zygophyllaceae, cuentan con una especie (Figura 2). Las familias más importantes por el número de especies encontradas fueron las Cyperaceae, Asteraceae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Poaceae y Rubiaceae.

Del 100% de las muestras de malezas asociadas al cultivo de ñame, colectadas en los distritos de Atalaya, Las Minas, Pesé y Ocú el 35% corresponde a la familias Euphorbiaceae, Fabaceae, Poaceae; 8% Asteraceae; 17% Convolvulaceae, Cyperaceae y Malvaceae; 5% Rubiaceae; 7% Solanaceae y Verbenaceae; 14% Acanthaceae, Amaranthaceae, Boraginaceae, Commelinaceae, Menthaceae y Sterculiaceae, y el 14% restante se encuentra distribuido homogéneamente entre las familias: Apocynaceae, Bignoniaceae, Cappariaceae, Cucurbitaceae, Loganiaceae, Onagraceae, Plantaginaceae, Portulacaceae, Scrophulariaceae, Tiliaceae, Violaceae y Zygophyllaceae (Figura 3).



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

Cuadro 2. Malezas dicotiledóneas asociadas al cultivo de ñame.

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
1	Acanthaceae	Suspiro	<i>Nelsonia canescens</i> (Lam.) Spreng.
2	Acanthaceae	Hierba hedionda	<i>Ruellia inundata</i> Kunth.
3	Amaranthaceae	Bledo espinoso, bledo	<i>Amaranthus spinosus</i> L.
4	Amaranthaceae	Bledo	<i>Amaranthus dubius</i> Mart.
5	Apocynaceae	Sombrero chino	<i>Prestonia excerta</i> (A.DC.), Standl.
6	Asteraceae	Botón	<i>Tridax procumbens</i> L.
7	Asteraceae	Oreja ratón	<i>Eleutheranthera rudelaris</i> (Swartz) Schultz-Bip.
8	Asteraceae	Cervulaca, cirulaca, pariteña, mirasol y flor amarilla	<i>Baltimora recta</i> L.
9	Asteraceae	Emilia, pincel	<i>Emilia sonchifolia</i> (L) DC.
10	Asteraceae	Cocadita	<i>Acmella alba</i> (L' Hér.) R.K. Jansen
11	Asteraceae	Botón blanco	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.
12	Asteraceae	Puya puya, quita cutarra, hierba rayo	<i>Spiracantha cornifolia</i> Kunth.
13	Bignoniaceae	Bejuco hormiguero	<i>Batocydia unguis</i> (L).Mart.
14	Boraginaceae	Cola de alacrán	<i>Heliotropium Indicum</i> L.
15	Boraginaceae	Colita de alacrán	<i>Heliotropium fruticosum</i> L.
16	Capparidaceae	Quita ruina	<i>Cleome viscosa</i> L.
17	Convolvulaceae	Flor lila	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meins.
18	Convolvulaceae	Lilita	<i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.
19	Convolvulaceae	Rastrera pegada	<i>Evolvulus convolvuloides</i> (Willd. ex Shult) Stearn
20	Convolvulaceae	Batatilla amarilla	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier F.
21	Convolvulaceae	Batatilla o campanilla veranera	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G.Don.
22	Cucurbitaceae	Meloncillo	<i>Cucumis melo</i> L.
23	Euphorbiaceae	Tamarindillo, tripa de pollo, flor escondida	<i>Phyllanthus amarus</i> Thonn.
24	Euphorbiaceae	Falsa cervrulaca	<i>Bernardia sidoides</i> Arg.
25	Euphorbiaceae	Croton	<i>Croton hirtus</i> L' Hér.



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

Continuación

Familia	Nombre Común	Nombre científico
26	Euphorbiaceae	Lechetrezna, piso <i>Chamaesyce thymifolia</i> (L.) Millsp.
27	Euphorbiaceae	Flor de pascua <i>Euphorbia heterophylla</i> L.
28	Euphorbiaceae	Leche leche, lechecilla <i>Chamaesyce hirta</i> L.
29	Euphorbiaceae	Leche de sapo, lechita <i>Chamaesyce hypericifolia</i> (L.) Millsp.
30	Euphorbiaceae	Hierba miona <i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.
31	Euphorbiaceae	Ortiga <i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur.
32	Euphorbiaceae	Caperonia <i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.
33	Fabaceae	Falsa dormidera, mimosa flor amarillo-rosado <i>Aeschynomene americana</i> L.
34	Fabaceae	Bejuquilla <i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.
35	Fabaceae	Oreja de ratón <i>Alysicarpus vaginalis</i> (L.) DC.
36	Fabaceae	Orejilla <i>Desmodium trifolium</i> (L.) DC.
37	Fabaceae	Bejuco, <i>Calopogonium muconoides</i> Desv.
38	Fabaceae	Trebolito <i>Chamaescrista kunthiana</i> (Schltdl. & Cham.) H.S. Irwin & Barneby
39	Fabaceae	Frijolillo <i>Cassia obtusifolia</i> L.
40	Fabaceae	Dormidera <i>Mimosa pudica</i> L.
41	Fabaceae	Dormidera de arbusto <i>Mimosa albida</i> Willd.
42	Fabaceae	Pica pica <i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.
43	Loganiaceae	Lombricera <i>Spigelia anthelmia</i> L.
44	Malvaceae	Escobilla <i>Sida acuta</i> Burmf.
45	Malvaceae	Escobilla <i>Sida rhombifolia</i> L.
46	Malvaceae	Malva <i>Malachra alceifolia</i> Jacq.
47	Malvaceae	Malvastrum <i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torr.
48	Malvaceae	Guazimillo <i>Herissantia crispa</i> (L.) Brizicky
49	Menthaceae- Lamiaceae	Pelotilla <i>Hyptis capitata</i> Jacq.
50	Menthaceae- Lamiaceae	Pelotita <i>Hyptis pulegioides</i> H. Pohl ex Benth.



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

Continuación

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
51	Onagraceae	Clavito de agua	<i>Ludwigia linnifolia</i> Vahl.
52	Plantaginaceae	Lechuguilla lila	<i>Stemodia jorullensis</i> Kunth.
53	Portulacaceae	Verdolaga	<i>Portulaca oleraceae</i> L.
54	Rubiaceae	Cansa peón	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens & Galleotti) Hemsl.
55	Rubiaceae	Tabaquillo	<i>Spermacoce remota</i> Lam.
56	Rubiaceae	Motilla	<i>Spermacoce verticillata</i> L.
57	Rubiaceae	Falso cansa peón	<i>Richardia scabra</i> L.
58	Scrophulariaceae	Lechuguilla amarilla	<i>Mercadonia procumbens</i> (Mill.) Small
59	Solanaceae	Topetón, vejigón	<i>Physalis angulata</i> L.
60	Solanaceae	Aruña gato	<i>Solanum siparunoide</i> Ewan.
61	Solanaceae	Friega plato	<i>Solanum torvum</i> Swartz
62	Sterculiaceae	Escoba morada	<i>Melochia pyramidata</i> (L.) Britton.
63	Sterculiaceae	Limpia fuas	<i>Waltheria indica</i> L.
64	Tiliaceae	Escobidilla	<i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.
65	Verbenaceae	Cadillo, pega pega	<i>Priva lappulacea</i> (L.) Pers.
66	Verbenaceae	Oro azul	<i>Stachytarpheta cayannensis</i> (Rich.) Vahl.
67	Verbenaceae	Cinco negritos	<i>Lantana camara</i> L.
68	Violaceae	Falsa lombricera	<i>Hybanthus attenuatus</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Schulze-Menz.
69	Zygophyllaceae	Falsa verdolaga, verdolaguita, false purslane	<i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hooker & Arnott.



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

Cuadro 3. Malezas monocotiledóneas asociadas al cultivo de ñame.

	Familia	Nombre Común	Nombre científico
1	Commelinaceae	Siempre vive, piñita	<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenam.
2	Commelinaceae	Siempre vive	<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.
3	Cyperaceae	Pimentila	<i>Cyperus rotundus</i> L.
4	Cyperaceae	Barba de indio	<i>Fimbristylis annua</i> Roem & Schult.
5	Cyperaceae	Fosforito	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl.
6	Cyperaceae	Cortadera	<i>Cyperus ferax</i> Rich.
7	Cyperaceae	Estrellia, hierba estrella	<i>Dichromena ciliata</i> Vahl.
8	Poaceae	Paja de zorro, cola de zorro	<i>Andropogon bicornis</i> L.
9	Poaceae	Plumilla, paja de burro, cola de zorro, paja rosada	<i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.
10	Poaceae	Manisuris, tuquito, colombiana, cartuchito, paja cartucho falso, paja franco	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton.
11	Poaceae	Equinocloa, hierba azul, mogollona, arrocillo	<i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.
12	Poaceae	Pata de gallina	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn
13	Poaceae	Digitara, paja blanca	<i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.
14	Poaceae	Hierba de gallina, hierba fina, gramilla, pasto bermuda	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.
15	Poaceae	Pega-pega	<i>Cenchrus echinatus</i> L.
16	Poaceae	Sorguillo	<i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf
17	Poaceae	Paja hueso	<i>Sporobolus poeretii</i> (Roem. & Schult.) Hitchc.

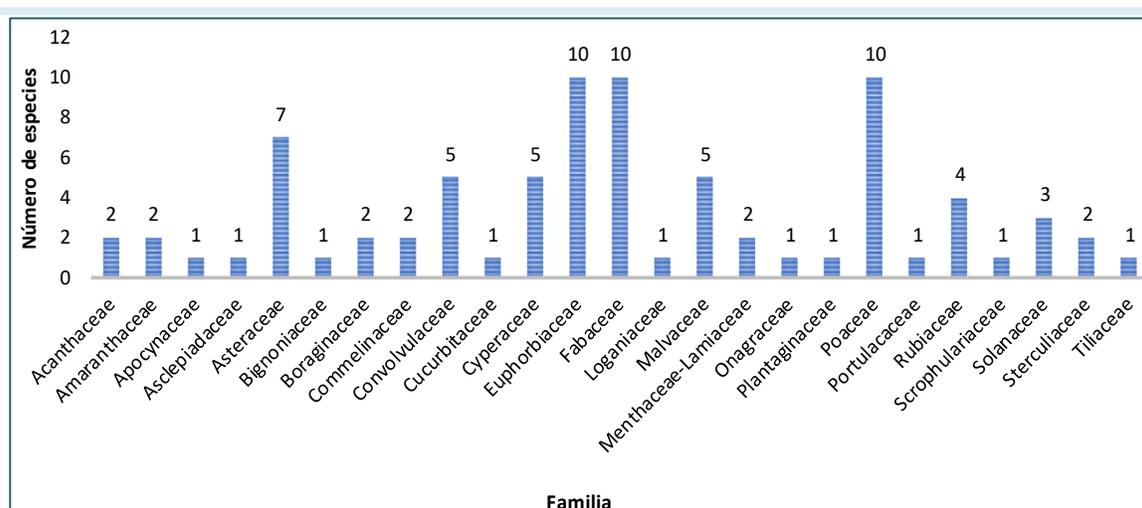


Figura 2. Número de especies vs Familias



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

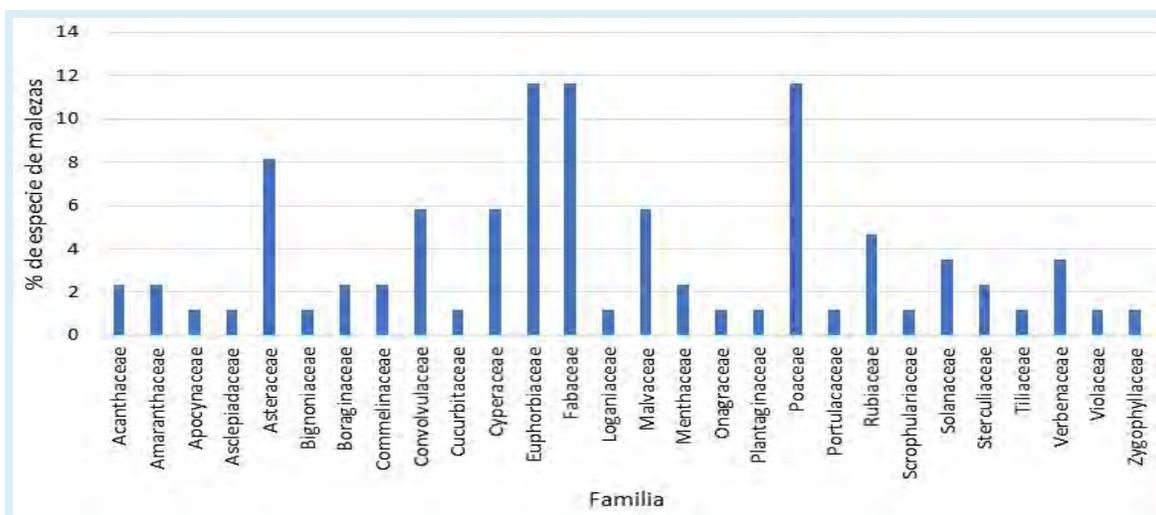


Figura 3. Porcentaje de especies vs Familia.

En los cultivos de ñame se pudo apreciar que, dentro del complejo de arvenses examinado, existe mucha variabilidad entre especies, en cuanto al grado de ocurrencia y nocividad. La gran mayoría de las malezas reportadas en este estudio tiene 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 4).

En los campos de producción, hay un grupo de malezas distribuidas que pueden ser consideradas altamente nocivas por su enmalezamiento muy fuerte y fuerte (Figura 4) que son, de rápida propagación y difusión, entre ellas se mencionan como primer orden (muy fuerte enmalezamiento) a: *Spiracantha cornifolia* Kunth.; *Jacquemontia evolvuloides* Meins.; *Ipomoea trifida* (Kunth) G.Don.; *Spermacoce ovalifolia* (M. Martens & Galleotti) Hemsl. y *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton (Figura 5); en segundo orden (fuerte enmalezamiento) está otro grupo constituido por: *Prestonia excerta* (A.DC.), Standl; *Cleome viscosa* L; *Cyperus rotundus* L.; *Rhynchosia minima* (L.) DC.; *Mucuna pruriens* (L.) DC.; *Richardia scabra* L. (Figura 6).

El resto de las malezas identificadas pueden ser consideradas en cuanto a su grado de enmalezamiento en mediano a débil (Santos, 2004), de acuerdo con las estimaciones y con las condiciones agroecológicas propias de las regiones productoras de ñame en estas



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

provincias. En referencia a la agresividad de las malezas dependiendo de la fase fenológica del cultivo observamos, que *R. cochinchinensis*, *C. rotundus* y *S. ovalifolia* son las más agresivas durante el desarrollo vegetativo del cultivo y en la etapa de madurez fisiológica del cultivo se encuentran las especies *J. evolvuloides*, *I. trifida*, *S. cornifolia*, *R. cochinchinensis* y *M. pruriens*, son las que más dificultan la labor de cosecha, lo que revierte una gran importancia para el productor el conocer la ecología y biología de estas malezas para adecuar los programas de manejo integrado de malezas en su parcela.



Figura 4. Porcentaje de Enmalezamiento vs Especies de Malezas.



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

Cuadro 4. Enmalezamiento asociado al cultivo de ñame.

	Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
		76 + Muy Fuerte	51-75 Fuerte	26-50 Mediano	6-25 Débil
1	<i>Spiracantha cornifolia</i> Kunth.	X			
2	<i>Jacquemontia evolvuloides</i> Meins.	X			
3	<i>Ipomoea trifida</i> (Kunth) G. Don.	X			
4	<i>Rottboellia cochinchinensis</i> (Lour.) Clayton.	X			
5	<i>Spermacoce ovalifolia</i> (M. Martens & Galleotti) Hemsl.	X			
6	<i>Prestonia excerta</i> (A. DC.), Standl.		X		
7	<i>Cleome viscosa</i> L.		X		
8	<i>Cyperus rotundus</i> L.		X		
9	<i>Rhynchosia minima</i> (L.) DC.		X		
10	<i>Mucuna pruriens</i> (L.) DC.		X		
11	<i>Richardia scabra</i> L.		X		
12	<i>Ruellia inundata</i> Kunth.			X	
13	<i>Amaranthus spinosus</i> L.			X	
14	<i>Amaranthus dubius</i> Mart.			X	
15	<i>Tridax procumbens</i> L.			X	
16	<i>Baltimora recta</i> L.			X	
17	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.) DC.			X	
18	<i>Eclipta alba</i> (L.) Hassk.			X	
19	<i>Batocyclia unguis</i> (L.) Mart.			X	
20	<i>Murdannia nudiflora</i> (L.) Brenam.			X	
21	<i>Evolvulus convolvuloides</i> (Willd. ex Shult) Stearn			X	
22	<i>Merremia umbellata</i> (L.) Hallier F.			X	
23	<i>Fimbristylis miliacea</i> (L.) Vahl.			X	
24	<i>Cyperus ferax</i> Rich.			X	
25	<i>Phyllanthus amarus</i> Thonn.			X	
26	<i>Croton hirtus</i> L' Hér.			X	
27	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.			X	
28	<i>Caperonia palustris</i> (L.) St. Hil.			X	
29	<i>Amaranthus spinosus</i> L.			X	



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

Continuación

Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
	76 + Muy Fuerte	51-75 Fuerte	26-50 Mediano	6-25 Débil
33 <i>Sida rhombifolia</i> L.			X	
34 <i>Malachra alceifolia</i> Jacq.			X	
35 <i>Hyptis capitata</i> Jacq.			X	
36 <i>Ludwigia linnifolia</i> Vahl.			X	
37 <i>Andropogon bicornis</i> L.			X	
38 <i>Leptochloa filiformis</i> (Lam.) Beauv.			X	
39 <i>Echinochloa colonum</i> (L.) Link.			X	
40 <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.			X	
41 <i>Cenchrus echinatus</i> L.			X	
42 <i>Sorghum sudanense</i> (Piper) Stapf			X	
43 <i>Portulaca oleraceae</i> L.			X	
44 <i>Spermacoce verticillata</i> L.			X	
45 <i>Physalis angulata</i> L.			X	
46 <i>Waltheria indica</i> L.			X	
47 <i>Corchorus orinocensis</i> H.B.K.			X	
48 <i>Stachytarpheta cayannensis</i> (Rich.) Vahl.			X	
49 <i>Lantana camara</i> L.			X	
50 <i>Kallstroemia maxima</i> (L.) Hooker & Arnott.			X	
51 <i>Nelsonia canescens</i> (Lam.) Spreng.				X
52 <i>Eleutheranthera rudelaris</i> (Swartz) Schultz-Bip.				X
53 <i>Acmella alba</i> (L' Hér.) R.K. Jansen				X
54 <i>Heliotropium Indicum</i> L.				X
55 <i>Heliotropium fruticosum</i> L.				X
56 <i>Commelina diffusa</i> Burm. f.				X
57 <i>Evolvulus alsinoides</i> (L.) L.				X
58 <i>Cucumis melo</i> L.				X
59 <i>Fimbristylis annua</i> Roem & Schult.				X
60 <i>Dichromena ciliata</i> Vahl.				X
61 <i>Bernardia sidoides</i> Arn				X



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

Continuación

Nombre científico	Porcentaje de Enmalezamiento			
	76 + Muy Fuerte	51-75 Fuerte	26-50 Mediano	6-25 Débil
65 <i>Acalypha alopecuroides</i> Jacq.				X
66 <i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur.				X
67 <i>Aeschynomene americana</i> L.				X
68 <i>Calopogonium muconoides</i> Desv.				X
69 <i>Chamaecrista kunthiana</i> (Schltdl. & Cham.) H.S. Irwin & Barneby				X
70 <i>Cassia obtusifolia</i> L.				X
71 <i>Mimosa albida</i> Willd.				X
72 <i>Spigelia anthelmia</i> L.				X
73 <i>Malvastrum americanum</i> (L.) Torr.				X
74 <i>Herissantia crista</i> (L.) Brizicky				X
75 <i>Hyptis pulegioides</i> H. Pohl ex Benth.				X
76 <i>Stemodia jorullensis</i> Kunth.				X
77 <i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn				X
78 <i>Digitaria sanguinalis</i> (L.) Scop.				X
79 <i>Sporobolus poeretii</i> (Roem. & Schult.) Hitchc.				X
80 <i>Spermacoce remota</i> Lam.				X
81 <i>Mercadonia procumbens</i> (Mill.) Small				X
82 <i>Solanum siparunoide</i> Ewan.				X
83 <i>Solanum torvum</i> Swartz				X
84 <i>Melochia pyramidata</i> (L.) Britton.				X
85 <i>Priva lanulosa</i> (L.) Pers.				✓



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



Spiracantha cornifolia Kunth.



Ipomoea trifida (Kunth) G. Don.



Jacquemontia evolvuloides Meins.



Rottboellia cochinchinensis
(Lour.) Clayton.



Spermacoce ovalifolia
(M. Martens & Galleotti) Hemsl.

Figura 5. Especies con muy fuerte enmalezamiento.



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



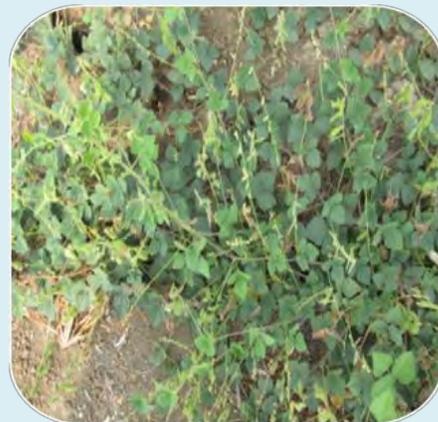
***Prestonia excerta* (A.DC.) Standl.**



***Cleome viscosa* L.**



***Cyperus rotundus* L.**



***Rhynchosia minima* (L.) DC.**



***Mucuna pruriens* (L.) DC.**



***Richardia scabra* L.**

Figura 6. Especies con fuerte enmalezamiento.



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

REFERENCIAS

- Alemán, F. (1991). Manejo de malezas. NUFFIC. Managua, Nicaragua. 164 p.
- Akobundu, I.O. (1990). The role of weed control in integrated pest management for tropical root and tuber crops. En: S.K. Hahn y F.E. Caveness (Eds.) Integrated Pest Management for Tropical Root and Tuber Crops, Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture, pp 23-29.
- CGR (Contraloría General de La República). (2011). Instituto Nacional de Estadística y Censo. Panamá. VII Censo Nacional Agropecuario. <https://www.contraloria.gob.pa/inec/archivos/P4791CUADRO9.xls>
- BDA (Banco de Desarrollo Agropecuario). (2016). Gaceta Oficial N^o 28036. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28036.../GacetaNo_28036c_20160523.pdf.
- Hahn, S.K. (1984). Tropical root crops: their improvement and utilization. En. D.L. Hawksworth (Ed.) Advancing Agricultural Production in Africa. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough.,R.U. pp 91-97.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, IT) 2011.Red Agrícola.Ch.2014. XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de malezas. Viña del Mar.Ch.2014. <https://www.redagricola.com/cl/xx-congreso-la-asociacion-latinoamericana-malezas/>
- Martínez, I. y Serracín, Y. (2015). Flora asociada a humedales en Cuesta de piedra, Chiriquí. Ira Ed. Sistema Integrado de Divulgación Científica de la Universidad Autónoma de Chiriquí. Panamá.176 p.



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

Montealegre, F.A. (2011). Morfología de plántulas de arvenses de clima cálido. Ed. Produmedios. Bogotá D.C. Colombia. 211 p.

Rojas, Ch. K. y Ramírez, M. F. (2013). Plantas arvenses asociadas al cultivo de aguacate de altura en La Zona de Los Santos. Ed. Karen Rojas y Fernando Ramírez. San José, Costa Rica. 220p.

Santos, H. 2004. Malezas comunes de El Salvador. Tesis. Ing. Agr. Universidad de El Salvador. 9 p.

STRI (Smithsonian Tropical Research Institute). (2020). Physical Monitoring - GIS Laboratory. <https://stridata-si.opendata.arcgis.com/pages/Our%20Data>

AGRADECIMIENTOS

A los colaboradores de IDIAP: Agrónomo Sergio Cornejo López (Sub-Centro de Ocú), Ing. M.Sc. Luis Alberto Barahona Amores (Estación Experimental El Ejido) y a los productores por el apoyo brindado durante el desarrollo de la investigación.



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

LA FAMILIA ACRIDIDAE (ORTHOPTERA: ACRIDOIDEA) Y SU IMPACTO EN LA AGRICULTURA EN PANAMÁ¹

**Randy Atencio-Valdespino²; Bruno Zachrisson²; Rubén D. Collantes G.²;
José Lezcano B.²; Gladys González-Dufau²; Anovel Amet Barba-Alvarado^{2*}**

RESUMEN

La familia Acrididae está entre los grupos de insectos de mayor importancia en el mundo, dentro de los ecosistemas naturales y agrícolas. Sin embargo, el conocimiento de la familia Acrididae en Panamá ha estado orientado a estudios básicos de biología y taxonomía exclusivamente, excluyendo las investigaciones en los agroecosistemas que ha sido muy limitado. A partir de los estudios realizados, el 86,96% de las especies presentes se consideran de importancia ecológica y el 13,04% de las especies de interés agrícola. Por lo que, es importante, conocer las condiciones favorables para el desarrollo de las poblaciones de especies de Acrididae en los agroecosistemas en Panamá. De esta manera, se fortalecerá el programa de manejo integrado de especies de Acrididae, con potencial para causar daños en cultivos de importancia para la seguridad alimentaria del país. Por lo que, el objetivo de la presente revisión bibliográfica fue la de integrar información relevante a especies de la familia Acrididae reportadas para Panamá, que reduzcan la producción de importantes rubros agrícolas.

Palabras claves: Agricultura, ecología, daños, langostas.

¹ Recepción: 12 de noviembre de 2020. Aceptación: 19 de marzo de 2021. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Grupo Entomológico de la Langosta (GEL). *Autor de correspondencia: anovelbarba@gmail.com



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

THE FAMILY ACRIDIDAE (ORTHOPTERA: ACRIDOIDEA) AND ITS IMPACT ON AGRICULTURE IN PANAMA

ABSTRACT

The family Acrididae are among the most important insects in the world, within natural and agricultural ecosystems. However, the knowledge of the family Acrididae in Panama has been oriented towards basic studies of biology and taxonomy exclusively, excluding research in agroecosystems has been limited. From the studies carried out, 86,96% of the species present are of ecological importance and 13,04% of the species of agricultural interest. Therefore, it is important to know the favorable conditions for the development of populations of Acrididae species in the Agroecosystems in Panama. In this way, the integrated management program for Acrididae species will be strengthened, with the potential to cause damage to crops that are important for the country's food security. Therefore, the objective of this bibliographic review was to integrate relevant information to species of the family Acrididae reported for Panama, which reduce the production of important agricultural items.

Key words: Agriculture, ecology, damage, locusts.

INTRODUCCIÓN

El sector agrícola panameño está compuesto por más de 31 rubros, entre granos básicos, hortalizas, frutales, cultivos industriales, raíces y tubérculos; producidos en los diferentes pisos altitudinales del país. El mismo aporta a la economía nacional 663 millones de dólares y ocupa alrededor de 200 000 hectáreas, proporcionando empleo directo a unas 35 000 personas, entre pequeños, medianos y agroempresas; con lo cual se deja manifiesto la importancia de estos rubros en el sector, para la soberanía alimentaria del país (MIDA, 2020).

La familia Acrididae, conocidos como “saltamontes” y “langostas”, son insectos que se encuentran en diferentes hábitats del planeta. Comprenden especies de importancia ecológica y plagas de relevancia económica en cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria en Panamá. Se destaca *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker), conocida como la langosta centroamericana, cuya distribución abarca los países de Centroamérica (Song et al., 2017).



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

En Panamá fue reportada *Schistocerca piceifrons* (Walker) por Rowell (2013) pero sin reportes de capturas de la especie durante los últimos 40 años en cultivos o zonas silvestres en Panamá razón por la cual “The Orthopterists Society” no la reporta aún como presente en Panamá (Cigliano et al., 2020). Otros autores citan como potencial su presencia (OIRSA, 1991; Retana, 2000). Por tanto es muy importante continuar con los trabajos de investigación relacionados para confirmar si la especie está establecida realmente en Panamá (Rowell, 2013).

Algunas especies de *Schistocerca* pueden formar densos enjambres migratorios y presentar una relación denso-dependiente llamada polifenismo producto de la interacción de una elevada población de determinadas especies, incluyendo *S. piceifrons piceifrons* (Song, 2011; Song et al., 2018).

En Panamá, los estudios con los cuales se cuenta a la fecha sobre la familia Acrididae, fueron enfocados hacia aspectos de taxonomía y ecología, tal como se aprecia en los trabajos de Hebard (1924); De Gracia y Cambra (2002); De Gracia et al. (2011).

Posiblemente, el mayor aporte realizado en las últimas décadas se debe al Dr. Charles H.F. Rowell, investigador y experto internacional de Acrididae, cuya información fue compilada en la publicación “The Grasshoppers (Caelifera) of Costa Rica and Panama” (Rowell, 2013). Sin embargo, el conocimiento de la información biológica y ecológica de la familia Acrididae en los agroecosistemas en Panamá es reducido.

A pesar de que este escenario pudiese cambiar en los próximos años, al incorporar información reciente, dejando en evidencia el efecto del cambio climático en la población de *Schistocerca* en Panamá (Poot-Pech et al., 2018; Díaz Bolaños et al., 2019). La presente revisión destaca el aporte de la información recopilada con relación a la familia Acrididae, con potencial de daño en los cultivos prioritarios de Panamá.



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

ACRIDIDAE

La familia Acrididae Macleay, 1821

La familia Acrididae cuenta con más de 6 700 especies descritas dentro del suborden Caelifera, distribuidas entre 26 y 30 subfamilias, dependiendo de los autores (Rowell, 2013; Song et al., 2018).

Las subfamilias presentes en América y cosmopolitas incluyen Acridinae (483 especies), Copiocerinae (116 especies), Cyrtacanthacridinae (162 especies), Gomphocerinae (1 274 especies), Leptysminae (79 especies), Marelliinae (1 especie), Melanoplinae (1173 especies), Oedipodinae (792 especies), Ommatolampidinae (292 especies), Pauliniinae (1 especie), Proctolabinae (215 especies) y Rhytidochrotinae (47 especies) (Rowell, 2013; Song et al., 2018).

Acrididae en Panamá

Las investigaciones realizadas en Panamá citan aproximadamente 69 especies de Acrididae, pertenecientes a 11 subfamilias, agrupadas principalmente en Ommatolampinae (24,64%), Proctolabinae (20,29%), Gomphocerinae (13,04%) y Leptysminae (11,59%) (De Gracia y Cambra, 2002; De Gracia et al., 2011; Rowell, 2013).

El 86,96%, de las especies de Acrididae se encuentran ubicadas principalmente en la diversidad de bosques, zonas costeras, montañas y sabanas (De Gracia y Cambra, 2002; De Gracia et al., 2011; Rowell, 2013).

Dentro del otro 13,04% de especies reportadas de Acrididae en Panamá presentan tendencia a transformarse en plagas para diversos cultivos en atención a reportes regionales de América (Carbonell et al., 2020; Cigliano et al., 2020), pero sin presentar evidencias de ser plagas en Panamá, donde se cita las principales referencias para Panamá para especies de la familia Acrididae (Cuadro 1) (De Gracia y Cambra, 2002; De Gracia et al., 2011; Rowell, 2013; Carbonell et al., 2020; Cigliano et al., 2020).



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

Cuadro 1. Especies representativas de la familia Acrididae, presentes en Panamá, según referencias citadas.

Subfamilia	Especie	Clasificación	Localidad
Acridinae	<i>Metaleptea adspersa</i> (Blanchard 1846).	Plaga ocasional en ciertas regiones	Oeste de Panamá
Copiocerinae	<i>Copiocera harroweri</i> Hebard 1924.	Ecológica	Zona del Canal y Puerto Armuelles
	<i>Copiocera specularis</i> (Gerstaecker 1889).	Ecológica	Chiriquí y Parque Nacional Darién
	<i>Copiocera austera</i> (Gerstaecker 1889).	Ecológica	Darién
	<i>Copiotettix megacephala</i> Descamps 1984.	Ecológica	Zona del Canal
Cyrtacanthacridinae	<i>Schistocerca centralis</i> Dirsh 1974.	Ecológica	Distribuido en Territorio Nacional
	<i>Schistocerca nitens</i> (Thunberg 1815).	Plaga menor en ciertas regiones	Distribuido en Territorio Nacional
	<i>Schistocerca pallens</i> (Thunberg 1815).	Plaga mayor en ciertas regiones	Distribuido en Territorio Nacional
	<i>Schistocerca piceifrons</i> (Walker, 1870)	Plaga mayor en ciertas regiones	Ocasionalmente penetran el sur de Panamá Rowell (2013). No existen reportes de su presencia en Panamá durante al menos los últimos 40 años.
Gomphocerinae	<i>Achurum sumichrasti</i> (Saussure 1861).	Ecológica	Coclé, Panamá Oeste y Panamá
	<i>Amblytropidia trinitatis</i> Bruner 1904.	Ecológica	Parque Nacional Darién
	<i>Dichromorpha viridis</i> Scudder 1862.	Ecológica	Distribuido en Territorio Nacional
	<i>Orphulella punctata</i> (De Geer 1773).	Plaga ocasional en ciertas regiones	Parque Nacional Coiba y Parque Nacional Darién
	<i>Orphulella concinnula</i> (Walker 1870).	Plaga ocasional en ciertas regiones	A nivel nacional
	<i>Rhammatocerus cyanipes</i> (Fabricius 1775).	Plaga ocasional en ciertas regiones	A nivel nacional
	<i>Silvitettix communis</i> (Bruner 1904).	Ecológica	Occidente de Panamá y Panamá Oeste
Leptysminae	<i>Silvitettix gorgasi</i> Hebard 1924.	Ecológica	Occidente de Panamá y Panamá Oeste
	<i>Silvitettix centralis</i> Rowell, 2013	Ecológica	Occidente de Panamá y Panamá Oeste
	<i>Belosacris coccineipes</i> (Bruner 1906).	Ecológica	Zona del Canal y Darién
	<i>Cornops aquaticum</i> (Bruner 1906).	Ecológica	Riberas del canal de Panamá
	<i>Cylindrotettix insularis</i> Bruner 1908.	Ecológica	A nivel nacional
	<i>Guetaresia lankesteri</i> Rehn 1929.	Ecológica	Costa del Caribe de Panamá
	<i>Stenacris fissicauda</i> Bruner 1908.	Ecológica	Riberas del canal de Panamá
	<i>Stenacris xanthochlora</i> (Marschall 1836).	Ecológica	Riberas del canal de Panamá
	<i>Stenopola dorsalis</i> (Thunberg 1827).	Ecológica	Parque Nacional Coiba
	<i>Stenopola puncticeps</i> (Stål 1860).	Ecológica	Disperso en el país



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

Continuación				
Melanoplinae	<i>Aidemona azteca</i> (Saussure 1861).	Ecológica	Costa del Caribe de Panamá	
	<i>Baeacris morosa</i> (Rehn 1905).	Ecológica	Tierras Altas de Chiriquí	
Oedipodinae	<i>Heliasatus sumichrasti</i> (Saussure 1861).	Ecológica	A nivel nacional	
	<i>Lactista stramineus</i> (Erichson 1848).	Ecológica	Provincias centrales, Colón, Panamá Oeste y Panamá.	
Ommatolampinae	<i>Abracris dilecta</i> Walker 1870.	Plaga ocasional en ciertas regiones	Chiriquí, Colón, Los Santos y Veraguas.	
	<i>Abracris flavolineata</i> (DeGeer 1773).	Plaga ocasional en ciertas regiones	Parque Nacional Coiba	
	<i>Ateliacris annulicornis</i> Bruner 1908.	Ecológica	Chiriquí	
	<i>Cryptacris costaricensis</i> Descamps & Rowell 1984.	Ecológica	Tierras Altas de Bocas del Toro	
	<i>Leptomerinthoprora brevipennis</i> Rehn 1905.	Ecológica	Cordillera central y Bocas del Toro	
	<i>Leptomerinthoprora corticina</i> (Hebard 1924).	Ecológica	Cordillera central y Bocas del Toro	
	<i>Microtylopteryx fusiformis fusiformis</i> Rehn 1905.	Ecológica	Occidente de Panamá	
	<i>Microtylopteryx fusiformis fastigiata</i> Rowell 2003	Ecológica	Occidente de Panamá	
	<i>Microtylopteryx hebardii nigrigena</i> Hebard 1924).	Ecológica	Occidente de Panamá	
	<i>Nicarchus erinaceus</i> Stål 1878.	Ecológica	A nivel nacional	
	<i>Omalotettix chapardensis</i> Bruner 1908.	Ecológica	Darién	
	<i>Pseudanniceris nigrinervis</i> (Stål 1878).	Ecológica	Centro y Oriente de Panamá	
	<i>Rhachicreagra obsidian</i> Jago & Rowell 1981.	Ecológica	Suroeste de Panamá	
	<i>Rhachicreagra achrosta</i> Jago & Rowell 1981.	Ecológica	Noroeste de Panamá	
	<i>Rhachicreagra dierythra</i> Rowell 2000.	Ecológica	Medio oeste de Panamá	
	<i>Rhachicreagra magnifica</i> Rowell 2000.	Ecológica	Occidente de Panamá	
Pauliniinae	<i>Vilerna polita</i> Descamps & Amedegnato 1989	Ecológica	A nivel nacional	
	<i>Paulinia acuminata</i> (DeGeer 1773).	Ecológica	Panamá Oeste, Panamá y Darién	
	<i>Adelotettix gigas</i> Descamps & Rowell 1978.	Ecológica	Colón, Panamá y Darién	
	<i>Adelotettix ombrophilus</i> Descamps & Amedegnato 1972.	Ecológica	Colón, Panamá y Darién	
	<i>Ampelophilus olivaceus</i> (Giglio-Tos 1897).	Ecológica	Parque Nacional Coiba	
	<i>Balachowskyacris rhabdota</i> (Hebard 1924).	Ecológica	A nivel nacional	
	<i>Coscineuta coxalis</i> Serville 1839.	Ecológica	Provincia de Panamá y Darién	
	<i>Drymophilacris panamae</i> Descamps 1976.	Ecológica	Chiriquí	
	Proctolabinae	<i>Drymophilacris rubripes</i> Descamps & Rowell 1984.	Ecológica	Bocas del Toro



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

Continuación

	<i>Drymophilacris nigrescens</i> Rowell 2000.	Ecológica	Noroeste de Panamá
	<i>Drymophilacris veraguensis</i> Rowell 2000.	Ecológica	Medio oeste de Panamá
	<i>Drymophilacris melanopsis</i> Rowell 2000.	Ecológica	Centro de Panamá
	<i>Leioscapheus gracilicornis</i> Bruner 1908.	Ecológica	Darién y Zona del Canal
	<i>Leioscapheus hebardí</i> Roberts 1973.	Ecológica	Centro de Panamá
	<i>Lithoscirtus viceitas</i> Rehn 1929.	Ecológica	Colón
	<i>Zosperamerus planus</i> Roberts 1973.	Ecológica	Colón, Panamá y Darién
	<i>Chiriquacris quadrimaculata</i> Rowell & Bentos-Pereira 2005.	Ecológica	Occidente de Panamá
	<i>Hylopedetes fuliginosus</i> Rowell & Bentos-Pereira 2005.	Ecológica	Montañas del Occidente de Panamá
	<i>Hylopedetes gemmeus</i> Rehn 1929.	Ecológica	Coclé y Occidente de Panamá
Rhytidochrotinae	<i>Hylopedetes nigrithorax panamensis</i> Rowell & Bentos-Pereira 2005.	Ecológica	Occidente de Panamá
	<i>Oedalacris cambrai</i> Rowell & Bentos-Pereira 2005.	Ecológica	Parque Nacional Darién
	<i>Oedalacris lesbiae</i> Rowell & Bentos-Pereira 2005.	Ecológica	Costa del Caribe de Panamá
	<i>Piezops ensicornis</i> (Stål 1878).	Ecológica	Tierras Altas a nivel nacional

Potenciales especies de Acrididae a considerar en agroecosistemas presentes en Panamá

Reportadas como plagas ocasionales, pero no en Panamá, se encuentran *Metaleptea adspersa* que ha sido relacionada con daños leves en cultivo de piña en Costa Rica (SENASICA, 2015), *Orphulella punctata* asociada a daños en alfalfa y sorgo en Argentina (Bulacio et al., 2005) y *Orphulella concinnula* que ha causado daños menores tales como hojas raspadas y perforadas en *Heliconia* (Ramírez y Reyna, 2015).

Sin reportes de daños en Panamá, *Rhammatocerus cyanipes* puede asociarse eventualmente a pastos (Poaceae), pero generalmente ocasiona leves daños (da Silva et al., 2006) y *Abracris dilecta* tiene preferencia por plantas silvestres de la familia Asteraceae, pero igualmente puede consumir plantas de la vegetación secundaria de especies de las familias Poaceae, Rubiaceae, Verbenaceae y Melastomataceae, pero se reportan niveles mínimos de daños sobre cultivos básicos (Esperber, 1996).

La especie *Abracris flavolineata* generalmente relacionada a hábitats dentro del bosque y zonas de sucesión, puede estar asociada también a daños menores en plantas



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

como *Wedelia calycina* Rich. (Asteraceae) con potencial uso para extracción de aceites con propiedades tipo antibacterial y antifúngico (Rowell, 2013; Bruzual et al., 2015), pero, aunque presente en Panamá no ha sido reportada causando daños en cultivos agrícolas.

Destacan dos especies además de las anteriormente expuestas: *Schistocerca nitens* y *Schistocerca pallens* con reportes dentro de cultivos agrícolas (Rowell, 2013; Carbonell et al., 2020; Cigliano et al., 2020) a explicar a continuación.

Las poblaciones de *S. nitens* y *S. pallens*, fueron encontradas alimentándose en caña de azúcar en Venezuela en la década de 1950 e inicios de 1960. Sin embargo, *S. nitens* no se ha reportado, cuando solo están las poblaciones de esta especie, causando mayores daños en cultivos de interés agrícola (Centre for Overseas Pest Research, 1982; Rowell, 2013). De manera semejante en México, esta especie no es considerada una plaga que cause daños en cultivos de importancia (Barrientos Lozano et al., 2002).

Con relación a *S. pallens*, fue reportada como plaga polífaga primaria, según registros oficiales en cultivos tropicales en México, Cuba, Barbados, Puerto Rico, Surinam, Venezuela y Brasil (Carbonell et al., 2020; Cigliano et al., 2020).

En el Noreste de Brasil, *S. pallens* es una plaga importante de cultivos tales como frijol, maíz, algodón, caña de azúcar, marañón y pastos cultivados (Barrientos Lozano, 1995; Moreira et al., 1996; Silveira et al., 1998), causando igualmente severos daños en yuca causando defoliación parcial o total de la planta.

En Argentina y Uruguay, *S. pallens* no es considerada una plaga clave (Carbonell et al., 2020; Cigliano et al., 2020), encontrándose en la vegetación ubicada en los márgenes de la costa pacífica de Costa Rica (Rowell, 2013).

Elementos biogeográficos de Panamá a considerar sobre las poblaciones de Acrididae

Diversos elementos biogeográficos se transforman en elementos limitantes sobre el establecimiento de poblaciones de especies de Acrididae en Panamá. De acuerdo con Morrone (2004), Panamá está en el Neotrópico y pertenece a dos Provincias



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

Biogeográficas: Provincia Occidental del Istmo de Panamá (desde Guatemala hasta Panamá relacionada con el Golfo de México y con la Región del Chocó) y la Provincia del Oriente de América Central (desde Costa Rica hasta el Oeste de Panamá relacionada con Chiapas, Cuba, Jamaica y La Española).

Estos elementos biogeográficos sugieren que Panamá constituye un ecotono natural que sirve como transición intercontinental, partiendo del concepto de ecotono como la zona de transición entre dos sistemas ecológicos adyacentes que permiten crear características únicas, siendo una zona de mayor riqueza biológica (Carbonell y Torrealba, 2008).

La diversidad de especies tanto animales como vegetales en estas zonas de transición son proporcionalmente abundantes, en comparación con otras latitudes; como sucede en la frontera entre Panamá y Costa Rica, donde se tienen referencias de hábitats en proceso de restauración o de alteración, incluyendo el impacto que ejerce la agricultura y la ganadería (Carbonell y Torrealba, 2008).

Como consecuencia de lo anterior, es probable que, al contar con una mayor biodiversidad, los agroecosistemas sean más estables y si a ello se sumase un diseño adecuado del mismo, como sugieren Altieri y Nicholls (2000), las condiciones implican que las especies invasoras compitan dentro de nichos ecológicos que son finitos, entre otros factores, elemento que mitiga favorablemente el potencial establecimiento de especies invasoras, como la Langosta Centroamericana, pero que también puede cambiar en atención a factores como el cambio climático (Capdevila et al., 2011).

Estrategias de manejo de las especies de Acrididae

Especies de la familia Acrididae, presentes en Panamá como *S. nitens* y *S. pallens*, hasta donde se conoce, mantienen poblaciones que no son gregarias ni migratorias (Rowell, 2013).

Por el momento no existen evidencias para considerarlas plagas primarias en diversos cultivos del país de importancia estratégica, como son el caso de arroz, frijol, maíz



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

y caña de azúcar; siendo este último, uno de los que mayores condiciones presenta por la superficie sembrada a nivel nacional, que incluye más de 29 000 hectáreas (MIDA, 2020).

En regiones de tradición en la producción agrícola en Panamá, existen potenciales limitantes y oportunidades para el desarrollo como potenciales plagas primarias de especies de Acrididae como *S. pallens*, incluyendo que existe una diversidad de estrategias que pueden influir sobre las poblaciones de dichas especies. Entre las cuales podemos fundamentar principalmente el uso de cepas nativas de hongos entomopatógenos y prácticas agrícolas desarrolladas durante la zafra o cosecha de cultivo.

Cepas nativas de hongos entomopatógenos:

Presencia en el territorio panameño de cepas nativas de hongos entomopatógenos, tales como *Metharizium anisopliae* (Metschnikoff) y *Beauveria bassiana* (Bals) Vuill. (Hughes et al., 2004; Martínez, 2009; Castillo et al., 2013; Samaniego et al., 2015; Aguilera-Cogley et al., 2020; Zachrisson y Barba, 2020), cuyos efectos sobre las poblaciones de especies de Acrididae son desconocidas a totalidad.

Se tiene evidencia de otras regiones, como es el caso de las investigaciones realizadas con *Metarizium anisopliae* var. *acridum* (Driver & Milner) y *Paranosema locustae* (*Nosema locustae*) Canning, que han tenido impacto en pruebas de laboratorio y en agroecosistemas sobre la Langosta del Desierto en África, así como diversas especies de Acrididae en Australia y China; transformando además estos hongos entomopatógenos en elementos estratégicos para el combate de especies de Acrididae de relevante importancia (Zhang et al., 2019). Por ejemplo, en plantaciones de caña de azúcar se tiene experiencia con el manejo integrado del chinche salivazo (*Aeneolamia* spp.), pero de igual manera se han controlado indirectamente otras especies, donde durante décadas se han utilizado hongos entomopatógenos tales como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* tanto a nivel regional (Allard et al., 1990; Almeida et al., 2003; Torres de la Cruz et al., 2006) como en Panamá (Pérez Milián et al., 2018; Vargas-Martínez et al., 2019). Los reportes de investigaciones en caña de azúcar realizadas en Panamá durante las últimas décadas no han reportado especies de Acrididae como plagas de relevancia (Esquivel, 1983; Narváez, 1989; Atencio et al., 2017; Atencio y Goebel, 2018), al menos hasta el momento.



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

Estos resultados son compatibles con experiencias de la región cañera, en particular Costa Rica y Colombia, donde la aplicación de hongos entomopatógenos ha formado parte de planes de manejo integrado de centros de investigación tales como LAICA (Liga Agrícola de la Caña de Azúcar, Costa Rica) y CENICAÑA (Centro de Investigación de la Caña de Azúcar, Colombia), incluyendo la aplicación de millones de kilogramos de conidias de hongos entomopatógenos tales como *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* durante décadas para el control del chinche salivazo (*Aeneolamia* spp.) (Salazar y Badilla, 1997; Obando et al., 2013).

En el Noreste de Brasil por ejemplo se ha hecho énfasis en el potencial manejo con el uso de *Metarhizium flavoviridae* Gams & Rozsypal (Silveira et al., 1998), asociando los brotes poblacionales de la especie *S. pallens* a situaciones climáticas de años lluviosos seguidos por períodos de sequía (Chagas et al., 1995), tomando en consideración previos estudios específicos de laboratorio de aspectos de las fases del ciclo de vida de *S. pallens* (Antoniou y Robinson, 1974).

Prácticas agrícolas desarrolladas durante la zafra o cosecha de cultivos:

Durante el período de zafra o cosecha, de cultivos como la caña de azúcar, se crean grandes impactos sobre las poblaciones de artrópodos presentes en las plantaciones al momento del corte. Este argumento se sustenta en que esta práctica puede ser ejecutada con quema o caña verde, donde para el caso de la quema se tienen registros sobre el fuerte impacto que tiene esta actividad sobre las poblaciones de Acrididae (López y Méndez, 2018), actividad cada vez más limitada por las regulaciones ambientales implementadas. Para el caso de la cosecha en verde o cosecha sin quema se tiene evidencia de los impactos positivos sobre el incremento de las comunidades de microorganismos entomopatógenos y enemigos naturales de los artrópodos fitófagos dentro de las plantaciones, incluyendo especies de Acrididae (Rachid et al., 2013; White et al., 2011; Dinardo-Miranda y Fracasso, J.V., 2013; Isas et al., 2016).

La investigación orientada al impacto de especies de la familia Acrididae sobre especies de importancia agrícola

La investigación orientada hacia eventuales daños causados por especies de la familia Acrididae sobre cultivos de importancia agrícola en Panamá, tales como arroz, maíz,



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

frijol y caña de azúcar han sido limitadas. Los estudios han estado orientados a biología básica de las especies hasta el momento identificadas (De Gracia et al., 2011; Rowell, 2013); esto, como resultado de la ausencia de daños relevantes a gran escala y a su estatus actual como plagas eventuales, en comparación con otras plagas primarias relevantes.

En otras regiones existen experiencias a esta temática, donde las especies de Acrididae han causado daños considerables en cultivos de importancia estratégica a gran escala como es el caso de México con *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) (Harvey, 1983; Retana, 2000), en Argentina con *Schistocerca cancellata* (Hunter y Cosenzo, 1990; Medina et al., 2017) y en Senegal con *Schistocerca gregaria* (Davey, 1954; Torto et al., 1994; Buj, 2008).

Perspectivas de estudio de Acrididae en Panamá

Profundizar la investigación sobre la familia Acrididae en aspectos tales como la gregarización, exploración, muestreo, cuantificación y daños de poblaciones de especies de saltamontes y langostas se hace imprescindible por la amenaza que puede constituir muchas de las especies de esta familia para cultivos básicos (Song, 2011).

El desarrollarlo de investigación básica y aplicada sobre la familia Acrididae, desde un punto de vista preventivo como primer paso, incluye la prospección de plantas reservorio para considerarlas dentro de los sistemas de alerta temprana para determinar el incremento de poblaciones considerando los riesgos de factores ambientales favorables y la existencia de biotopos o espacios geográficos, como experiencias previas en la región (Muñoz Pertierra, 2014; Poot-Pech et al., 2016).

El cambio climático, factores ambientales tales como sequías y huracanes, así como factores antropogénicos como la deforestación y la utilización indiscriminada de plaguicidas sintéticos sin programas de manejo integrado concretos pueden impulsar que pequeñas poblaciones de Acrididae se transformen en una plaga en un momento determinado (Song, 2004, 2011; Song et al., 2018; Díaz Bolaños et al., 2019).



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

El enfoque de estudios sobre diversas regiones con cultivos con el mayor potencial de recibir daños por posibles brotes y mangas de Acrididae, incluyen el Arco Seco de Panamá que presenta una estación seca diferenciada y prolongada (FAO, 2017).

Esto requiere fortalecer los elementos técnicos requeridos para mitigar su potencial impacto y establecer las prácticas de manejo integrado adecuadas para control de especies de Acrididae, dirigidas hacia el incremento de la resiliencia de los medios de vida agrícola (FAO, 2013; 2017).

Los elementos técnicos incluyen nuevas tecnologías dentro de la agricultura inteligente, como la utilización de drones y equipos no tripulados; pero además integrando profesionales y actores relacionados con el dominio del manejo de especies de Acrididae (Barraza et al., 2019).

Conlleva igualmente fortalecer los mecanismos de gestión, divulgación y capacitación, partiendo de fuentes fidedignas; con la finalidad de fortalecer la vigilancia fitosanitaria en materia de especies de Acrididae de importancia económica. Esto brindará un sustento técnico-científico adecuado, para la toma de decisiones acertadas y oportunas (Song, 2004; Costa-Neto et al., 2012; Song et al., 2018).

CONSIDERACIONES FINALES

La familia Acrididae está relacionado a elementos ecológicos como bosques y sabanas, con un impacto limitado sobre plantas de interés agrícola.

Estudios a mediano plazo sobre especies de Acrididae de interés potencial agrícola pueden ser llevados a ejecución, como es el caso de la especie *S. pallens*, para evaluar factores limitantes de sus poblaciones y su potencial impacto sobre cultivos estratégicos para Panamá como arroz, frijol, maíz y caña de azúcar.

Se hace imperativa la conformación de grupos institucionales de especialistas en entomología orientados hacia el perfeccionamiento de los conocimientos teóricos y aplicados de estudios de Acrididae, así como otras familias de insectos saltamontes y langostas de potencial interés agrícola.



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

La creación de programas de contingencia y proyectos de innovación tecnológica pueden ofrecer elementos técnicos para tomar decisiones requeridas dentro de la gestión integrada del manejo de especies de Acrididae para salvaguardar los intereses de seguridad alimentaria del país.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, principalmente al Dr. Arnulfo Gutiérrez, Director General del IDIAP, por la creación del Grupo Entomológico de la Langosta (GEL), para impulsar el estudio de la biología, taxonomía e impacto de Acridoidea en cultivos de importancia estratégica para la seguridad alimentaria de Panamá.

REFERENCIAS

- Aguilera-Cogley, V.A., Jaén-Torrijos, M., Ávila-Rodríguez, L.Y., Herrera-Vásquez, J.Á., Jaén-Sanjur, J.N., y Barba-Alvarado, A.A. (2020). Identificación y virulencia de *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) como agente de control biológico de *Rhipicephalus microplus* (Acari: Ixodidae) en Panamá. *Idesia (Arica)*, 38(1), 59-65. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292020000100059>
- Allard, G.B., Chase, C.A., Heale, J.B., Isaac, J.E., y Pior, C. (1990). Field evaluation of *Metarhizium anisopliae* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) as a mycoinsecticide for control of sugarcane froghopper, *Aeneolamia varia saccharina* (Hemiptera: Cercopidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 55(1), 41-46. [https://doi.org/10.1016/0022-2011\(90\)90030-A](https://doi.org/10.1016/0022-2011(90)90030-A)
- Almeida, J. E. M., Batista Filho, A., y Santos, A.S. (2003). Avaliação do controle biológico de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) com o fungo *Metarhizium anisopliae* em variedades de cana-de-açúcar e diferentes épocas de corte. *Arquivos do Instituto Biológico (Sao Paulo) / Secretaría de Agricultura e Abastecimento*, 70(1), 101-103. http://www.biologico.sp.gov.br/uploads/docs/arq/V70_1/almeida2.pdf
- Altieri, M., y Nicholls, C. (2000). Agroecología. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Serie Textos Básicos para la Formación Ambiental. 250 p.



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

https://www.icia.es/icia/download/Agroecolog%C3%ADa/Material/Teoria_agricultura_sustentable.pdf

Antoniou, A., y Robinson, C.J. (1974). Laboratory studies on the effect of crowding on phase and the life history of *Schistocerca pallens* (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae: Cyrtacanthacridinae). *Journal of Natural History*, 8(6), 701-715. <https://doi.org/10.1080/00222937400770591>

Atencio, R., Goebel, F., Pérez Milián, J., Rodríguez, M., y Fernández, L. (2017). Yield Loss in Sugarcane Due to *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) in Panama. *Sugar Tech*, 19, 579–583. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0518-6>

Atencio, R., y Goebel, F.R. (2018). Revisiting the taxonomy of the genus *Diatraea* Guilding with a focus on *Diatraea tabernella* Dyar, using dichotomous keys, in Panama. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 6(3), 559-564. <http://www.entomoljournal.com/archives/2018/vol6issue3/PartH/6-3-100-684.pdf>

Barraza, J.A., Espinoza, E.J., Espinos, A.G., y Serracín, J. (2019). Agricultura de precisión con drones para control de enfermedades en la planta de arroz. *Rev. Iniciación Científica*, 5, 41–47. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2368>

Barrientos-Lozano, L. (1995). The Present State of the Locust and Grasshopper Problem in Brazil. *Journal of Orthoptera Research*, 4, 61-64. DOI: <https://doi.org/10.2307/3503459>

Barrientos-Lozano, L., Hernández-Velázquez, V.M., Milner, R.J., y Hunter, D.M. (2002). Advances in Biological Control of Locusts and Grasshoppers in Mexico. *Journal of Orthoptera Research*, 11(1), 77-82. [https://doi.org/10.1665/1082-6467\(2002\)011\[0077:AIBCOL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1665/1082-6467(2002)011[0077:AIBCOL]2.0.CO;2)

Bruzual-Villarroel, H.Y., Henríquez-Guzmán, W., Crescente, O., y Lanza, J.G. (2015). Aceite esencial de *Wedelia calycina* (ASTERACEAE): composición química, actividad antibacteriana y antifúngica. *Saber*, 27(1), 87-93.



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

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131501622015000100011&lng=es&tlng=es.

Buj, A. (2008). La plaga de la langosta. Permanencia de un riesgo biológico milenario. *Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 26-30 de mayo de 2008*. <http://www.ub.es/geocrit/-xcol/427.htm>

Bulacio, N., Luiselli, S., y Salto, C. (2005). Cuantificación del daño potencial de *Dichroplus elongatus* y *Orphulella punctata* (Orthoptera: acrididae) en sorgo y alfalfa. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 25(3), 199-206. <http://ri.agro.uba.ar/files/download/revista/facultadagronomia/2005bulacion.pdf>

Capdevila-Argüelles L., Zilletti, B., y Suárez Álvarez, V.A. (2011). Cambio climático y especies exóticas invasoras en España. Diagnóstico preliminar y bases de conocimiento sobre impacto y vulnerabilidad. Oficina Española de Cambio Climático, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, 146 p. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/Especies_invasoras_tcm7-197788_tcm30-70263.pdf

Carbonell, F., y Torrealba, I. (2008). Conservación en ecotonos interculturales y transfronterizos: Una visión integral en la Reserva de Biosfera La Amistad, Costa Rica-Panamá. *Textual* (julio a diciembre 2007), 50, 217-242.

Carbonell, C.S., Cigliano, M.M., y Lange, C.E. (2020). Acridomorph (Orthoptera) species from Argentina and Uruguay. Version II. <https://biodar.unlp.edu.ar/acridomorph/>

Castillo, S.Y., Bernal Vega, J.A., Lezcano, J., Piepenbring, M., y Cáceres, O. (2013). Hongos Entomopatógenos Asociados a Insectos Recolectados en Plantaciones de Café en el Oeste de Panamá. *Tecnociencia*, 15(2), 29-39. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/1174>



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

- Chagas, M.C.M., Moreira, M.A.B., y Barreto, M.F.P. (1995). Biological Aspects of *Schistocerca pallens*, *Stiphra robusta* and *Tropidacris collaris* Grasshoppers Species at Rio Grande do Norte State, Brazil. *Acta Hortic.*, 370, 83-88. https://www.ishs.org/ishs-article/370_12
- Cigliano, M.M., Braun, H., Eades, D., y Otte, D. (2020). Orthoptera Species File. Version 5.0/5.0. <http://orthoptera.speciesfile.org/HomePage/Orthoptera/HomePage.aspx>
- Centre for Overseas Pest Research. (1982). The Locust and Grasshopper Agricultural Manual. Centre for Overseas Pest Research, London. UK. 690 p.
- Costa-Neto, E.M., Santos-Fita, D. y Serrano González, R. (2012). La Investigación Etnoentomológica y la Conservación de la Biodiversidad. *Bol. Soc. Entomológica Aragon. SEA*, 51, 367–369. <http://seaentomologia.org/PDF/Boletin51/367369BSEA51EtnoentomologiaBiodiversidad.pdf>
- Davey, P.M. (1954). Quantities of food eaten by desert locust, *Schistocerca gregaria* (Forsk.) in relation to growth. *Bull. Entomol. Res.*, 45, 539-551. <https://doi.org/10.1017/S0007485300029618>
- De Gracia, L., y Cambra, R.A. (2002). Primera contribución al conocimiento de los saltamontes (Orthoptera: Acridoidea) del Parque Nacional Coiba, Panamá. *Tecnociencia*, 4(2), 101–109. <http://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/532/442>
- De Gracia, L., Rowell, C.H.F., y Cambra, R.A. (2011). Diversidad y Biología de los Saltamontes (Orthoptera, Caelifera: Acridomorpha) del Parque Nacional Darién, Estación Rancho Frío, Panamá. *Scientia Panamá*, 21(2), 47–59. <https://vicinvestigacion.up.ac.pa/sites/vicinvestigacion/files/publicaciones/scientia/Scientia-Vol21-No2.pdf>
- Díaz Bolaños, R.E., Alfaro Martínez, E.J., y Leitón Gutiérrez, L. (2019). La plaga de langostas *Schistocerca* sp. (Orthoptera: Acridae) y su relación con el Mega Niño de



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

1877-1878 en Costa Rica. *Cuad. Investig. UNED Univ. Estatal Distancia Costa Rica*, 11(2), 54-64. <http://dx.doi.org/10.22458/urj.v11i2.2200>

Dinardo-Miranda, L.L., y Fracasso, J.V. (2013). Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. *Scientia Agricola*, 70(5), 305-310. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000500012>

Esperber, C.F. (1996). Field Diet of the Grasshopper *Abracris dilecta* Walker (Orthoptera, Acrididae). *Rev. Bras. Zool.*, 13(1), 127-135. <https://doi.org/10.1590/S0101-81751996000100012>

Esquivel, R.E.A. (1983). Effective control of the giant mothborer *Castnia licus* Drury in Panama, utilising biological-cultural methods. *Entomology Newsletter, International Society of Sugar Cane Technologists*, 14, 6-7. <https://www.semanticscholar.org/paper/Effective-control-of-the-giant-mothborer-Castnia-in-Esquivel/4eb895d95079503fa83b170c889810e1cc7cc514>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). <http://www.fao.org/3/a-j1302s.pdf>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2017). Trabajo estratégico de la FAO para incrementar la resiliencia de los medios de vida. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). 28 p. <http://www.fao.org/3/a-i6463s.pdf>

Harvey, A.W. 1983. *Schistocerca piceifrons* (Walker) (Orthoptera: Acrididae), the swarming locust of tropical America: a review. *Bulletin of Entomological Research*, 73, 171-184. <https://doi.org/10.1017/S0007485300008786>

Hebard, M. (1924). Studies in the Acrididae of Panama (Orthoptera). *Trans. Am. Entomol. Soc.*, 50(2), 75-140. <https://www.jstor.org/stable/25077175>



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

- Hughes, W.O.H., Thomsen, L., Eilenberg, J., y Boomsma, J.J. (2004). Diversity of entomopathogenic fungi near leaf-cutting ant nests in a neotropical forest, with particular reference to *Metarhizium anisopliae* var. *anisopliae*. *J. Invertebr. Pathol.* 85, 46-53. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2003.12.005>
- Hunter, D.M., y Cosenzo, E.L. (1990). The origin of plagues and recent outbreaks of the South American locust, *Schistocerca cancellata* (Orthoptera: Acrididae) in Argentina. *Bulletin of Entomological Research*, 80, 295-300. <https://doi.org/10.1017/S0007485300050495>
- Isas, M., Pérez, M.L. del P., Salvatore, A., Gastaminza, G., Willink, E., y White, W. (2016). Impacts of crop residue on damage by sugarcane pests during the tillering phase in Argentina. *Florida Entomologist*, 99(1), 1-5. <https://doi.org/10.1653/024.099.0102>
- López de Molina, W.L., y Méndez Zavala, M.A. (2018). Impacto de las quemadas en cañales (*Saccharum officinarum* L.) sobre la presencia o ausencia de macroinvertebrados del suelo en los Municipios de Verapaz, San Cayetano Istepeque y San Vicente del departamento de San Vicente, El Salvador. Tesis como Requisito para optar al Título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. Facultad Multidisciplinaria Paracentral. Departamento de Ciencias Agronómicas. 101 p. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19118/1/Impacto%20de%20las%20quemadas%20en%20ca%C3%B1ales%20sobre%20la%20presencia%20o%20ausencia%20de%20los%20macroinvertebrados%20del%20suel.pdf>
- Martínez Batista, E. (2009). Selección de hongos entomopatógenos para el control biológico de áfidos (*T. citricida*) de Coclé. Tesis Presentada como uno de los Requisitos para Optar al Grado del Maestro en Microbiología Ambiental. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Programa de Maestría en Microbiología Ambiental. 62 p. <http://up-rid.up.ac.pa/645/>
- Medina, H., Cease, A., y Trumper, E. (2017). The resurgence of the South American locust (*Schistocerca cancellata*). *Metaleptea*, 37(3), 17-21. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Arianne_Cease/publication/319987703_The_resurgence_of_the_South_American_locust_Schistocerca_cancellata/links/59d38c



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

9a0f7e9b4fd7ffb4b8/The-resurgence-of-the-South-American-locust-Schistocerca-cancellata.pdf

MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá). (2020). Cierre año agrícola 2018-2019. Ministerio de Desarrollo Agropecuario. Panamá. Recuperado de https://mida.gob.pa/upload/documentos/cierre__agricola_2019-2020_ok.pdf

Moreira, M.A., Magalhães, B.P., Valadares, M.C.C., y Chagas, M.C.M. (1996). Occurrence of *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal (Hyphomycetes) on *Schistocerca pallens* (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae) in Rio Grande do Norte, Brazil. *An. Soc. Entomol. Bras.*, 25, 359-361.

Morrone, J. (2004). Panbiogeografía, componentes bióticos y zonas de transición. *Revista Brasileira de Entomologia*, 48(2), 149-162. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262004000200001>

Muñoz Pertierra, J. (2014). Riesgos y catástrofes. El impacto de las plagas de langostas en la España de finales del siglo XVIII (1770-1800). Tesis presentada para aspirar al grado de Doctor por la Universidad de Alicante. Programa de Doctorado en Filosofía y Letras. 455 p. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/90648/1/tesis_jesus_munoz_pertierra.pdf

Narváez, L. (1989). Caña de Azúcar. En *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*, ed. K. Andrews and J. Quezada, 623. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano: Honduras.

OIRSA (Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria). (1991). Reclasificación del complejo *Schistocerca americana*. División de Sanidad Vegetal. Boletín 32. Traducción de Evaristo Morales. 22 p.

Obando B., J.A., Bustillo P., A.E., Castro V., U., y Mesa C., N.C. (2013). Selección de cepas de *Metarhizium anisopliae* para el control de *Aeneolamia varia* (Hemiptera: Cercopidae). *Revista Colombiana de Entomología*, 39(1), 26-33. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v39n1/v39n1a05.pdf>



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

- Pérez Milián, J. R., Pérez Pérez, Y., Álvarez, J. F., y Ruano Rossil, J. M. (2018). Control Biológico del Salivazo de la Caña de Azúcar *Aeneolamia* spp. con el Nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* y los Hongos Entomopatógenos *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* como Opción Económica y Sostenible. *Ceiba*, 55(1), 21-27. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v55i1.5447>
- Poot-Pech, M.A., Ruíz-Sánchez, E., Ballina-Gómez, H.S., Gamboa-Angulo, M.M., y Reyes-Ramírez, M.M. (2016). Olfactory Response and Host Plant Feeding of the Central American Locust *Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker to Common Plants in a Gregarious Zone. *Neotrop. Entomol.*, 45, 382–388. doi: 10.1007/s13744-016-0385-y.
- Poot-Pech, M., Ruíz-Sánchez, E., Gamboa-Angulo, M., Ballina-Gómez, H., y Reyes-Ramírez, A. (2018). Population fluctuation of *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Orthoptera:Acrididae) in the Yucatán Peninsula and its relation with the environmental conditions. *Rev. Biol. Trop.*, 66(1), 403–414. <https://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i1.29502>
- Rachid, C.T.C.C., Santos, A.L., Piccolo, M.C., Balieiro, F.C., Coutinho, H.L.C., Peixoto, R.S., Tiedje, J.M., y Rosado, A.S. (2013). Effect of Sugarcane Burning or Green Harvest Methods on the Brazilian Cerrado Soil Bacterial Community Structure. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0059342>
- Ramírez Inga, R.V., y Reyna Mendieta, J.M. (2015). Insectos plagas en plantaciones experimentales de *Heliconia* spp. Linneo, 1771 de la Carretera Iquitos – Nauta. Loreto-Perú. Tesis como requisito para optar el título profesional de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Facultad de Ciencias Biológicas. 92 p. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/UNAP/4155?show=full>
- Retana, J.A. (2000). Relación entre algunos aspectos climatológicos y el desarrollo de la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* en el Pacífico Norte de



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

Costa Rica durante la fase cálida del fenómeno El Niño Oscilacion Sur (ENOS). *Top Meteor Ocean*. 7(2), 73-87.

Rowell, C.H.F. (2013). The Grasshoppers (Caelifera) of Costa Rica and Panama. The Orthopterists' Society. 617.

Salazar, J.D., y Badilla, F. (1997). Evaluación de dos cepas del hongo entomopatógeno *Metarhizium anisopliae* y seis insecticidas granulados en el control del salivazo (*Aeneolamia postica*) (Hom: Cercopidae) en caña de azúcar en la región de San Carlos. *Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica)*, 43, 9-18. <http://dx.doi.org/10.4067/S0365-28072004000100002>.

Samaniego, R., Barahona, L., González, A., y Guerra M., J. A. (2015). Evaluación *in vitro* de *Metarhizium anisopliae* para Control Biológico del Picudo del Ají. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. <http://www.idiap.gob.pa/download/evaluacion-in-vitro-de-metarhizium-anisopliae-para-control-biologico-del-picudo-del-aji/?wpdmdl=2022>

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). (2015). Revista de Vigilancia Pasiva Fitosanitaria, 2(25): 14 p. <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/scripts/revista.php?semana=25&anio=2015>

da Silva, R.A., de Jesus, C.R., da Silva, W.R., y Costa, N. de L. (2006). Ocorrência de gafanhotos em áreas de cerrados de Mazagão, Amapá. Comunicado Técnico 120. Embrapa. 5 p. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/11861/1/ComuTec_2006_120.pdf

Silveira, Eni B., Al-Janabi, S. M., Magalhães, B. P., Carvalho, L. J.C.B., y Tigano, M. S. (1998). Polymorphism of the grasshopper *Schistocerca pallens* (Thunberg) (Orthoptera: Acrididae) and its natural pathogen *Metarhizium flavoviride* Gams & Rozsypal (Hyphomycetes), revealed by RAPD analysis. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 27(1), 91-99. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591998000100012>



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

- Song, H. (2004). On the origin of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera: Acrididae: Cyrtacanthacridinae). *Proc. R. Soc. B Biol. Sci.*, 271, 1641–1648. doi: 10.1098/rspb.2004.2758.
- Song, H. (2011). Density-Dependent Phase Polyphenism in Nonmodel Locusts: A Minireview. *Psyche (Stuttg.)*, Article ID 741769: 1–16. doi: <https://doi.org/10.1155/2011/741769>
- Song, H., Foquet, B., Mariño-Pérez, R., y Woller, D.A. (2017). Phylogeny of locust and grasshoppers reveals complex evolution of density-dependent phenotypic plasticity. *Scientific Reports*. 13 p. DOI:10.1038/s41598-017-07105-y
- Song, H., Mariño-Pérez, R., Woller, D., y Cigliano, M.M. (2018). Evolution, Diversification, and Biogeography of Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae). *Mol. Phylogenetics Phylogeography*, 2(4): 3; 1–25. <https://doi.org/10.1093/isd/ixy008>
- Torres De La Cruz, M., Madrigal, H., Ortiz, C.F., Lagunas, L., y Díaz, G. (2006). Selección de aislamientos de *Metarhizium anisopliae* para el manejo de *Aeneolamia postica* en caña de azúcar de tabasco, México. Memorias Congreso Internacional de Control Biológico. Palmira, Colombia, p. 22. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000101&pid=S0120-0488201200020000200025&lng=en
- Torto, B., Obeng-Ofori, D., Njagi, P.G.N., Hassanali, A., y Amiani, H. (1994). Aggregation pheromone system of adult gregarious desert locust *Schistocerca gregaria* (Forskål). *J Chem Ecol*, 20, 1749–1762. <https://doi.org/10.1007/BF02059896>
- Vargas-Martínez, A., Salazar-Blanco, J. D., González-Herrera, A., y Molina-Bravo R. 2019. Análisis genético de *Beauveria* y *Metarhizium* tropicales asociados a insectos en caña de azúcar. *Agron. Mesoam.*, 30(1), 267-280. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v30i1.32307>.



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

White, W.H., Viator, R.P., y White, P.M. 2011. Effect of Post-Harvest Residue and Methods of Residue Removal on Ground Inhabiting Arthropod Predators in Sugarcane. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists*, 31, 39-50. <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1060.7742&rep=rep1&type=pdf>

Zachrisson, B., and Barba, A. (2020). Biological Control in Panama. En J.C. van Lenteren, V.H.P. Bueno, M.G. Luna y Y.C. Colmenarez (eds.), *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future* (pp 345-353), CAB International.

Zhang, L., Lecoq, M., Latchininsky, A., and Hunter, D. (2019). Locust and Grasshopper Management. *Annual Review of Entomology*, 64, 15-34. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-112500>



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

