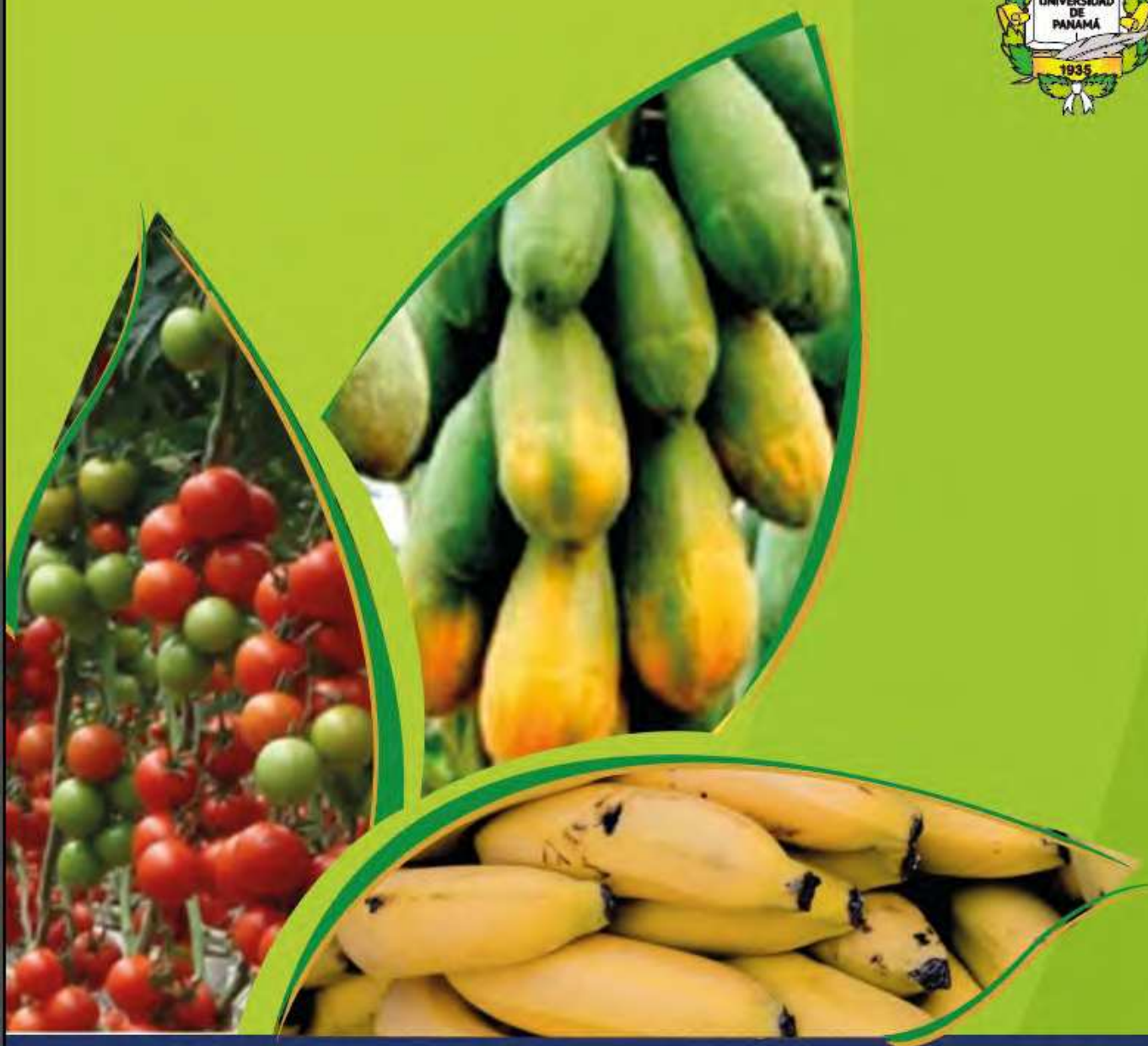




Revista

CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO PANAMÁ ESTE

Semilla del Este



REVISTA ESPECIALIZADA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Vol. 2 (1) Publicación Semestral: Octubre 2021 - Marzo 2022 / ISSN L: 2710-7469

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este/issue/view/304



Frutas con potencial como alimentos funcionales en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá

Fruits with potential as functional foods in Cerro Punta, Chiriquí, Panama

Rubén D. Collantes G. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Panamá. rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Javier E. Pittí C. IDIAP. pittjavier28@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0776-8795>

Maricsa Jerkovic. Fundación Hrvatska. maricsajerkovic@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>

Randy Atencio V. IDIAP. randy.atencio@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

Resumen

El trabajo tuvo el objetivo reconocer las especies frutales, con potencial como alimentos funcionales, predominantes en Cerro Punta, Chiriquí – Panamá. Para ello, se realizaron recorridos en campo durante los meses de enero a abril de 2021, llevando un registro fotográfico de hábitos de crecimiento, flores y frutos de las especies encontradas; tanto en la vegetación silvestre como en áreas cultivadas. Complementariamente, se consultó literatura especializada, para ilustrar las propiedades nutricionales de las frutas encontradas. Se identificaron un total de 11 familias, 18 géneros y 31 especies de plantas, siendo la familia Rosaceae la más diversa con seis géneros y 11 especies, seguida por la familia Rutaceae con seis especies del género *Citrus* y la familia Solanaceae con dos géneros y tres especies. Si bien varios de los frutales encontrados son cultivados, la fresa (*Fragaria x ananassa*), es la principal fruta producida en Cerro Punta, que se comercializa a nivel nacional, tanto para su consumo fresco como para el procesamiento mínimo de alimentos. Las zarzas silvestres, el tomate de árbol, la uchuva, la guayaba, los cítricos y la papaya de montaña, son aprovechados para la elaboración artesanal de mermeladas, bebidas y postres. Cerro Punta posee una diversidad de frutas exóticas que, por sus cualidades nutricionales, representan un potencial como alimentos funcionales, pudiendo contribuir con el desarrollo de la fruticultura regional sostenible. Sin embargo, se requiere una mayor promoción y divulgación sobre esta materia.

Palabras clave: Alimento funcional, fruta cultivada, fruta silvestre

Abstract

The objective of this paper was to recognize the fruit species, with potential as functional foods, predominant in Cerro Punta, Chiriquí - Panama. Field trips were carried out from January to April 2021, keeping a photographic record of the species' growth habits, flowers, and fruits found in wild vegetation and cultivated areas. In addition, to illustrate the nutritional properties of the fruits found, specialized literature was consulted. Identified 11 families, 18 genders, and 31 plant species; the Rosaceae family is the most diverse with six genders and 11 species, followed by the Rutaceae family with six species of the *Citrus* gender and the Solanaceae family with two genders and three species. Although several of the fruit trees found are cultivate, the strawberry (*Fragaria x ananassa*) is the primary fruit produced in Cerro Punta, marketed to the national level for fresh consumption and minimal food processing. Wild brambles, tomato tree, cape gooseberry, guava, citrus fruits, and papaya's mountain area are used for the handcrafted elaboration of jams, drinks, and desserts. Cerro Punta has a diversity of exotic fruits that represent potential as functional foods, contributing to the development of sustainable regional fruit growing due to their nutritional qualities. However, further promotion and dissemination on this matter are required.

Keywords: Cultivated fruit, functional foods, wild fruits.

INTRODUCCIÓN

El consumo de frutas y vegetales es un componente importante en la dieta balanceada del ser humano. Según Valero *et al.* (2018), las frutas poseen una composición nutricional semejante a la de las verduras, pero con mayor contenido de carbohidratos simples como la glucosa, fructosa y sacarosa. Esto hace que su valor calórico sea superior, pero no mayor al de otros grupos de alimentos. El mismo autor afirmó que el agua representa cerca del 90% del peso de fruta comestible. Aportan pocas proteínas y lípidos, a excepción de la aceituna, el aguacate y el coco. También son ricas en fibra, vitaminas y minerales, por lo que es importante fomentar su ingesta.

La FAO (2020) declaró el año 2021, como el Año Internacional de las Frutas y Verduras, para promocionar su consumo, por sus propiedades nutricionales. El consumo mínimo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), es de 400 g por día. Esto resulta más preocupante, dado que la OMS (2019), asoció el fallecimiento de 3,9 millones de personas durante el año 2017, con la falta de consumo de frutas y hortalizas en cantidades adecuadas. Esto aunado al incremento de enfermedades crónicas, debido en algunos casos al uso inapropiado de plaguicidas de síntesis, justifica un mayor consumo de frutas y, por consiguiente, una mayor demanda (Garcerán y Castillo, 2019). IICA (2008), indicó que Panamá posee un gran potencial, por su diversidad de frutales, estimándose un consumo per cápita promedio anual de 64 kg, siendo las principales frutas consumidas son: plátano, piña, banano y naranja. Sin embargo, este consumo equivale a 175 g por día y representa el 43,75% del consumo mínimo de fruta (FAO, 2020).

Por otro lado, las tierras altas de Chiriquí, representan una zona que posee condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo de diversos cultivos; siendo responsables de abastecer más del 80% de la demanda de hortalizas frescas en el país. Aunado a esto, la FAO

(2016) declaró prioritario garantizar la seguridad alimentaria, mediante la producción sostenible de alimentos básicos y nutritivos en agroecosistemas familiares.

Por su parte, Beltrán (2016), definió alimentos funcionales, como aquellos que, además de nutrientes, contienen componentes biológicamente activos que aportan efectos añadidos, beneficiosos para la salud y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades.

La producción sostenible de alimentos básicos y nutritivos en agroecosistemas familiares, son oportunidades de desarrollo regional socialmente incluyentes, económicamente viables y ambientalmente responsables; al generar empleos locales (economía circular), valoración de la biodiversidad nativa, optimización de los recursos disponibles y disminución de la contaminación. Por lo expuesto, el presente trabajo tuvo por objetivo reconocer especies frutales presentes en Cerro Punta, Chiriquí, con potencial como alimentos funcionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La localidad de estudio correspondió al Corregimiento de Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas, Chiriquí – Panamá (8° 51' 00" N 82° 34' 00" O) (Figura 1). La investigación se desarrolló durante los meses de enero hasta abril de 2021, con un total de ocho giras de campo. Se realizó un registro fotográfico de los frutales encontrados y complementariamente, para confirmar la identificación de las especies y conocer sus propiedades nutricionales, se consultaron los trabajos del IICA (2008), Vilaplana I Batalla (2015; 2016), Carretero (2016), Guía Metabólica (2018), Hernández (2018), Valero *et al.* (2018), Collantes y Pittí (2019), Collantes y Jerkovic (2020) y FAO (2020).



Figura 1. Ubicación geográfica de Cerro Punta. Fuente: Google Earth Pro (2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, se encontró un total de 11 familias, 18 géneros y 31 especies de frutales; siendo la familia Rosaceae la más diversa con seis géneros y 11 especies, seguida por la familia Rutaceae con seis especies del género *Citrus*. Respecto al aporte nutricional de las frutas en la dieta, destacan los antioxidantes, vitaminas, minerales, carbohidratos y fibra (Tabla 1).

Tabla 1. Especies frutales en Cerro Punta, sus aportes nutricionales y beneficios para la salud.

Familia	Especie	Nombre común	Aportes nutricionales*	Beneficios*
Caricaceae	<i>Carica pubescens</i>	Papaya de montaña	Vitamina C y β -caroteno.	Antocianinas y fenoles: antioxidantes, protegen la vista el sistema cardiovascular. Vitamina A y carotenoides: formación de diversos tejidos y son antioxidantes. Complejo B: previene la anemia, fortalece los músculos, contribuye con el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. Otras vitaminas: antioxidantes, crecimiento y reparación de tejidos, asimilación de minerales. Potasio (K): funcionamiento adecuado del sistema nervioso, de los músculos y fluidez adecuada de nutrientes. Minerales: regulan la mayoría de reacciones químicas. Carbohidratos y grasas: fuentes de energía. Proteínas: formación de músculo y tejido. Fibra: favorece el tránsito intestinal y la pérdida de peso.
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita ficifolia</i>	Alcayota o chiverre	Azúcares reductores, fibra, proteínas, lípidos y minerales.	
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	Aguacate	Grasas monoinsaturadas, fibra, Vitaminas E, C y B6, Mg, K.	
Moraceae	<i>Ficus carica</i>	Higo	Carbohidratos, aminoácidos, K, Vitamina B6 y Tiamina.	
	<i>Morus nigra</i>	Mora negra	Antocianinas, Vitamina C, flavonoides, polifenoles, alcaloides, taninos, terpenoides, ácidos fenólicos, ácidos grasos.	
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Vitamina C, Vitamina E, fenoles, carotenoides, fibra.	
	<i>Psidium cattleianum</i>	Guayaba peruana	Vitaminas A, B1 y C, fenoles, ricos en Ca, Na, K, Zn y P.	
Passifloraceae	<i>Passiflora tripartita</i>	Curuba o tumbo	Vitaminas A, C y B2; K, P, Mg, Na, Cl, Fe; carbohidratos y calorías, fenoles, flavonoides y carotenoides.	
	<i>Passiflora ligularis</i>	Granadilla	Carbohidratos, Vitaminas A, C, B2 y B3; P, Fe, Ca; carbohidratos, calorías, proteínas y fibra.	
Rosaceae	<i>Eriobotrya japonica</i>	Nispero japonés	Carbohidratos, Vitamina A; K y fibra.	
	<i>Fragaria x ananassa</i>	Fresa	Vitamina C, antocianinas, polifenoles y ácidos orgánicos.	
	<i>Malus x domestica</i>	Manzana	Carbohidratos, fibra, Vitamina C, K, flavonoides, procianidinas y ácidos orgánicos.	
	<i>Prunus domestica</i>	Ciruela	Vitaminas C, B1; K; ácidos hidroxícinnámicos y antocianinas.	
	<i>Prunus persica</i>	Durazno	Vitamina C; K; carotenoides y cumarinas.	
	<i>Pyrus communis</i>	Pera	Carbohidratos, fibra, Vitamina C, K, flavonoides, procianidinas y ácidos orgánicos.	
	<i>Rubus adenotrichos</i>	Mora silvestre	Proteínas, fibra, vitamina C, folatos y compuestos fenólicos.	
	<i>Rubus glaucus</i>	Zarzamora	Complejo B, Vitaminas A, C y E; K, P, Fe, Na, Mg, Mn, Se, Zn, Cu, Ca.	
	<i>Rubus sp.1</i>	Mora silvestre	Proteínas, fibra, vitamina C, folatos y compuestos fenólicos.	
	<i>Rubus sp.2</i>	Mora silvestre	Fibra, vitaminas C y E, folatos, pigmentos y ácidos orgánicos.	
<i>Rubus sp.3</i>	Mora silvestre	Proteínas, fibra, vitamina C, folatos y compuestos fenólicos.		
Rubiaceae	<i>Coffea arabica</i>	Café	K, Mg, Na, Ca, Fe, P; Complejo B, Vitaminas C y E; Fibra, antioxidantes y cafeína.	
Rutaceae	<i>Citrus reticulata</i>	Mandarina	Vitamina C, ácidos orgánicos y flavonoides.	
	<i>Citrus x latifolia</i>	Limón persa	Vitamina C, ácidos orgánicos y flavonoides.	
	<i>Citrus x lemon</i>	Limón amarillo	Vitamina C, ácidos orgánicos y flavonoides.	
	<i>Citrus x limonia</i>	Limón mandarina	Vitamina C, ácidos orgánicos y flavonoides.	
	<i>Citrus x paradisi</i>	Toronja roja	Vitamina C, b-carotenos, licopeno y ácidos orgánicos.	
	<i>Citrus x sinensis</i>	Naranja dulce	Vitamina C, ácidos orgánicos, flavonoides y carotenoides.	
Solanaceae	<i>Physalis peruviana</i>	Uchuva	Vitaminas A y C; Ca, Fe, P.	
	<i>Solanum betaceum</i>	Tomate de árbol	Vitaminas B6, C, E y β -caroteno; Fe, K, Mg, P, pectinas y carotenoides; antocianinas.	
	<i>Solanum tomentosum</i>	Naranjilla	Vitamina C, carotenoides y compuestos fenólicos.	
Vitaceae	<i>Vitis vinifera</i>	Uva	Vitaminas B6, C; K, fitonutrientes, flavonoides y resveratrol.	

*Fuentes consultadas: IICA (2008), Vilaplana I Batalla (2015; 2016), Carretero (2016), Guía Metabólica (2018), Hernández (2018), Valero et al. (2018), FAO (2020).

La diversidad de especies frutales encontradas estuvo representada tanto en flores (Figura 2) como en frutos (Figura 3); sobre lo cual, Hernández (2018), reportó 15 especies del género *Rubus*, presentes entre Panamá y Costa Rica. Esto adquiere mayor importancia, porque dicha diversidad contribuye con la estabilidad del agroecosistema, al servir de sustento para especies benéficas como los insectos polinizadores (Figura 2j), así como depredadores y parasitoides (Figura 4). Esto es concordante con lo presentado por Collantes y Rodríguez (2015), quienes encontraron en agroecosistemas de aguacate y mandarina 10 familias de parasitoides del Orden Hymenoptera, destacando Braconidae e Ichneumonidae; mientras que, Collantes *et al.* (2016), señalaron la importancia la cerca viva como refugio de fauna benéfica, la cual incluye arañas, además de insectos.

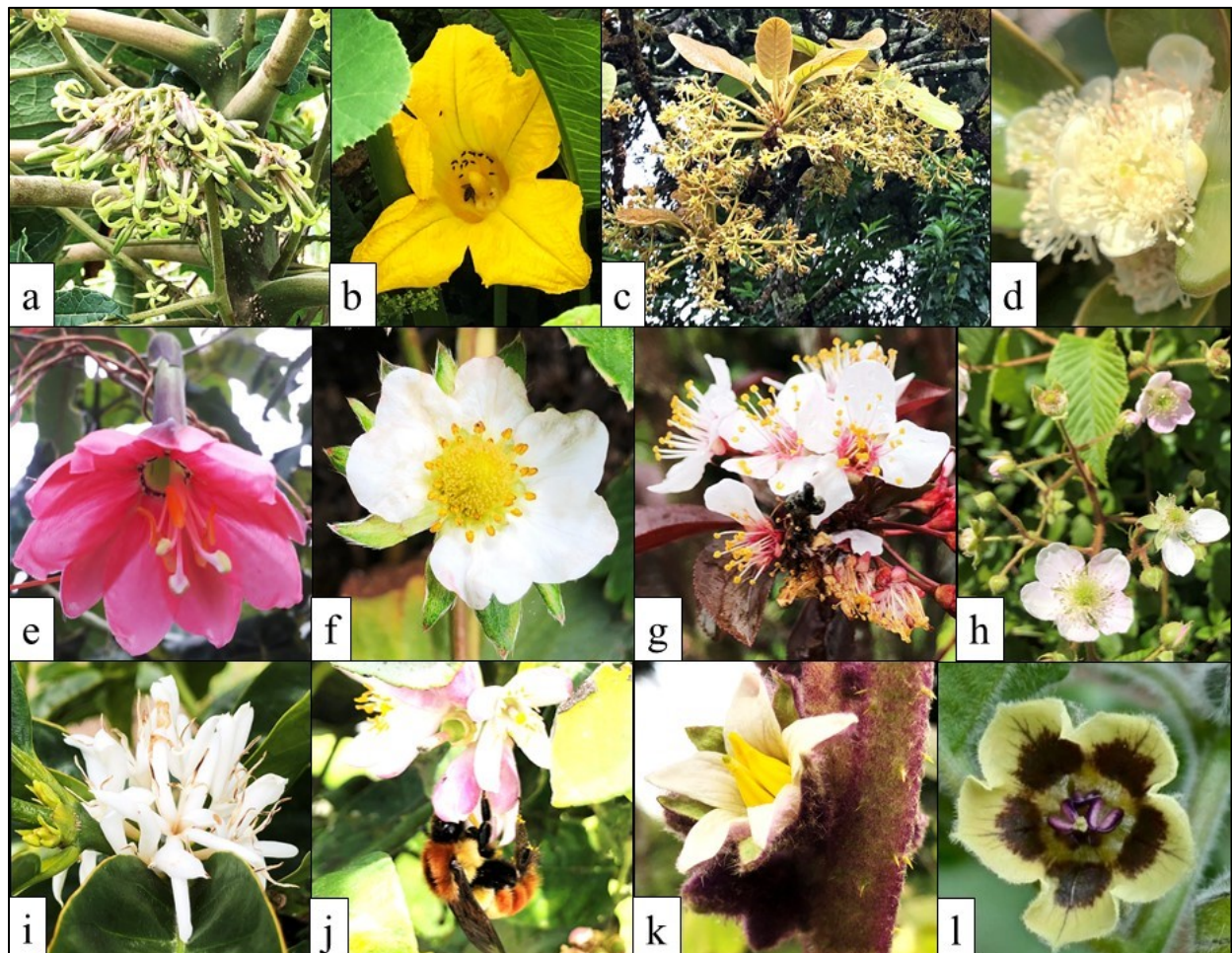


Figura 2. Flores de frutales encontrados en Cerro Punta: a) Papaya de montaña; b) Alcayota; c) Aguacate; d) Guayaba peruana; e) Curuba; f) Fresa; g) Ciruela; h) Zarzamora; i) Café; j) Limón mandarina con abejorro; k) Naranjilla; l) Uchuva.

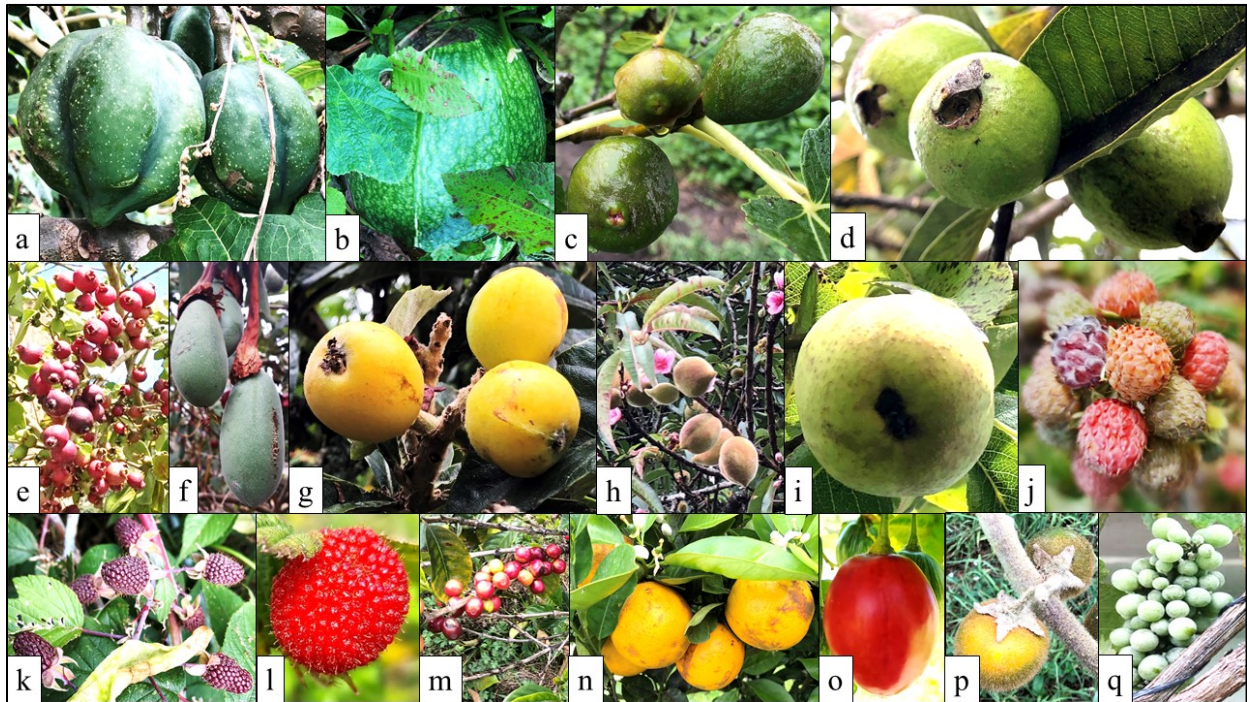


Figura 3. Frutos encontrados en Cerro Punta: a) Papaya de montaña; b) Alcayota; c) Higo; d) Guayaba; e) Guayaba peruana; f) Curuba; g) Níspero; h) Durazno; i) Pera; j) Mora silvestre; k) Zazzamora; l) Mora silvestre; m) Cafê; n) Naranja; o) Tomate de árbol; p) Naranjilla; q) Uvas.



Figura 4. Enemigos naturales asociados a frutales y cerca viva en Cerro Punta: a) *Hemerobius* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae), en naranjilla; b) *Allograpta* sp. (Diptera: Syrphidae) en cibrés; c) *Polybia* sp. (Hymenoptera: Vespidae) en cibrés; d) Ichneumonidae (Hymenoptera) en cibrés.

Altieri y Nicholls (2000), señalaron que, la conservación y manejo del hábitat pone énfasis en el manejo de agroecosistemas, para proveer un ambiente que conduzca a la conservación y fomento de una biota compleja de enemigos naturales; siendo los frutales, un recurso potencial que podría contribuir con la diversificación productiva, así como el establecimiento y multiplicación de especies benéficas, en áreas de producción agrícola como las tierras altas chiricanas.

Considerando que, el consumo *per cápita* promedio anual de frutas en Panamá representa el 43,75% de lo recomendado por la OMS, es una situación preocupante (FAO, 2020). Vilaplana I Batalla (2015), afirmó que, la diabetes tipo 2, enfermedades cardiovasculares y el 70% de muertes por cáncer, podrían evitarse al adoptar un estilo de vida saludable, con alimentación balanceada, deshabituación del tabaquismo y la práctica adecuada de ejercicio físico. Más aún, la ingesta de alimentos nutritivos y nutracéuticos, como las frutas listadas en la Tabla 1, contribuyen con el buen desempeño del sistema inmunitario; lo cual cobra mayor importancia frente a la situación que se viene confrontando desde hace más de un año a nivel mundial, con la pandemia causada por el virus SARS-COV-2 (COVID-19). Adicionalmente, una buena nutrición contribuye con el adecuado funcionamiento del cerebro y otros órganos, previniendo enfermedades degenerativas, como señaló Vilaplana I Batalla (2016).

Si bien varios de los frutales encontrados son cultivados, durante el desarrollo del presente estudio, se pudo observar que la fresa es la principal fruta producida en Cerro Punta; que recibe manejo agronómico adecuado y que se comercializa a nivel nacional, tanto para su consumo fresco (Figura 5a, b), como para la elaboración de otros productos (Figura 5c). Frutas como las zarzas silvestres, el tomate de árbol, la uchuva, la guayaba, los cítricos y la papaya de montaña, se emplean en la elaboración artesanal de mermeladas (Figura 5d), bebidas y postres; pero otras frutas son consumidas en menor grado.

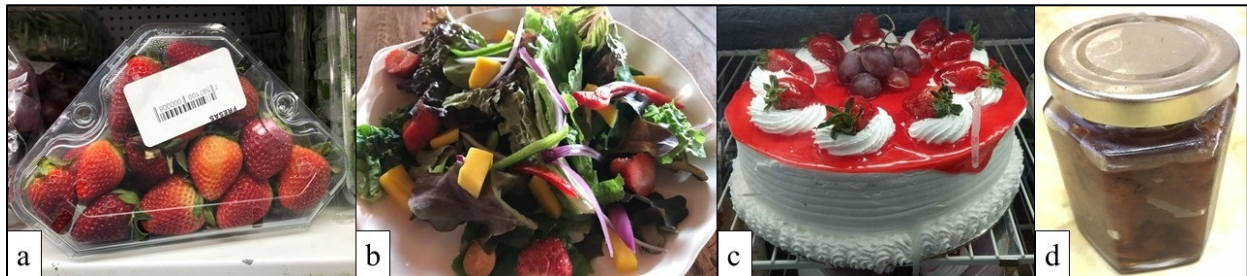


Figura 5. Principales formas de consumo de frutas producidas en Cerro Punta: a) Producto fresco; b) Ensalada de fruta con vegetales; c) Postre de fresas; d) Mermelada de papaya de montaña.

Respecto al café, es uno de los rubros agroindustriales más importantes del país, responsable de generar múltiples empleos tanto para campesinos como para comarcas indígenas; siendo Boquete la principal zona productora. Por otro lado, el café de bajura ha sido impulsado como alternativa de reforestación, conjuntamente con el cacao en áreas vulnerables como cuencas hidrográficas y en la Zona del Canal de Panamá. Sin embargo, se requiere de un seguimiento y fortalecimiento tecnológico para los productores que participan en dichas iniciativas, tal como reflejó el trabajo de Collantes *et al.* (2020a).

La diversificación productiva del agroecosistema representa oportunidad de desarrollo sostenible, tal como refirió FAO (2006). En este sentido, se requiere partir de un diseño adecuado de agroecosistema, que involucre el aprovechamiento de especies frutales, así como otro tipo de cultivos, como árboles maderables empleados en sistemas de café bajo sombra, como indicó

Ábrego (2012). Adicionalmente, la diversificación también debe considerar el aprovechamiento de otras partes del frutal, como la madera; sobre lo cual, Collantes *et al.* (2020b), utilizaron madera de mango como alternativa para la confección del tope de una guitarra eléctrica de cuerpo sólido (Figura 6a); frente a la opción del arce en guitarras importadas de fabricación asiática (Figura 6b). Dicha experiencia concuerda con Ahvenainen *et al.* (2017), quienes recomendaron el uso de maderas nativas y ocupar artesanos locales, como alternativa frente a la importación de instrumentos musicales confeccionados con especies amenazadas, lo cual, a mediano y largo plazo, no resulta sostenible.



Figura 6. Guitarras eléctricas de cuerpo sólido: a) Cuerpo de cedro granadino, tope de mango, confeccionada por lutier panameño; b) Cuerpo de caoba, tope de arce, fabricada en serie (Corea).

CONCLUSIÓN

Del presente estudio, se concluye que Cerro Punta posee una diversidad de frutas que, por sus cualidades nutricionales, representan un potencial como alimentos funcionales. No obstante, la fresa es la fruta producida en Cerro Punta con mayor consumo tanto a nivel local como nacional. Por consiguiente, se requiere desarrollar a profundidad más estudios por parte de las universidades e instituciones de investigación e innovación, así como un mayor fomento para el diseño de agroecosistemas eficientes, que contemplen la diversificación productiva mediante la inclusión de

estos frutales. En ese sentido, también son meritorias una mayor promoción y divulgación sobre los beneficios para la salud que el consumo de estas frutas aporta, en especial para las personas que padecen enfermedades crónicas.

El desarrollo de la agroindustria, para obtener productos diferenciados, innovadores, competitivos, con valor agregado; dará ocupación al talento local, optimizando el aprovechamiento de los recursos naturales, disminuyendo las pérdidas en post cosecha y contribuyendo con la sostenibilidad de los medios de vida. Por ende, de poder reforzar estos emprendimientos, se contribuirá con la integración familiar y la continuidad de negocios orientados al agro; sector que, en tiempos de pandemia por COVID-19, contribuyó con la soberanía alimentaria y con la paz social del país.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Hrvatska, por el apoyo logístico brindado. A los propietarios de las fincas visitadas, por facilitar el acceso a las mismas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ábrego, C. (2012). Manual para la producción orgánica del café robusta. Proyecto Integral para el Desarrollo de la Costa Abajo de Colón. MIDA, R-6. 48 p. Recuperado de https://www.mida.gob.pa/upload/documentos/librosdigitales/PIDCAC/Manual_Cafe_Robusta/manual_cafe_robusta.pdf
- Altieri, M. y Nicholls, C. (2000). Agroecología: Teoría y Práctica para una agricultura sustentable. Primera edición, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, MX. 250 p. Recuperado de <http://www.agro.unc.edu.ar/~biblio/AGROECOLOGIA2%5B1%5D.pdf>
- Ahvenainen, P.; Viljanen, M.; Mäkinen, H.; Help, H.; Suhonen, H.; Huotari, S. (2017). Tonewood Project-Wood used in electric guitars. Department of Physics, University of Helsinki, FI. DOI: [10.13140/RG.2.2.25880.70402](https://doi.org/10.13140/RG.2.2.25880.70402)
- Beltrán, M. (2016). Alimentos funcionales. Farmacia Profesional 30(3): 12-14. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-alimentos-funcionales-X0213932416546681>
- Carretero, M. (2016). Frutos con interés en farmacia: Moras. 7 p. Recuperado de <https://botplusweb.portalfarma.com/documentos/2016/5/30/98996.pdf>
- Collantes, R. y Jerkovic, M. (2020). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. Aporte Santiaguino 13(1): 48-58. DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>

- Collantes, R.; Lezcano, J.; Marquínez, L. e Ibarra, A. (2020a). Caracterización de fincas productoras de café robusta en la Provincia de Colón, Panamá. *Ciencia Agropecuaria* 31: 156-168. Recuperado de <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/307/246>
- Collantes, R.; Caballero, H. R.; Jerkovic, M. y Caballero, R. (2020b). Maderas nativas: Alternativa sostenible para fabricar cordófonos en Panamá. *Aporte Santiaguino* 13(2): 193-207. DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.692>
- Collantes, R. y Pittí, J. (2019). Insectos asociados al aguaymanto en Cerro Punta, Chiriquí-Panamá. *Aporte Santiaguino* 12(2): 147-160. DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2019.v12.n2.638>
- Collantes, R.; Perla, D.; Rodríguez, A.; Beyer, A. y Altamirano, J. (2016). *Acacia horrida* (L.) Willd.: refugio de artrópodos benéficos en la costa peruana. *Saber y Hacer* 3(1): 37-47. Recuperado de <https://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/185/295>
- Collantes, R. y Rodríguez, A. (2015). Diversidad de avispas parasitoides (Hymenoptera) en agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino* 8(2): 207-218. DOI: <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n2.226>
- FAO. (2016). Agricultura sostenible: Una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional en América Latina y el Caribe, Actividades destacadas 2014-2015. 48 p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/i5754s/i5754s.pdf>
- FAO. (2020). Frutas y verduras - esenciales en tu dieta. Año Internacional de las Frutas y Verduras, 2021. Documento de antecedentes. Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/cb2395es>
- FAO. (2006). La diversificación de los cultivos conduce a la seguridad alimentaria: Estudios de caso. HN. 48 p. Recuperado de <http://www.fao.org/3/at760s/at760s.pdf>
- Garcerán, P., y Castillo, M. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria. *Revista Prisma Tecnológico* 10(1): 22-27. DOI: <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- Guía Metabólica. (2018). El Níspero. Recuperado de <https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/consejo/nispero>
- Hernández, O. (2018). Revisión taxonómica del género *Rubus* L. (Rosaceae) en Costa Rica y Panamá. Tesis de Maestría, Universidad de Costa Rica, 130 p. URI: <http://hdl.handle.net/10669/79924>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2008). La Fruticultura en Panamá: su potencial socioeconómico e iniciativas para su desarrollo. IICA, MIDA, IDIAP-PA. 167pp.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2019). Aumentar el consumo de frutas y verduras para reducir el riesgo de enfermedades no transmisibles. Biblioteca electrónica de documentación científica sobre medidas nutricionales (eLENA). Recuperado de https://www.who.int/elena/titles/commentary/fruit_vegetables_ncds/es/
- Valero, T.; Rodríguez, P.; Ruiz, E.; Ávila, J. y Varela, G. (2018). La alimentación española: características nutricionales de los principales alimentos de nuestra dieta. Segunda Edición. Fundación Española de la Nutrición, Madrid, ES. 654 p. ISBN: 978-84-491-1506-6.
- Vilaplana I Batalla, M. (2015). Nutrición y sistema inmunitario. Farmacia Profesional 29(6): 22-25. Recuperado de <https://www.ucm.edu.co/covid-19/wp-content/uploads/2020/05/nutricion-y-sistema-inmunitario.pdf>
- Vilaplana I Batalla, M. (2016). Alimentación y neuronas. Farmacia Profesional 30(6): 17-20. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-X0213932416603690>

Evaluación del desarrollo y rendimiento de seis híbridos de maíz de grano amarillo en Higueronal, Chepo, Panamá

Growth evaluation of six yellow maize hybrids for grain yield in Higueronal, Chepo, Panama

Andrés Chang. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario Darién.
andres.chang@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-4776-6794>

Edwin Pile. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario Darién.
edwin.pilem@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

Ana Rodríguez. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Fitotecnia, Panamá.
ana.rodriguez04@up.ac.pa

José Saldaña. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Finca La Porcelana.
jose.saldaña@up.ac.pa

Resumen

Se evaluó el desarrollo y rendimiento de seis híbridos de maíz de grano amarillo cultivados en Higueronal, corregimiento Chepo, región de Panamá Este. Los análisis fueron realizados con datos obtenidos en el ciclo agrícola 2016/2017, de actividades desarrolladas en propiedad de la Universidad de Panamá (Chepo, Panamá Este). El experimento fue realizado utilizando un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), siendo los tratamientos híbridos comerciales (30F-35, P-4039, P-4226, DAS-3383) y experimentales (X-40F440, X-40K-176). Los criterios de evaluación utilizados fueron el rendimiento (kg/ha), la presencia de *Curvularia* sp, *Bipolaris* sp y *Puccinia* spp, la exposición de la punta de la mazorca, el aspecto de las plantas, la altura de las plantas y de la inserción de las mazorcas. La escala de Likert fue usada para establecer el grado de afectación de las plantas por la presencia de hongos y el aspecto de las plantas. Los datos fueron evaluados usando un Análisis de Componentes Principales, estableciendo un intervalo de confianza de 95% en el ambiente de computación estadística R. Los resultados permitieron concluir que, en el periodo de estudio y para la región, el híbrido 30F-35 fue el de mejor comportamiento productivo, en términos de granos y biomasa, seguido de los híbridos P-4226, con un mayor número de plantas y mazorcas cosechadas, y X-40F-440, con mazorcas de mejor peso y aspecto y mayor producción de maíz en grano.

Palabras clave: híbrido de maíz, producción en grano, biomasa, cosecha de mazorca

Abstract

This study evaluated the growth of six yellow maize hybrids for grain production in Higueral, Chepo district, Panama East region. The analyses were carried out with data obtained in the agricultural cycle 2016/2017 from activities carried out on the property of the University of Panama (Chepo, Panama East). The experiment was carried out using a Completely Random Block Design (DBCA), being commercial hybrid treatments (30F-35, P-4039, P-4226, and DAS-3383) and experimental (X-40F440, X-40K-176). The evaluation criteria used were the yield (kg/ha), *Curvularia* sp, *Bipolaris* sp, and *Puccinia* spp, the exposure of the ear corn, the appearance of the plants, the height of the ear corn plants, and the insert of the corns. The Likert scale was used to establish the degree of affectation of the corn plants by the presence of fungi and the appearance of the plants. The data were evaluated by using a Principal Component Analysis. It established a 95% confidence interval in the statistical computing environment R. The results showed that, in the study period and for the region, the 30F-35 hybrid was the with better productive performance, in terms of grains and biomass, followed by hybrids P-4226, with a more significant number of plants and maize harvested, and X-40F-440, with corns of better weight and appearance and higher corn production in grain.

Keywords: hybrid maize, grain yield, biomass, corn harvest

INTRODUCCIÓN

El cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) es uno de los más usados a nivel mundial, tanto en la alimentación humana, como en la animal (Castellanos-Reyes, Valdes-Carmenate, Lopez-Gomez, & Guiridi-Izquierdo, 2017; Guamán, Vera, Abril, Cortázar, & Salguero, 2020), y en la producción de biocombustibles (Castellanos-Reyes, Valdes-Carmenate, Lopez-Gomez, & Guiridi-Izquierdo, 2017). De esta forma, al hablar de maíz, las investigaciones relacionadas con la producción y calidad nutritiva del producto, como las de Ancira, Romo, Segura, & Gutiérrez (2018), son proactivas. De igual forma, Robledo et al. (2017) citan el uso de variedades mejoradas y de biofertilizantes para favorecer la nutrición e incrementar la producción del rubro, y Ortiz et al. (2019) indican la implementación de innovaciones tecnológicas. Sin embargo, se debe destacar la realización de los trabajos que evalúan el comportamiento agronómico de los diferentes híbridos de maíz que se van obteniendo a lo largo del tiempo (Medina, Morales, Mora, & Mora, 2017).

Así, son frecuentes las investigaciones que buscan ampliar la oferta de genotipos, aumentar los rendimientos y disminuir las importaciones en las diferentes regiones (Flores & Marroquín, 2020). Las conclusiones de estas investigaciones generalmente se fundamentan en el comportamiento de las características agronómicas entre los híbridos disponibles (Bernal et al., 2018). De esta forma, según Sánchez-Ramírez, Carmen Mendoza-Castillo, & Mendoza-Mendoza (2020), es común que los programas de fitomejoramiento sean basados en esquemas de hibridación que se inician con centenas de líneas endogámicas, razón por la que se hace indispensable su discriminación para

continuar los trabajos con productos de atributos deseables, siendo este el objetivo de nuestro trabajo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el periodo de octubre a diciembre del ciclo agrícola 2016/2017. Todas las actividades fueron desarrolladas en la Finca La Porcelana, propiedad de la Universidad de Panamá, localizada en el corregimiento de Tortí, distrito de Chepo, Panamá Este. La finca se encuentra ubicada a 45 m sobre el nivel del mar. El experimento fue realizado utilizando un Diseño de Bloques Completamente Aleatorio (DBCA), con cuatro bloques, seis tratamientos y cuatro repeticiones.

El material vegetal evaluado fueron los híbridos comerciales 30F-35, P-4039, P-4226, DAS-3383 y los experimentales X-40F-440 y X-40K-176. Los criterios de evaluación utilizados fueron el rendimiento (kg/ha), la presencia de *Curvularia* sp, *Bipolaris* sp y *Puccinia* spp, la exposición de la punta de la mazorca, el aspecto de las plantas y la altura de las plantas y de la inserción de las mazorcas. El ensayo fue establecido en suelo franco-arcilloso, ocupando un área de 25,5 m x 27 m (756 m²).

Cada tratamiento estuvo conformado por seis surcos de 5 m de largo, y separados a 0,8 m. La siembra fue realizada entre golpes de 0,2 m, con 2 semillas/hoyo. Cada punto/golpe se raleaba 15 días después de la siembra, dejando una planta por golpe con la finalidad de obtener una densidad de siembra de 62 500 plantas/ha. El área experimental fue constituida por los tres metros internos de los cuatro surcos centrales de cada tratamiento; la cosecha fue realizada de forma manual 120 días después de la siembra.

El manejo agronómico usado con los seis híbridos fue el de cero labranza para la preparación del terreno. El control de malezas fue realizado usando un herbicida sistémico (Glifosato [4 l/PC/ha]) 15 días antes de la siembra. Un día después de la siembra fueron aplicados pre-emergentes (Pendimetalina + Atrazina [3 l/PC/ha + 3 l/PC/ha]). La fertilización (N, P₂O₅ y K₂O) fue realizada manualmente, incorporando los productos (180 kg/ha, 65 kg/ha y 33 kg/ha, respectivamente) en local contiguo a la semilla. La producción (rendimiento) fue medida en kg/ha de maíz seco al 14% de humedad.

La escala de Likert fue utilizada para establecer el grado de afectación de las plantas por la presencia de *Curvularia* sp, *Bipolaris* sp y *Puccinia* spp (1 = Ausencia de la enfermedad y 5 = Infección severa). De forma semejante se evaluó el aspecto de la planta (1 = Robusta y 5 = Débil) (CIMMYT, 1985). Los datos fueron evaluados usando un Análisis en Componentes Principales (ACP, cos²=0.8) (Kassambara & Mundt, 2020; Lê, Josse, & Husson, 2008) y estableciendo un intervalo de confianza de 95%. Todos los análisis fueron realizados en el ambiente de computación estadística R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demostraron que los híbridos 30F-35 y P-4226 fueron los que presentaron mejores características productivas. El 30F-35 se caracterizó por la mejor producción de biomasa, mientras que el P-4226 produjo un mayor número de plantas y de mazorcas cosechadas. Sin embargo, el P-4226 fue más acometido por *Bipolaris* sp. Estos resultados contrastan con los registrados para los híbridos P-4039 y DAS-3383, los que además presentaron un aspecto más débil de la planta (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1. Análisis descriptivo de parámetros identificados entre los híbridos destacados.

Parámetro	Tratamiento	n	Promedio	DE	IC.valor min	IC.valor max	Margen error
Altura de plantas	30F-35	4	229,90	22,69	193,79	266,01	36,11
	DAS-3383	4	194,52	23,57	157,02	232,03	37,51
	P-4039	4	205,57	9,84	189,92	221,23	15,65
	P-4226	4	221,50	31,02	172,13	270,87	49,37
Producción (Kg/ha)	30F-35	4	6 706,93	1 175,95	4 835,73	8 578,13	1871,2
	DAS-3383	4	5 251,08	2 023,61	2 031,07	8 471,09	3 220,01
	P-4039	4	4 346,44	1 315,89	2 252,56	6 440,32	2 093,88
	P-4226	4	6 390,46	2 127,38	3 005,31	9 775,60	3 385,14
Aspecto de plantas	30F-35	4	2,25	1,5	-0,14	4,64	2,39
	DAS-3383	4	3	1,83	0,09	5,91	2,91
	P-4039	4	3,25	0,65	2,22	4,28	1,03
	P-4226	4	2,25	1,26	0,25	4,25	2
Maíz desgranado (kg/ha)	P-4226	4	872,25	49,76	793,07	951,43	79,18
	X-40F-440	4	1 007	113,20	826,88	1 187,12	180,12
	X-40K-176	4	806	30,28	757,82	854,18	48,18
Presencia de <i>Bipolaris</i>	P-4226	4	1,5	0,58	0,58	2,42	0,92
	X-40F-440	4	1	0	1	1	0
	X-40K-176	4	1,75	0,5	0,95	2,55	0,8

El híbrido X-40F-440 se caracterizó por un periodo de floración más largo y producción de mazorcas de mejor aspecto y mayor peso sin desgranar, y mayor peso de maíz en grano. Este resultado contrastó con los alcanzados para los tratamientos P-4226 y X-40K-176 (Tabla 1, Figura 1).

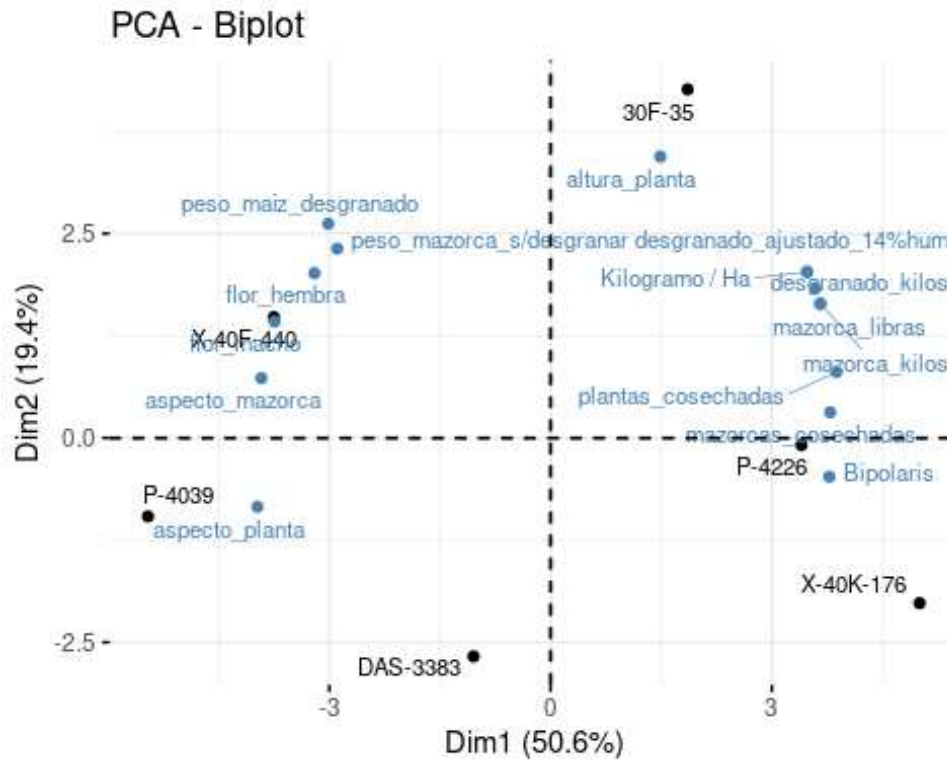


Figura 1. Interrelación de las variables identificadas en función de los híbridos evaluados.

Los resultados contrastan con el registrado por Gordon, Franco, Nuñez, Saez, & Jaen (2018) en la Región de Azuero, donde el híbrido 30F-35 fue el de menor producción, cuando comparados a los híbridos P-4039, X-40K-176 y P-4226. Al momento de la experiencia, los híbridos P-4039, X-40K-176 y P-4226 alcanzaron rendimientos superiores a las 7.5 ton ha⁻¹. En ese registro el X-40F-440 tuvo un comportamiento promedio. Este comportamiento se corrobora en nuestras observaciones y posiblemente se relacione con el mayor tamaño de la mazorca.

Los resultados son semejantes a los de Chang, Rodríguez, & Pile (2018) quienes, trabajando con maíz tierno en Darién, también registraron que los híbridos 30F-35 y P-4226 tuvieron mayor producción de biomasa. Sin embargo, los resultados obtenidos agregan que el número de plantas y mazorcas cosechadas fueron superior para el P-4226 y que, a pesar de que la producción fue menor para el X-40F-440, sus mazorcas fueron mayores y de mejor aspecto. También se confirma una menor producción de granos y de biomasa para los híbridos DAS-3383 y P-4039 al momento de la evaluación. Es importante destacar que, para la región de Azuero, Gordon-Mendoza & Camargo-Buitrago (2021) estimaron que el P-4039 rindió una producción de granos que alcanzó las 8,30 ton ha⁻¹, en promedio, el doble de lo registrado para la región de Darién.

CONCLUSIÓN

Para la región de Darién, en el periodo de estudio, se registra que el híbrido 30F-35 tuvo mejor comportamiento productivo en el rendimiento de granos y biomasa. En términos de producción, lo siguieron los híbridos P-4226 y X-40F-440, el primero con un mayor número de plantas y mazorcas cosechadas, y el segundo con mazorcas de mejor peso y aspecto, y mayor producción de maíz en grano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ancira, E. F., Romo, A. D., Segura, C. H., & Gutiérrez, M. A. L. (2018). Producción y calidad nutritiva de maíz bajo condiciones de secano en aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 9. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1718>
- Bernal, R. V., Calderón, A. E., Robledo, M. T., Velarde, F. D. J. C., castillo, J. A. A., Martínez, V. A. V., ... Guzmán, G. L. (2018). 'Cora 2012': Híbrido intervarietal de maíz para nayarit y regiones similares. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6. <https://doi.org/10.29312/remexca.v6i2.728>
- Castellanos-Reyes, M., Valdes-Carmenate, R., Lopez-Gomez, A., & Guiridi-Izquierdo, F. (2017). Mediciones de índices de verdor relacionadas con área foliar y productividad de híbrido de maíz. *Cultivos Tropicales*, 38. <https://doi.org/10.1234/ct.v38i3.1392>
- Chang, A., Rodriguez, A., & Pile, E. (2018). Evaluación productiva de cinco híbridos de maíz en estado tierno en villa darién, darién. *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 5(2), 48–54.
- CIMMYT. (1985). Guía de descriptores para caracterizar maíz. México, DF: Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.
- Flores, R. A., & Marroquín, L. A. G. (2020). Quinba r-TC: Nueva variedad de jamaica tipo criolla de alto rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.1044>
- Gordon, R., Franco, J., Nuñez, Saez, A., & Jaen, J. (2018). Adaptabilidad de 20 híbridos de maíz a las condiciones agroclimáticas de la zona maicera de la región de azuero, panama, 2016. 1(2), 1–17.
- Gordon-Mendoza, R., & Camargo-Buitrago, I. (2021). Herramientas estadísticas para la evaluación y selección de híbridos de maíz a través de múltiples ambientes y años. *Ciencia Agropecuaria*, (32), 12–37.

- Guamán, R. N. G., Vera, T. X. D., Abril, Á. F. V., Cortázar, S. M. U., & Salguero, E. J. R. (2020). Evaluación del desarrollo y rendimiento del cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Utilizando cuatro híbridos. *Siembra*, 7. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i2.2196>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Medina, A. V., Morales, C. S., Mora, S. V., & Mora, D. V. (2017). Comportamiento agronómico y evaluación económica de híbridos de maíz cristalino duro (*Zea mays* L.) En tres zonas agroecológicas del litoral ecuatoriano. *Siembra*, 4. <https://doi.org/10.29166/siembra.v4i1.501>
- Ortiz, R. V., Cantú, D. H. N., Guerra, M. M., Cruz, E. S., Sánchez, J. M., & Hinojosa, J. R. C. (2019). Adopción de innovaciones en maíz bajo el modelo escuelas de campo en tlalcozotitlán, guerrero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 10. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i8.1832>
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Robledo, M. T., Zavala, J. J. G., Lugo, H. J. A., Ortiz, R. L., Montiel, N. O. G., Macías, M. S., ... Fernández, A. T. (2017). Biofertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles para los valles altos de México. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 35. <https://doi.org/10.28940/terra.v35i1.242>
- Sánchez-Ramírez, F. J., Carmen Mendoza-Castillo, Ma. del., & Mendoza-Mendoza, C. G. (2020). Evaluación de mestizos y uso de técnicas multivariadas para identificar líneas sobresalientes de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.1778>

Salud animal en Panamá: Tendencias de las publicaciones científicas, 2015-2021

Animal Health in Panama: Trends in scientific publications, 2015-2021

Edwin Pile. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario Darién.
edwin.pilem@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6226-1500>

Andrés Chang. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario Darién.
andres.chang@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-4776-6794>

Euribiades Chang. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Centro Regional Universitario Darién.
euribiades.chang@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1228-9804>

Resumen

Fueron evaluadas las tendencias de las publicaciones científicas realizadas en los últimos cinco años en Panamá. Los datos fueron recopilados usando las herramientas de gestión bibliográfica Mendeley y Google Scholar. Después de colectados los datos, fueron estructurados, organizados y analizados usando de técnicas de minería de textos en el ambiente de computación estadística R. Los resultados permitieron verificar que las pocas publicaciones realizadas se relacionaron principalmente con la identificación de agentes patógenos con potencial zoonótico transmitidos por vectores artrópodos o roedores y originados por perturbaciones en el ambiente. También, que se están promoviendo estudios para mejoras de las actividades de prevención y control de estos agentes, algunos desde la perspectiva social. Y finalmente, que los abordajes eco-epidemiológicos y estudios relacionados con la producción animal se encuentran en sus primordios.

Palabras clave: salud animal, publicaciones científicas, potencial zoonótico, vectores artrópodos

Abstract

The trends of scientific publications made in the last five years in Panama were evaluated. Data were collected using Mendeley and Google Scholar bibliographic management tools. After collecting the data, they were structured, organized, and analyzed using text mining techniques in the statistical computing environment R. The results allowed verifying that the few publications made were mainly related to identifying pathogens with zootechnical potential transmitted by arthropod or rodents vectors caused by disturbances in the environment. Also, studies aimed to improve prevention and control activities for these agents; some from a social perspective. Finally, eco-epidemiological approaches and studies regarding animal production are in their early stages.

Keywords: animal health, scientific publications, zootechnical potential, arthropod vectors

INTRODUCCIÓN

Los conceptos de salud y/o enfermedad no son únicos y universales, son cambiantes y dependen de los individuos (persona o animal) y contextos donde se conceptualizan (Gavidia Catalán & Talavera, 2012). Así, en términos de salud animal, su importancia se aborda como una preocupación social e institucional, en base a una perspectiva de bienestar animal que no solo se afina a la cuestión utilitaria o productivista de la salud del animal sino a una concepción más integral. Ello supone un conjunto de relaciones relevantes y vitales entre la salud humana y la salud animal (Pierre-Foy, 2017).

De esta forma, destacan estudios que evidencian cómo diversas especies son capaces de servir como fuentes de agentes infecciosos o contaminantes (Eckstein et al., 2017). También, la importancia de velar por la elaboración de estrategias de prevención y control de los problemas identificados (Pasquali et al., 2017), y para esto se requiere identificar los factores que inciden sobre la prevalencia de las enfermedades. De igual forma, los estudios deben ser dirigidos a la identificación de factores capaces de interferir en la producción y productividad de animales de interés zootécnico, tales como genética, condiciones ambientales, factores nutricionales, incluso infecciones previas (Samico-Fernandes et al., 2019). La identificación de agentes parasitarios en animales de compañía también es un aspecto relevante, pues tales agentes pueden pasar a ser una amenaza no sólo a la vida de los animales, sino también a la salud humana por su carácter zoonótico (Maggi & Krämer, 2019).

En Panamá, considerando el carácter incipiente de la cultura investigativa en el ámbito de la salud animal, se decidió por establecer como objetivo identificar los temas florecientes en la coyuntura actual, con la finalidad de reconocer lagunas que debemos ocupar para permitir el crecimiento de nuestro ambiente zootécnico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los datos fueron obtenidos a partir de las publicaciones científicas realizadas del 2015 al 2021. La recuperación de la información fue hecha a través de las herramientas de gestión bibliográficas Mendeley (v.1.19.8) y Google Scholar. Todas las informaciones fueron tratadas usando técnicas en minería de textos (Benoit et al., 2018). Después de estructurar (Westgate, 2019) y organizar (Müller & Wickham, 2021; Wickham, François, Henry, & Müller, 2021) la información, los datos fueron representados usando gráficas de frecuencias (Wickham, 2016) y analizados utilizando técnicas de agrupamiento (considerando la menor variación intragrupo) (Charrad, Ghazzali, Boiteau, & Niknafs, 2014). También fueron realizados análisis de interrelación de los atributos (variables) y de las informaciones contenidas en los resúmenes de los artículos usando los paquetes FactoMiner (Lê, Josse, & Husson, 2008) y factoextra (Kassambara & Mundt, 2020). Todos los análisis fueron realizados en el ambiente de computación estadística R (R Core Team, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados demostraron que el número de publicaciones recuperadas usando los atributos “salud,” “animal” y “Panamá” fue reducido durante el periodo de estudio (Figura 1). Estas publicaciones se centraron en la identificación de agentes transmitidos por vectores artrópodos y su potencial zoonótico, y en la divulgación de informaciones que se relacionaron con el control de enfermedades y la producción animal (Figuras 1 y 2). A pesar de la identificación de ambos abordajes, estos no representaron líneas de trabajo estadísticamente diferentes (Figura 2).

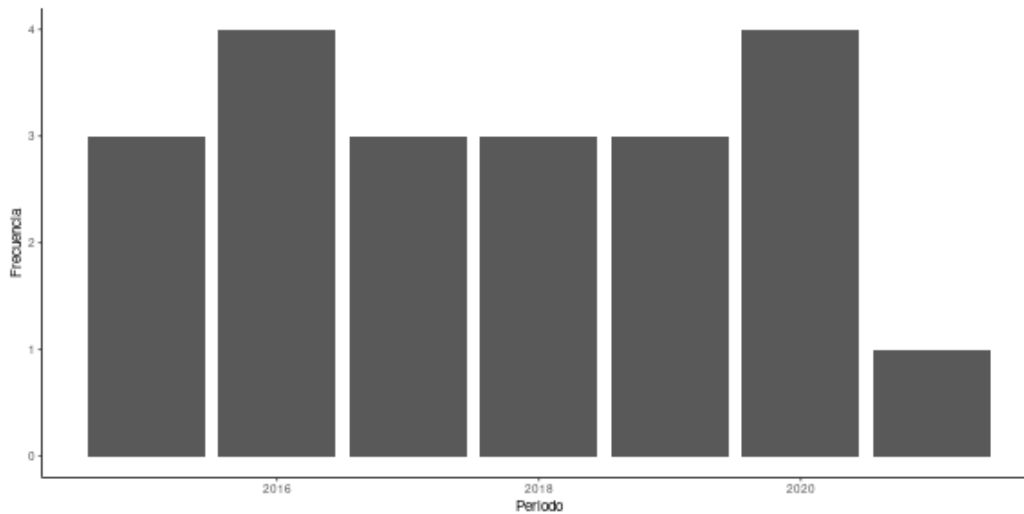


Figura 1. Frecuencia de publicaciones recuperadas en el periodo 2015 – 2021.

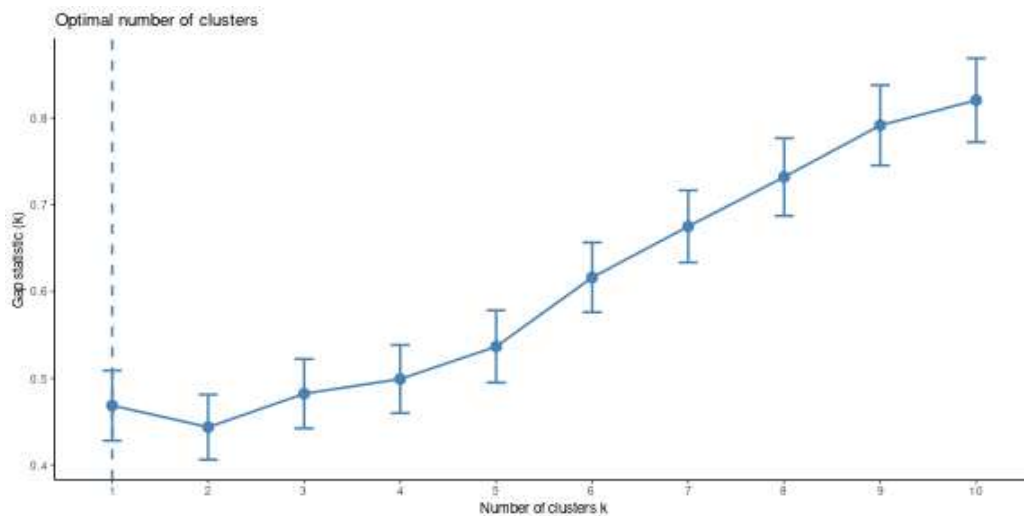


Figura 2. Representación gráfica del número de *clusters* que mejor definen los abordajes, siendo considerados en las publicaciones realizadas en el periodo evaluado.

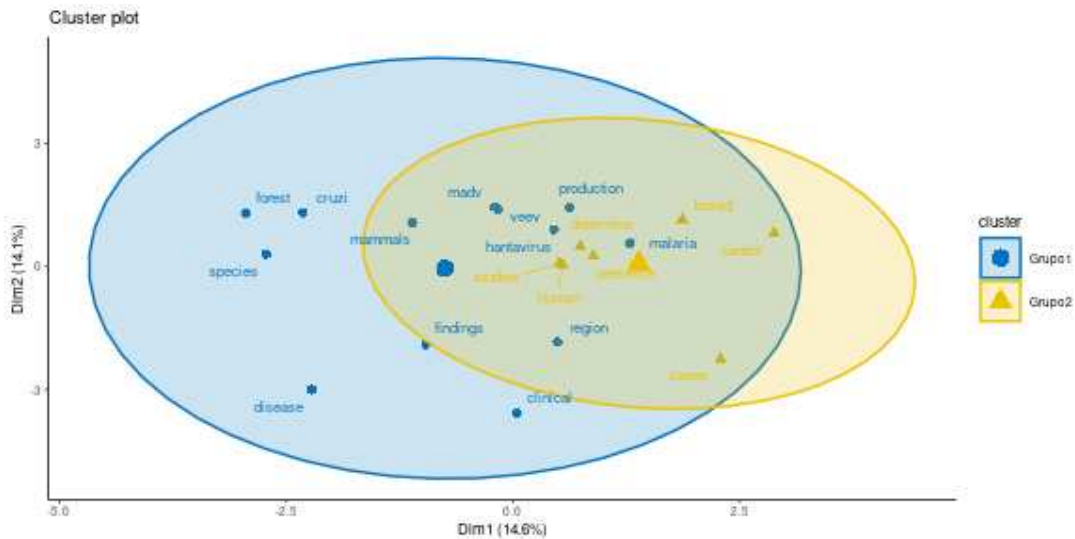


Figura 3. Representación gráfica de la interrelación de los atributos identificados en las publicaciones rescatadas durante el levantamiento bibliográfico.

Los resultados demuestran que el Grupo 1 es el de mayor destaque. La proactividad es tomada por trabajos que muestran la posibilidad de ocurrencia de zoonosis provocadas por agentes transmitidos por artrópodos y relacionada con la degradación del ambiente, debido al crecimiento de la población. Tales son las publicaciones de I. G. Rodríguez & Loaiza (2017) que llaman la atención al creciente problema de salud pública generados por la presencia de la Enfermedad de Chagas, y los de Petrucelli & Bermúdez (2017) quienes han identificado la presencia de anaplasmosis y ehrlichiosis en canes procedentes de áreas rurales y urbanas de la región.

Maggi & Krämer (2019) llaman la atención a que las enfermedades transmitidas por vectores entre los animales de compañía son importantes amenazas para la salud de los animales, pero también para la salud pública en América Latina. Los casos humanos de rickettsiosis también han sido reportados en el país, recordando que este es el principal patógeno transmitido por garrapatas en el continente americano (Martinez-Caballero et al., 2018; Zaldivar et al., 2021). Además del potencial problema observado, Aguilera-Cogley et al. (2020) mencionaron que ácaros como el *Rhipicephalus microplus*, principal ectoparásito entre bovinos del país y otras regiones tropicales y subtropicales a nivel mundial, son capaces de amplificarlos a través del desarrollo de resistencia a los productos acaricidas, y la contaminación del ambiente y de alimentos al momento de su aplicación.

Publicaciones como las de Vittor et al. (2016) destacaron que las arbovirosis neurotrópicas, las cuales son importantes causas de encefalitis entre humanos, estarían presentes y que la ocurrencia de casos estaría asociada a la presencia de roedores en la región.

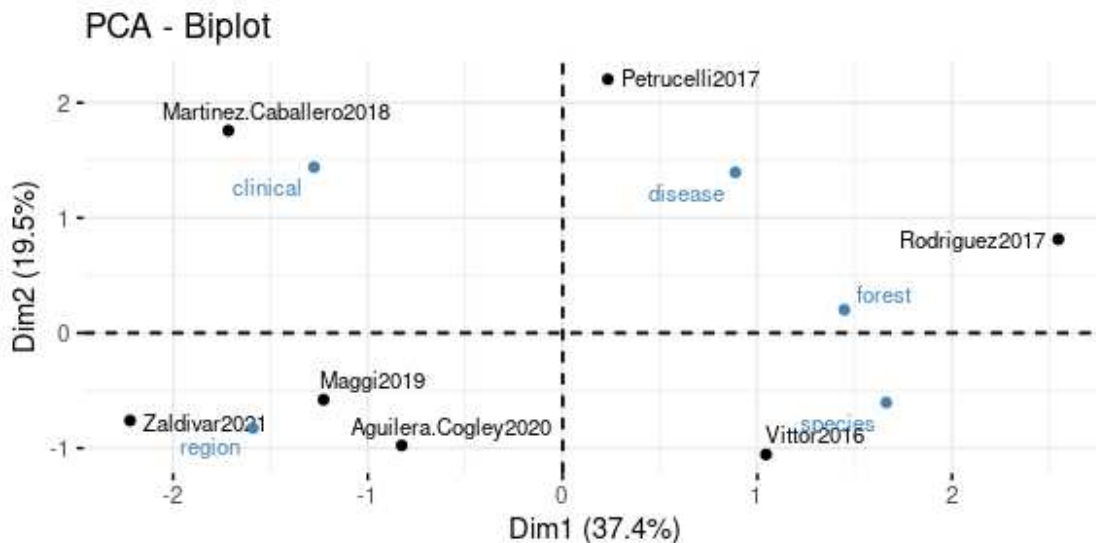


Figura 4. Representación gráfica de la interrelación de los atributos identificados en el Grupo 1.

A pesar de que se puede observar una distinción entre publicaciones realizadas, el grupo 2 muestra sus resultados entrelazados al primero. Se puede destacar el uso de técnicas moleculares en la identificación de patógenos, sean metazoarios o procariontes, también relacionados con la ocurrencia de zoonosis en la región. Así, se pueden mencionar los trabajos de Rodríguez, Olivares-Orozco, Sanchez-Castilleja, & Arece-García (2016) hacen una revisión extensa sobre miasis, y del Carmen Rengifo-Herrera et al. (2019) registran la ocurrencia de *Mycobacterium avium* en una especie silvestre (*Harpia harpyia*) con relevancia en términos de trabajos de conservación y control de salud animal.

De igual forma, los registros de casos humanos de rickettsiosis mencionados por Zaldivar et al. (2021) y Martínez-Caballero et al. (2018) aparecen aquí. Sin embargo, su relación con los trabajos de Bermúdez et al. (2017), quienes además abordaron la presencia de espiroquetas, muestran el potencial papel de mamíferos silvestres sinantrópicos en la ecología de los patógenos transmitidos por garrapatas en Panamá.

Investigaciones que también han sido promovidas son las relacionadas con la identificación de agentes y su control, y el establecimiento de medidas preventivas desde la perspectiva social. Así se tienen los trabajos de Carrera et al. (2019) quienes indicaron la necesidad del establecimiento de estrategias adecuadas de vigilancia y prevención de enfermedades como la malaria, recomendando la realización de estudios eco-epidemiológicos, entomológicos y migratorios en la región del Darién, pues estos factores deberían, según los autores, incidir sobre los patrones y diseminación de la enfermedad. Harris & Armien (2020), en el caso de la hantavirus, también llaman la atención a la necesidad de intervenciones basadas en la comunidad, entre individuos de bajo nivel escolar, dirigidas principalmente a corregir confusiones de la ruta de transmisión del agente. Sin embargo, también debemos mencionar los trabajos que buscan el establecimiento de modelos cuantitativos para la mejora de los niveles de producción animal (Guerra Montenegro,

Hernandez Rodriguez, & Menendez Buxadera, 2018) y la exploración de otras fuentes financieras (Amrein, Guzman, Surrey, Polidoro, & Gerber, 2020).

Estudios que pueden ser considerados como iniciales en términos de líneas de investigación son los eco-epidemiológicos de los reservorios de protozoarios de transmisión enzoótica, como es el caso de la leishmaniasis cutánea americana (Gonzalez et al., 2015) o de la tripanosomiasis americana (I. G. Rodriguez & Loaiza, 2017; Saldaña et al., 2015), y los que finalmente evalúan la incidencia de agentes patógenos en animales de interés zootécnico (Pile et al., 2018).

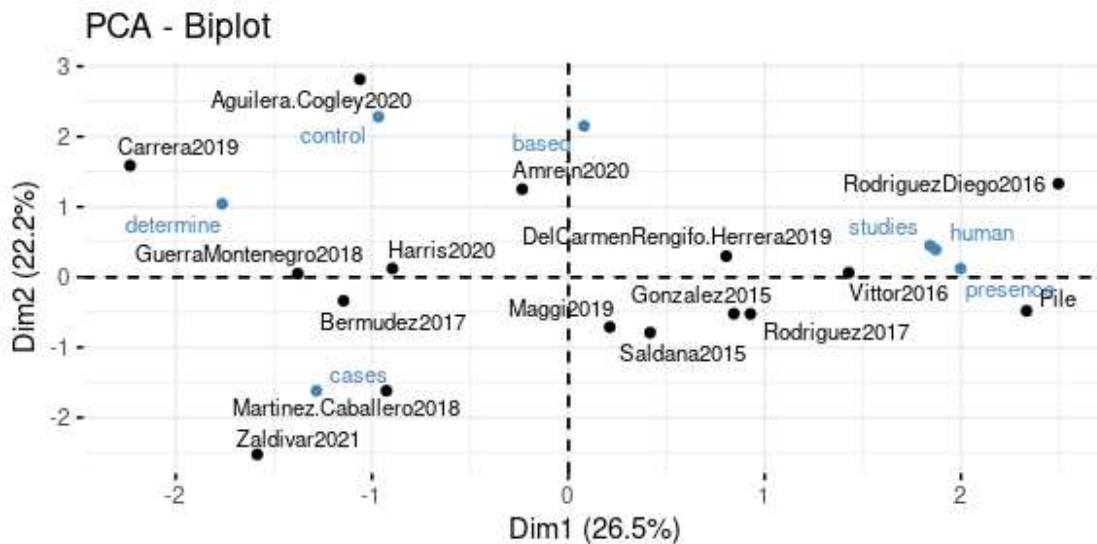


Figura 5. Representación gráfica de la interrelación de los atributos identificados en el Grupo 2.

CONCLUSIÓN

Fueron realizadas pocas publicaciones durante el periodo de estudio. Las publicaciones se relacionaron principalmente con la identificación de agentes patógenos con potencial zoonótico transmitidos por vectores artrópodos o roedores y originados por perturbaciones en el ambiente. Los trabajos también están promoviendo el desarrollo de actividades de prevención y control de estos agentes, algunos desde la perspectiva social. Los abordajes eco-epidemiológicos y estudios relacionados con la producción animal se encuentran en sus primordios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilera-Cogley, V. A., Jaén-Torrijos, M., Ávila-Rodríguez, L. Y., Herrera-Vásquez, J. Á., Jaén-Sanjur, J. N., & Barba-Alvarado, A. A. (2020). Identification and virulence of *metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) as biological control agent of *rhhipicephalus microplus* (acari: Ixodidae) in Panama. *Idesia*, 38(1), 59–65. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292020000100059>

- Amrein, A. M., Guzman, H. M., Surrey, K. C., Polidoro, B., & Gerber, L. R. (2020). Impacts of Whale Watching on the Behavior of Humpback Whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Coast of Panama. *Frontiers in Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.601277>
- Benoit, K., Watanabe, K., Wang, H., Nulty, P., Obeng, A., Müller, S., & Matsuo, A. (2018). Quanteda: An r package for the quantitative analysis of textual data. *Journal of Open Source Software*, 3(30), 774. <https://doi.org/10.21105/joss.00774>
- Bermudez, S. E., Gottdenker, N., Krishnavajhala, A., Fox, A., Wilder, H. K., Gonzalez, K., ... Lopez, J. E. (2017). Synanthropic mammals as potential hosts of tick-borne pathogens in Panama. *PLoS ONE*, 12(1), 1–9. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0169047>
- Carrera, L. C., Victoria, C., Ramirez, J. L., Jackman, C., Calzada, J. E., & Torres, R. (2019). Study of the epidemiological behavior of malaria in the Darien Region, Panama. 2015-2017. *PLoS ONE*, 14(11), 1–30. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0224508>
- Charrad, M., Ghazzali, N., Boiteau, V., & Niknafs, A. (2014). NbClust: An R package for determining the relevant number of clusters in a data set. *Journal of Statistical Software*, 61(6), 1–36. Retrieved from <http://www.jstatsoft.org/v61/i06/>
- del Carmen Rengifo-Herrera, C., Herrera, J. C. R., Magaña, A. M., Acosta, F., Ponder, J., & Goodridge, A. (2019). Avian mycobacteriosis in a rescued harpy eagle from Darien Forest, Panama. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47. <https://doi.org/10.22456/1679-9216.96502>
- Eckstein, C., Lopes, L. B., Moustacas, V. S., Rodrigues, R. O., Castro, B. G. de, & Santos, R. L. (2017). Diagnosis of *Leptospira* spp. Infection in Sheep Flocks in the State of Mato Grosso, Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*, 45(1). <https://doi.org/10.22456/1679-9216.80730>
- Gavidia Catalán, V., & Talavera, M. (2012). La construcción del concepto de salud. *Didáctica de Las Ciencias Experimentales y Sociales*, 0(26), 161–175. <https://doi.org/10.7203/dces.26.1935>
- Gonzalez, K., Calzada, J. E., Saldaña, A., Rigg, C. A., Alvarado, G., Rodriguez-Herrera, B., ... Baldi, M. (2015). Survey of wild mammal hosts of cutaneous leishmaniasis parasites in Panama and Costa Rica. *Tropical Medicine and Health*, 43(1), 75–78. <https://doi.org/10.2149/tmh.2014-30>
- Guerra Montenegro, R., Hernandez Rodriguez, A., & Menendez Buxadera, A. (2018). Análisis de curvas de lactancia en vacas Holstein de la cuenca lechera de Chiriqui, República de Panama. *Livestock Research for Rural Development*, 30(4), 1–9.

- Harris, C., & Armién, B. (2020). Sociocultural determinants of adoption of preventive practices for hantavirus: A knowledge, attitudes, and practices survey in tonosí, panama. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008111>
- Kassambara, A., & Mundt, F. (2020). Factoextra: Extract and visualize the results of multivariate data analyses. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>
- Lê, S., Josse, J., & Husson, F. (2008). FactoMineR: A package for multivariate analysis. *Journal of Statistical Software*, 25(1), 1–18. <https://doi.org/10.18637/jss.v025.i01>
- Maggi, R. G., & Krämer, F. (2019). A review on the occurrence of companion vector-borne diseases in pet animals in latin america. *Parasites and Vectors*, 12. <https://doi.org/10.1186/s13071-019-3407-x>
- Martinez-Caballero, A., Moreno, B., Gonzalez, C., Martinez, G., Adames, M., Pachar, J. V., ... Bermúdez, S. (2018). Descriptions of two new cases of Rocky Mountain spotted fever in Panama, and coincident infection with *Rickettsia rickettsii* in *Rhipicephalus sanguineus* s.l. in an urban locality of Panama City, Panama. *Epidemiology and Infection*, 146(7), 875–878. <https://doi.org/10.1017/S0950268818000730>
- Müller, K., & Wickham, H. (2021). Tibble: Simple data frames. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=tibble>
- Pasquali, A. K. S., Chideroli, R. T., Benitez, A. D. N., Caldart, E. T., Evers, F., Fortes, M. S., ... Navarro, I. T. (2017). Cross-Sectional Study of *Leptospira* spp. and *Brucella abortus* in Goat Herds from Paraná State, Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*, 45(1). <https://doi.org/10.22456/1679-9216.79794>
- Petrucelli, J. V., & Bermúdez, S. (2017). Clinical and Serological Evidence of Canine Anaplasmosis and Ehrlichiosis in Urban and Rural Panama. *Ann Clin Cytol Pathol*, 3(1), 1050.
- Pierre-Foy, V. (2017). Consideraciones jurídicas sobre la salud animal. *Revista de Derecho*, (23), 26–49.
- Pile, E., Bravo, O., Castillo, E., Mendieta, J., Chang, A., & Tejeira, R. (2018). Seroprevalencia del virus de la bronquite infecciosa en aves de granjas no tecnificadas procedentes de distritos localizados en provincias centrales de Panamá. *Revista Científica, CENTROS*, 7(1), 99–105.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. Retrieved from <https://www.R-project.org/>

- Rodriguez, D., Olivares-Orozco, J., Sanchez-Castilleja, Y., & Arece-Garcia, J. (2016). El Gusano Barrenador del Ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Diptera: Calliphoridae): un problema en la salud animal y humana. *Revista de Salud Animal*, 38(2), 120–130.
- Rodriguez, I. G., & Loaiza, J. R. (2017). American trypanosomiasis, or Chagas disease, in Panama: A chronological synopsis of ecological and epidemiological research. *Parasites and Vectors*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2380-5>
- Saldaña, A., Calzada, J. E., Pineda, V., Perea, M., Rigg, C., González, K., ... Chaves, L. F. (2015). Risk factors associated with *Trypanosoma cruzi* exposure in domestic dogs from a rural community in Panama. *Memorias Do Instituto Oswaldo Cruz*, 110(7), 936–944. <https://doi.org/10.1590/0074-02760150284>
- Samico-Fernandes, E. F. T., Albuquerque, P. P. F. D., Samico-Fernandes, M. F. T., Santos, A. D. S., Silva, A. T. F., Galvão, C. M. M. D. Q., ... Mota, R. A. (2019). Anti-leptospira spp. antibodies in pigs slaughtered in the agreste region of Pernambuco, Brazil. *Acta Scientiae Veterinariae*, 47(1). <https://doi.org/10.22456/1679-9216.93772>
- Vittor, A. Y., Armien, B., Gonzalez, P., Carrera, J. P., Dominguez, C., Valderrama, A., ... Weaver, S. C. (2016). Epidemiology of Emergent Madariaga Encephalitis in a Region with Endemic Venezuelan Equine Encephalitis: Initial Host Studies and Human Cross-Sectional Study in Darien, Panama. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 10(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004554>
- Westgate, M. J. (2019). Revtools: Tools to support evidence synthesis. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=revtools>
- Wickham, H. (2016). ggplot2: Elegant graphics for data analysis. Retrieved from <https://ggplot2.tidyverse.org>
- Wickham, H., François, R., Henry, L., & Müller, K. (2021). Dplyr: A grammar of data manipulation. Retrieved from <https://CRAN.R-project.org/package=dplyr>
- Zaldivar, Y., Hernandez, M., Dominguez, L., Saenz, L., Montilla, S., Antinori, M. E. B. D., ... Bermudez, S. (2021). Isolation of *Rickettsia rickettsii* in Rocky Mountain Spotted Fever Outbreak, Panama. *Emerging Infectious Diseases*, 27(4), 1245–1247.

Importancia del manejo de suelos en la sostenibilidad agrícola

Importance of soil management in agricultural sustainability

Ana M. Villarreal Barrera. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Aguas. villarrealb.ana@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8704-7703>

Resumen

Los suelos aptos para el desarrollo de una agricultura sustentable son cada vez más escasos en Panamá. Muchos son los factores que han generado esta realidad; desde el aumento en la demanda por alimentos, así como la continuidad en la adopción de prácticas que potencian el deterioro físico y químico de este recurso. Estos factores además de degradar los suelos han ocasionado impactos sobre la economía nacional, ya que, al no contar con suelos capaces de producir adecuadamente, se hace cada vez más necesario la importación de productos alimenticios, afectando tanto al productor como al consumidor panameño. La degradación de los suelos no es un tema aislado, ya que también involucra un efecto negativo sobre la disponibilidad de agua. No se puede desarrollar una agricultura sustentable teniendo problemas importantes sobre estos dos recursos vitales: el suelo y el agua. Ambos constituyen el combustible para la vida y continuidad del planeta. La adopción de técnicas conservacionistas con metas regeneradoras del suelo constituye la única ruta viable para recuperar los suelos del país y mejorar la producción nacional. Sin embargo, esta labor no puede ser ejecutada unilateralmente. Se requiere la integración de todos los actores involucrados en la sostenibilidad agrícola del país. Enrutar tanto a las entidades como a los productores en el manejo y conservación de los suelos es una necesidad imperante. Por lo tanto, la sustentabilidad de los sistemas productivos del país es razón suficiente para tomar acciones concretas sobre el manejo de los suelos y la producción agrícola nacional.

Palabras clave: manejo de suelos, degradación del suelo, fertilidad construida, sistemas conservacionistas, agricultura sustentable

Abstract

Panamanian soils suitable for the development of sustainable agriculture are increasingly scarce. Many are the factors that have generated this reality, from the increase in the demand for food and the continuity in the adoption of practices that enhance the physical and chemical deterioration of

this resource. In addition to degrading the soils, these factors have caused impacts on the national economy since, by not having soils capable of producing adequately, the importation of food products is becoming more and more necessary, affecting both the producer and the Panamanian consumer. Soil degradation is not an isolated issue, as it also affects water availability. Sustainable agriculture cannot be developed by having major problems over these two vital resources: soil and water. Both constitute the fuel for the life and continuity of the planet. Adopting conservation techniques with soil regenerative goals constitutes the only viable route to recover the country's soils and improve national production. However, this work cannot be unilateral. The integration of all the actors involved in the agricultural sustainability of the country is required. To route both entities and producers in the management and conservation of soils is an imperative need. The sustainability of the country's productive systems is reason enough to take concrete actions on soil management and national agricultural production.

Keywords: soil management, soil degradation, built fertility, conservation systems, sustainable agriculture

INTRODUCCIÓN

La presión y demanda por alimentos en Panamá ha aumentado considerablemente en los últimos años y esta es una razón suficiente para desarrollar y aplicar estrategias y tecnologías con beneficios duales. Esta dualidad debe estar enfocada en incrementar la producción agrícola y, paralelamente, conservar el suelo en el que esta se desarrolla. Según las proyecciones actuales, para el año 2050 el país tendrá 5,62 millones de habitantes (INEC, 2012). Tomando en cuenta las condiciones actuales de los suelos panameños, será muy difícil que este recurso sea capaz de producir alimentos para satisfacer la demanda que existirá en el futuro. Incluso, en la actualidad, está siendo objeto de una presión importante y que no logra satisfacer todas las exigencias agrícolas. Es bien conocido que en los últimos años las importaciones de alimentos han incrementado y seguirán en aumento. Por citar un ejemplo, el volumen de arroz importado ha incrementado a través de los años de una manera significativa. Para el 2009 el volumen de arroz pilado importado era casi imperceptible y equivalía a 3 500 t, mientras que para el 2012 ese volumen fue de 47 804 t (INEC, 2012).

Según el Centro Nacional de Competitividad (CNC, 2014), la implementación de tecnologías e innovación en el proceso productivo es fundamental para alcanzar mejores niveles de competitividad a nivel empresarial y como país. El CNC también señala que la capacidad del sector agropecuario de un país deberá estar en equilibrio con el medio ambiente y sus recursos. Además, hace hincapié en que los recursos naturales del país son más limitados, en comparación con otros países de la región, puesto que la superficie territorial es pequeña.

Conociendo el panorama nacional del incremento en las importaciones de alimentos y de materia prima, es necesario señalar la importancia en la priorización que requiere esta situación. Esta realidad es difícil y tiene varias perspectivas, su origen no puede ser atribuido a un solo factor y la solución no es unilateral. En este sentido, la conjugación de varios elementos, desde las políticas públicas y su armonía con las necesidades de los productores, hasta la integración de una trilogía sector público-privado-productor, cimentada en las exigencias a nivel de consumidores y de productores puede mejorar el panorama de la situación de los suelos.

El objetivo de este ensayo es presentar un panorama general de la situación de los suelos de Panamá, las posibles causas del deterioro de este recurso y plantear algunas soluciones o estrategias para contrarrestar el impacto que tiene el mal manejo del suelo sobre la soberanía agrícola del país. Esta información pretende hacer un llamado sobre la importancia del manejo de los suelos, lo que podría complementar aquellos incipientes planes para conocer, estudiar y manejar adecuadamente los suelos panameños.

DESARROLLO DEL TEMA

Degradación de los suelos, una problemática poco percibida

La agricultura actual enfrenta un grave problema y es la degradación progresiva del recurso suelo, a pesar de que existen algunos planes estratégicos nacionales para mitigar el daño, los mismos no son puestos en práctica. Por ejemplo, en 1970 las áreas erosionadas cubrían unas 748 000 ha, mientras que en 1987 unas 2 018 000 ha. Si la tasa de erosión sigue creciendo, es probable que gran parte del territorio de Panamá se vea seriamente afectado por la erosión (Ruiz, G., 2017).

Según el Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá, elaborado por la Autoridad Nacional del Ambiente (actual Ministerio de Ambiente), el país tiene problemas muy severos de erosión y deterioro de suelos debido al acumulativo y creciente proceso de degradación que sufren casi todas las cuencas y suelos. Esto se evidencia en las críticas condiciones de vida de miles de familias campesinas, cuyo sustento depende de la limitada producción de cultivos de subsistencia en terrenos de laderas con severas limitantes, desprovistos de los más elementales sistemas de conservación de suelos, caracterizados por el desarrollo de actividades de ganadería extensiva y un uso desordenado de la tierra.

El problema es resultado de la ausencia de políticas que promuevan una mayor eficiencia o competitividad ambiental (Grajales, W., 2015). La agricultura es la base de la sustentación del ser humano y manejar adecuadamente el suelo es garantizar la continuidad de la vida en el planeta. De este modo, todas aquellas políticas, estrategias, programas y proyectos que busquen manejar y conservar el suelo serán el camino correcto para frenar los acelerados procesos de degradación de

este recurso, entre los que se pueden mencionar: pérdida de fertilidad del suelo, desertificación, contaminación, erosión y acidificación.

Cuando hay degradación del suelo, no solamente se afectan sus propiedades físicas, sino también las químicas y microbiológicas. Estas últimas son de gran importancia, ya que permiten el equilibrio adecuado en el suelo. Para optimizar el rendimiento de los cultivos en Panamá es necesario conocer la variación espacial de la fertilidad de los suelos a través de mapas digitalizados y georreferenciados con información detallada de los diferentes sitios poblados de todo el país (Villarreal, J., et al., 2013).

La desertificación es un fenómeno mundial que afecta el bienestar de 900 millones de personas y representa un tercio de las amenazas globales contra la biodiversidad. Por tanto, requiere de atención a nivel internacional y se hace urgente tomar acciones basadas en la comprensión clara de los derechos, recompensas y responsabilidades en la gestión de la tierra; seguir actuando como hasta ahora no es una opción. Se necesitan nuevos enfoques para el uso de la tierra para aumentar la productividad, evitando al mismo tiempo la degradación del suelo.

Cerca del 28 % de los suelos en el Istmo están degradados. Ello equivale a unos 20 787 kilómetros cuadrados, y las áreas más afectadas son el Arco Seco (que comprende la zona de Capira-Panamá y las provincias de Coclé, Herrera, Los Santos y parte de Veraguas), la sabana veragüense, el corregimiento de Cerro Punta y la comarca Ngäbe Buglé (CONALSED, s.f.).

En el caso puntual de Cerro Punta, la acelerada degradación es producto de la ausencia de prácticas de conservación de suelos. La mayoría de las prácticas convencionales de esta zona emplea una agricultura a favor de la pendiente, situación que acelera la pérdida del suelo considerando que no se integran prácticas que contengan la erosión de este recurso, causando transporte de partículas del suelo y, con ello, nutrientes que se pierden por escorrentía. En cuanto a los suelos del Arco Seco del país, estos sufren la presión ejercida por la ganadería extensiva que causa impactos negativos sobre este recurso, sin mencionar el nivel importante de deforestación de la zona destinada para esta actividad. También, aquellas actividades industriales generadoras de agentes contaminantes que no pasan por un proceso previo de tratamiento y cuya disposición final es el suelo, causando importantes niveles de contaminación.

Según Etchevers, et al, 2015, son varios factores adicionales que intensifican esta realidad de degradación y pérdida de los suelos a nivel global. Uno de ellos es la escasez de agua, puesto que ninguna política de mejoramiento de fertilidad de suelos ni de sostenibilidad de prácticas agrícolas podría ser efectiva si no hay agua. Otro factor que señala es el creciente aumento de la dependencia de los agroquímicos, así como también la modificación de los esquemas tradicionales de las fincas productoras en donde se integraban diferentes actividades productivas (rotación de cultivos),

permitiendo una exportación adecuada de nutrientes. La agricultura basada en monocultivo ejerce una fuerte presión sobre el suelo de tal manera que degrada todas sus propiedades fisicoquímicas.

Alternativas a la degradación de los suelos

En las últimas décadas la agricultura, sobre todo aquella con objetivos empresariales, ha ido desvalorizando y, por ende, olvidando el uso racional de los recursos naturales necesarios en su ejecución. De manera que la producción en general está siendo condicionada a recursos que ahora no son del todo renovables. Uno de esos recursos es, precisamente, el suelo (Etchevers, et al., 2013).

Pueden hacerse muchas cosas a distintos niveles para promover la gestión sostenible de los suelos y garantizar que estén sanos. Entre ellas figuran una mayor inversión gubernamental, promoción de prácticas de gestión para la adaptación y mitigación del cambio climático, además de una legislación estricta y el desarrollo de políticas inclusivas por parte de los gobiernos, entre otras medidas. Los agricultores y las personas directamente en contacto con el suelo tienen que entender los beneficios de las prácticas de gestión sostenible de la tierra, antes aplicarlas. La educación, los programas de extensión eficaces y la promoción de tecnologías adecuadas tienen un papel fundamental en este aspecto (FAO, 2015).

En los últimos años ha surgido el término de Fertilidad Construida. Este concepto hace énfasis en la adecuación de las condiciones químicas de los suelos inicialmente ácidos y pobres en nutrientes (Vilela, A., et al, 2016). Estas adecuaciones ocurren mediante operaciones de encalado, aplicación de yeso y uso de abonos correctivos con P, K y micronutrientes como boro, manganeso, cobre, zinc, entre otros. Se realiza una única vez en la preparación del terreno a lo largo de los primeros cultivos, para alcanzar niveles satisfactorios de los atributos químicos, buscando asociar también prácticas que permitan mantener o aumentar los contenidos de materia orgánica (Lopes, et al, 2012 y Lopes y Guilherme, 2016).

Es una técnica cuyos resultados se obtienen a largo plazo, sin embargo, es una de las más nobles con el suelo, ya que además de evitar su pérdida, también lo enriquece. Uno de los objetivos de la Fertilidad Construida es aumentar progresivamente los contenidos de materia orgánica del suelo, puesto que esta técnica sustenta categóricamente los beneficios que se obtienen cuando la materia orgánica se encuentra en proporciones adecuadas. El papel principal que desempeña la materia orgánica en el suelo es estabilizar los agregados del suelo, hacer que el suelo sea más fácil de cultivar, aumentar la capacidad de retención de agua y amortiguación del suelo, y liberar los nutrientes de las plantas tras la mineralización. Además, esta contiene cerca del 5% de N total, pero también contiene otros elementos esenciales para las plantas, tales como fósforo, magnesio, calcio, azufre y micronutrientes (Anónimo, 1988; Graetz, 1997).

Con el aumento de la materia orgánica del suelo, no solo se mejoran sus propiedades químicas (capacidad de intercambio catiónico, contenido de nutrientes, capacidad tampón del suelo), sino que también se obtienen beneficios sobre las propiedades físicas (textura, estructura, densidad aparente y capacidad de retención de agua) y sobre las biológicas (bacterias de mineralización de nitrógeno, fijación de nitrógeno, hongos micorrizas y biomasa microbiana). Esto es una manifestación del crecimiento de la actividad biológica, que se traduce en la práctica en una mejora de la fertilidad y, por lo tanto, de rendimientos (Gros y Domínguez, 1992).

Adoptar prácticas conservacionistas en los sistemas de cultivo constituye una pieza clave y garante de la restauración y regeneración del suelo, considerado como la matriz más importante para la sostenibilidad de la vida. En este sentido, los gobiernos deben considerar en sus políticas agrarias, no solo la producción racional, sino la conservación y manejo armónico del suelo, ya que es este recurso el que provee y, a la vez, soporta la mayor parte de los sistemas productivos de un país. En este caso solo se ha hablado desde el punto de vista agrícola, pero se sabe también que el suelo es quien soporta de igual manera la producción pecuaria, que, así como la agricultura, es una actividad que ejerce una presión importante sobre este recurso. Todas las políticas tendientes a conservar el suelo deben considerar aquellos factores que hacen uso de este y deben establecer acciones que permitan el desarrollo sustentable de esas actividades en armonía con los recursos naturales empleados, sobre todo con aquellos no renovables.

Otro aspecto importante que se debe considerar es que la investigación sobre degradación de suelos debe también enfatizar los costos económicos generados por este proceso en las parcelas, como pérdidas de rendimientos agrícola y forestal; a nivel regional, como costos de azolves en presas, pérdida de hábitat acuático, así como los costos sociales, asociados al empobrecimiento y la migración de la población afectada, lo cual permitiría redimensionar el presupuesto asignado a este tema (Cotler, et al, 2007).

Para evitar la degradación de los suelos se recomienda la aplicación de residuos orgánicos, compost, humus de lombriz, reforestar con leguminosas, sistemas silvopastoriles y agroforestales, así como también el establecimiento de rotaciones y cultivos y mantener el suelo con cobertura vegetal. Con rotaciones adecuadas y una densa cobertura superficial de residuos vegetales se logran mayores rendimientos de los fertilizantes que son favorecidos por la cantidad del agua que circula por infiltración, una condición que le devuelve al suelo sus aptitudes naturales para filtrar y regular los ciclos y los nutrientes (Castilla, F., 2013).

Por otro lado, no se puede hablar de suelo sin mencionar el agua. Ambos son un binomio sustentable para la vida humana y, si uno de ellos está degradado, evidentemente, el otro se ve afectado. Un suelo con propiedades físicas inestables no es capaz de infiltrar agua, por lo que, en

lugar de alimentar los acuíferos y promover el crecimiento vegetal, esta agua se pierde por escorrentía y su destino final impide su uso eficientemente.

Acciones como sobrepastoreo, abuso del tránsito de maquinaria agrícola, monocultivos, suelos sin cobertura, entre otras, afectan directamente la densidad del suelo, aumentando su compactación. Un suelo compactado tiene un sistema de poros escaso. Los microporos son los responsables de almacenar agua en el suelo, lo que permite la disponibilidad de nutrientes. Por lo que, un suelo con problemas de compactación influye sobre la capacidad de movimiento de agua en el perfil y, por ende, en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos y recarga de acuíferos.

Todo daño por compactación implica la ocurrencia simultánea de: aumentos de densidad aparente, descensos de macroporosidad, aumentos de resistencia mecánica, descensos de infiltración y conductividad hidráulica saturada (Pietola et al., 2005; Taboada, 2007).

CONCLUSIÓN

El manejo de los suelos debe ser considerado la ruta adecuada y garante para mantener la sustentabilidad del planeta. Conservar nuestros suelos ya no es una opción, es el único camino viable para asegurar la eficiencia de los sistemas de producción. Las técnicas referentes al uso irracional de este recurso deben ser reemplazadas por aquellas conservacionistas que buscan producir y, paralelamente, conservar el suelo.

Adoptar tecnologías que incrementen la producción, pero que también impulsen la construcción de la fertilidad de aquellos suelos pobres debe ser la brújula que guíe hacia un camino de sostenibilidad. La creación de políticas y estrategias, y de organizaciones amigables con la vida del suelo tienen carácter de urgencia en nuestros sistemas de producción agrícola, de manera que se alcance la transversalidad adecuada con otros sistemas sin agotar los recursos naturales de los que dispone el país.

Educar a los productores nacionales sobre los efectos negativos que se obtienen de aquellas técnicas no conservacionistas debe ser una de las principales acciones a tomar. Además, brindarles las herramientas y recursos suficientes para ejecutar todas aquellas estrategias que tengan como fin común la conservación de los suelos panameños.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anónimo. (1988). Manual de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute. Georgia. USA, 85 p.
- Atlas de las tierras secas y degradadas de Panamá. Comité Nacional de Lucha contra la Sequía y la Desertificación (CONALSED). Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).

https://edo.jrc.ec.europa.eu/gisdata/scado/land_degradation/pa/ATLAS_DESERTIFICACION.pdf

- Castilla, F. (2013). La elegida para conservar el suelo. Una decisión agronómica que combina rotación de cultivos, fertilizantes y agricultura de precisión para aumentar la producción y preservar los recursos naturales. Adoptada en forma masiva en la Argentina, es una de las claves para evitar pérdidas del suelo por erosión. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 39 (2), 118-123. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86429344002>
- Centro Nacional de Competitividad (CNC). (2014). Edición No. 172. Evolución del mercado agrícola de Panamá y la importancia de la competitividad del sector. <https://cncpanama.org>
- Cotler, H., et al. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica, (83), 5-71. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53908302>
- Etchvers, J., et al. (2015). Capítulo 4: Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. Colegio de Postgraduados (CP), Campus Montecillo. Estado de México, México. 63- 79. Consultado el 21 de agosto de 2021. <https://www.researchgate.net/publication/304581117>
- Graetz, H. A. (1997). Suelos y Fertilización. Traducido por: F. Luna Orozco. Trillas. México. 80 p.
- Grajales, W. (2015). Degradación en Panamá: una amenaza al bienestar de todo. Centro Nacional de Competitividad (CNC). <http://cncpanama.net/bitstream/handle/123456789/746/maeyap5.pdf?sequence=1>
- Groz, A. y Domínguez, A. (1992). Abonos guía práctica de la fertilización. 8va edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 450p.
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2012). Boletín No. 13: Estimaciones y proyecciones de la Población total por sexo y edad; 1950-2050. https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=474&ID_CATEGORIA=3&ID_SUBCATEGORIA=10
- Lopes, A., et al. (2012). The saga of the agricultural development of the Brazilian Cerrado. Electronic Science of America Fertilizer Correspondent, n. 32, 29-57. <https://www.ipipotash.org/publications/eifc-261>
- Lopes, A.; Guilherme, L. (2016). A career perspective on soil management in the Cerrado Region of Brazil. Advances in Agronomy, v. 137, 1-172. <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/32241>
- Pietola, L; R Horn y M Yli-Halla. (2005). Effects of trampling by cattle on the hydraulic and mechanical properties of soil. Soil Till. Res. 82: 99–108.
- Ruiz, G. (2019). La erosión de los suelos en Panamá y sus impactos. El Tecnológico, 28(1), 14-16. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/el-tecnologico/article/view/2116>
- Taboada, M. (2007). Efectos del pisoteo y pastoreo animal sobre suelos en siembra directa. 4º Simposio de Ganadería en Siembra directa. AAPRESId. Potrero de los funes, San Luis,

- 71-83. Consultado el 10 de septiembre de 2021. http://www.produccionbovina.com.ar/suelos_ganaderos/49-efectos_pisoteo.pdf
- Villarreal, J., Name, B., & García, R. (2013). Zonificación de suelos de Panamá en base a niveles de nutrientes. *Ciencia Agropecuaria*, (21), 71-89. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/184>
- Vilela, A., et al. (2016). Solos de Fertilidade Construída: características, funcionamento e manejo. IPNI. No. 156. <http://www.ipni.net/publication/ia-brasil.nsf/issue/IA-BRASIL-2016-156>

Integrated pest management of the sugarcane stemborers *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* and *Telchin licus*

Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* en caña de azúcar

Randy Atencio V. Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). randy.atencio@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

François-Régis Goebel. Unité de Recherche AIDA, CIRAD, Montpellier, France. regis.goebel@cirad.fr
<https://orcid.org/0000-0002-5438-1078>

Abby Guerra. Laboratorio de Biotecnología, Compañía Azucarera La Estrella S.A. (CALESA), Panamá.
abby.guerra@grupocalesa.com <https://orcid.org/0000-0001-8854-5926>

Amin Nikpay. Department of Plant Protection, Sugarcane and By-products Development Company, Salman-Farsi Unit, Ahwaz, Iran. amin_nikpay@yahoo.com <https://orcid.org/0000-0002-8078-6036>

Rubén D. Collantes G. IDIAP. rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Abstract

This work reviews the Integrated Pest Management (IPM) of three sugarcane stemborers of economic importance in Panama: *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). An overview of the use of chemical insecticides against these borer species is included, along with the main results and achievements obtained with different agricultural practices and alternative pest management methods such as pheromones bioinsecticides and biological control. This study supports the necessity of developing alternative solutions based on agroecological approaches in the context of more sustainable and climate-smart agriculture interventions in sugarcane and other vital industrial crops in the country.

Keywords: Alternative control, stemborers, biological control, chemical control, IPM, industrial crops

Resumen

La presente revisión se centra en el manejo de tres barrenadores de la caña de azúcar de importancia económica en Panamá: *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), *Elasmopalpus lignosellus*

(Zeller, 1848) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae). Se presenta una visión general sobre el uso de insecticidas químicos contra estas especies de barrenadores, acompañada de los principales resultados y logros obtenidos con diferentes prácticas agrícolas, así como del uso de métodos alternativos de manejo de plagas como feromonas, bioinsecticidas y control biológico. Este estudio respalda la necesidad de implementar soluciones alternativas, basadas en enfoques agroecológicos en el contexto de intervenciones agrícolas más sostenibles y climáticamente inteligentes en la caña de azúcar y otros cultivos industriales estratégicos para el país.

Palabras clave: Barrenadores, caña de azúcar, control alternativo, control químico, MIP

INTRODUCTION

In Panama private sugarcane mills as Compañía Azucarera La Estrella Sociedad Anónima (CALESA) in Cocle; Azucarera Nacional Sociedad Anónima (ANSA) in Coclé; Central Azucarera La Victoria Sociedad Anónima (CALVISA) in Veraguas and Central Azucarera de Alanje Sociedad Anónima (CADASA) in Chiriqui (Atencio et al., 2020a) represent the sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) industry that produces sugar and alcohol (medical and beverages).

Sugar production has been consolidated as one of the leading export industries in Panama. Sugarcane crops for industrial processing occupy more than 29 000 hectares; data reported in 2019-2020 (MIDA, 2020). Field production required the use of varieties such as RAGNAR, B74125, DB7160, CP742005, SP74-8355, and RB73-9735 (Rossi, 2001); also planting in the last years' other options such as B0072, E07-11, E07-14, CP89-2143, CT-14 and CT-41 (Jorge et al., 2018). This industry has a series of production limitations that include dry areas, pests, pathogens, and weeds, to mention a few (Atencio et al., 2020a).

Lepidoptera stemborers are an essential key pest in Panama, including *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Crambidae), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) and *Telchin licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae) (Esquivel, 1980; Narvaéz, 1989; Atencio et al., 2019a). In Panama, seven species of the genus *Diatraea* have been reported, including *Diatraea bellifactella* Dyar, *Diatraea busckella* Dyar & Heinrich, *Diatraea gaga* Dyar, *Diatraea lineolate* (Walker), *Diatraea lisseta* (Dyar), *Diatraea saccharalis* (F.) and *Diatraea tabernella* Dyar (the most prevalent in sugarcane in Panama) (Solis & Metz, 2016; Atencio & Goebel, 2018). These species cause serious internal damage to the stalk and degradation of the sugar juice (Chaves et al., 2008; Atencio et al., 2017).

In North America (United States of America USA: Louisiana and Florida mainly), Central and South America, Sugarcane is attacked by the same stemborer species complex (*Diatraea* spp. (Figure 1, larva), *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Figure 2 (Photo by José Daniel Salazar, DIECA-LAICA)) and *Telchin licus* (Drury) (Figure 3) (Narvaéz, 1989; Beuzelin et al., 2010; Gill et al., 2011). The use of chemical insecticides has never been sustainable neither an efficient option

for stemborer management because of the internal development of these insects in the sugar stalk, problems of insecticide resistance, and the negative impacts on humans, biodiversity, and the environment (Lenteren & Bueno, 2003; Aktar et al., 2009).



Figure 1. *Diatraea* spp. larva. Figure 2. *E. lignosellus* larva. Figure 2. *T. licus* larva.

Integrated Pest Management (IPM) strategies seek the combination of chemical and biological control as an alternative to control pests without relying solely on pesticides. Historically, one of the reasons for implementing IPM programs was the lethal and sublethal impact of insecticides on natural enemies, which altered their performance, affecting their ability to control pests (Bale et al., 2008; Goebel & Sallam, 2011).

Interestingly, some successful IPM programs that were implemented in sugarcane were focused exclusively on non-chemical control. For example, the Entomology Program for Sugarcane Management, Research, and Development (DIECA), shows the successful implementation of a biological control program for sugarcane borers in Costa Rica. This program combined the use of several species of natural enemies. Among these are the larval parasitoid *Cotesia flavipes*, the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, and the employment of adhesive and light traps to control sugarcane borers *Diatraea* spp, *E. lignosellus*, and *T. licus* (Badilla-Fernández, 2000). Favorable results of these control tactics show how alternative strategies led to successful control.

In Panama, the sugarcane industry has gradually implemented IPM programs for stemborers and initial research in this regard (Atencio et al., 2020a). This review focused on IPM strategies to control three stemborers of economic importance in America, mainly in Panama.

MATERIALS AND METHODS

To prepare this review, a total of 100 technical and scientific documents published over 62 years, from 1959 to the present, were consulted. Due to the relevance of the contributions on the matter addressed in this work. Additionally, the document contains unpublished images to illustrate pests and damage caused in the sugar cane crop.

RESULTS AND DISCUSSION

Use of pesticides in sugarcane

The term pesticide covers a wide range of compounds including insecticides, fungicides, herbicides, rodenticides, molluscicides, nematocides, plant growth regulators, and other types of substances (e.g., organochlorine (OC), organophosphate (OP), carbamates, and pyrethroids insecticides). The most benefits of chemical insecticides are based on the direct crop returns, reduced crop losses and improved crop productivity. Nevertheless, their use often implies an indirect environmental and economic cost (Aktar et al., 2009). The quality of food and the risks from eating residues of pesticides in pesticide-treated crops are costs associated with pesticides (Weisenburger, 1993). Moreover, pesticides contaminate soil, water, turf and other vegetation (Aktar et al., 2009). In addition to killing insects or weeds, pesticides are also toxic to other organisms, including birds, fishes, beneficial insects, and non-target plants (Bale et al., 2008).

Another essential element is the impact of insect resistance that has occurred throughout the world. Wherever insecticides are used in terms of increased disease vectors, pesticide hazards in the environment, crop losses and poorer quality of products, increased production costs, pest resurgences, and rise of secondary pests; These are a few of the various socioeconomic repercussions (Forgash, 1984).

Foliar insecticides are generally avoided to control aboveground sugarcane pests worldwide because of detrimental non-target effects, poor efficacy, costs and restrictive regulations, and the availability of more efficient and sustainable management tactics (Goebel & Sallam, 2011).

In Panama various crops like tomato, pineapple, banana, rice and others frequently use insecticides such as organophosphate, with high consumption of these substances, but the impact on the environment had been a determining factor in finding solutions without reducing production and maintaining pest control (Garcerán & Castillo, 2019). For this reason, the sugar cane industry in Panama has implemented various techniques in sugarcane plantations within the integrated pest management component, especially in the case of stemborers (Atencio et al., 2020a).

Chemical control of *Diatraea* spp.

Chemical control of sugarcane pests started with synthetic chemical insecticides during the 1940s and 1950s (Simon & Arellano, 1959). Among the successful products used to control *Diatraea* spp. References include insecticide growth regulators (Beni et al., 1990), Ecdysone RH-2485 (methoxyfenozide) and Tebufenozide (RH-5992) (against eggs and larvae) (Trisyono & Chippendale, 1998), Novaluron (Beuzelin et al., 2010), Triflumuron, Fipronil, Lambda-chlorothrin (Mena, 2010) and insecticidal protein of *Talisia esculenta* Radlk (Freire et al., 2012).

Chemical control of *E. lignosellus*

Chemical control of *E. lignosellus* in sugarcane in Peru included the use of methomyl (Lannate), Tamaron (O, S-diméthyl phosphoramidothioate), Carbofuran (Furadan), Dicrotophos (Bidrin), Phenthoate (Cidial), Bilobran (Dinocap, Monocrotophos and monoacétate dodécylguanidine), Talcord (S-2-cyanoéthyl N-((méthyl) oxy) thioacétimide) or Monocrotophos (azodrin) (Campos, 1972). In Florida (USA), chemical control of this species was recommended using Carbofuran (Furadan), Fensulfothion (Dasanit), Diazinon and Parathion (Dixon, 1982).

Chemical control of *T. licus*

For *T. Licus*, sugarcane chemical control includes using Carbofuran, Phoxime, Ethoprophos, Aldicarb, and Methamidophos in Panama (Esquivel, 1981a) and Ethoprop, Trichlorfon, Monocrotophos, Endosulfan, and Oxamyl in Brazil (Lima & Marques, 1984).

Damage and losses due to stem borers

This section discusses the damage due to three species of stem borers of economic importance for sugarcane: *Diatraea* spp., *E. lignosellus*, and *T. licus*. For the two latest species, data are quite scarce on the yield losses and economic impact.

Diatraea spp.

Damage is characterized by holes and internal galleries in the internodes caused by the larvae feeding inside sugarcane stalks (Figure 4). This overall damage cause losses in production. For example, for damage levels from 10% to 20% of internodes bored, the sugar loss is estimated at 2.02 kg/ton, for every 1% of the internodes bored (Gómez et al., 2009). This borer is a major pest in countries such as Costa Rica (Chaves et al., 2008), Argentina (Salvatore et al., 2008), Brazil (Dinardo-Miranda et al., 2012), Colombia (Gómez & Vargas, 2014) and Panama (Narvaéz, 1989).



Figure 4. Stem damage by *Diatraea* spp.

E. lignosellus

This species occurs mainly in the first three months of plant growth, and the damage leads to "Dead Hearts" symptoms following the larvae destroying the young stalk at ground level (Gill et al., 2011) (Figure 5). The distribution of this pest is widespread in America on sugarcane plantations, including Brazil (Busoli et al., 1977), Panama (Narvaéz, 1989), and Argentina (Salvatore et al., 2008).

T. licus

This pest spends most of its life larvae cycle feeding on the bottom of the stalks at the soil level (Figure 6). Studies on yield losses in sugarcane, due to this borer species, are minimal but were mentioned including the following countries: Brazil (Carvalho et al., 2013), Costa Rica (Salazar, 2007), Colombia (Linares et al., 1995), and Panama (Narvaéz, 1989).



Figure 5. Dead-hearts by *E. lignosellus*.



Figure 6. Damage by *T. licus* at the stalk bottom.

Main agricultural practices as control alternatives in borer management

There are several agricultural practices that are known to reduce infestation from stemborers in sugarcane.

Diatraea spp.

Fertilizers and silicon applications. The use of high doses of nitrogen, phosphorus and potassium increase the percentage of infestation by *Diatraea saccharalis* in sugarcane (Alvarez et al., 2014), which is a common observation with other stemborer species, when the use of less amount of nitrogen allow to decrease infestation.

The use of silicon increases the resistance of the sugarcane stalks and is able to significantly reduce *D. saccharalis* infestation (Barrantes et al., 2013). In other crops such as rice, encouraging results have been obtained when silicate fertilization is applied at less than 200 kg / ha⁻¹ which is able to reduce borer damage (Sidhu et al., 2013).

The studies carried out in Panama on sugar cane with the used of silicon-based products reduced internodes borer by 50% and the use of high doses of nitrogen doses resulted in an increase in the damage level from 5.2% (100 kg N/ha) to 6.9% (210 kg N/ha) internodes bored (Atencio et al., 2019b)

Harvesting practices. The green cane harvesting represents a significant change in sugarcane ecosystem due to the presence of straw left on the soil and to the absence of fire. These two factors may affect the populations of pests and their natural enemies (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013). It has been eventually implemented in practice in Panama, but without published studies to demonstrate the results.

Varietal resistance. Proper selection of resistant varieties to *Diatraea* spp. led to the use of several cultivars least preferred by *D. saccharalis* for oviposition, and the most unfavorable for larvae entrance and development (Kimbeng et al., 2006). As an example, varietal resistance programs have been conducted for many years to propose resistance varieties to control *D. saccharalis* in USA (Reay-Jones et al., 2003) and Brazil (Portela et al., 2011).

The studies carried out by Atencio et al. (2017), showed that there are varieties of sugarcane in Panama including E07-09, Na56-42, SP01-2050 and SP81-3250 with less damaged at the internodes (less than 2 borer internodes per stem where found) compared to others varieties (more than 2 attacked internodes per stem where observed) by attacks of the stemborer *Diatraea tabernella* Dyar.

Weed management. The management of alternatives host of stemborers constitutes an alternative within the integrated management pest of stemborers, considering, for example, results in the initial studies of host plant of *Diatraea tabernella* Dyar in sugarcane plantations in Panama with highest borer infestations had been found in *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Eleusine indica* (L.) Gaertn., *Cenchrus echinatus* (L.) and *Dactyloctenium aegyptium* (L.) Beauv; varying in percentages among 5.8% and 21.6% of borer infestation during sugarcane growth and harvest period (Atencio et al., 2018).

E. lignosellus

Irrigation and green-cane harvesting. Timely irrigation and green-cane harvesting decrease *E. lignosellus* infestation. For example, soil moisture which results from precipitation or irrigation were inversely correlated with *E. lignosellus* attacks. Therefore, damage can be reduced through early implementation of irrigation after harvesting (O'Reilly et al., 1984). It has been eventually implemented in Panama, but without published studies to demonstrate the results.

Green crop residues. In USA, the use of green crop residues of sugarcane was encouraged to decrease *E. lignosellus* infestation (Sandhu et al., 2011). In Tucumán, Argentina, recent studies were directed towards the adoption of the practice of green-cane harvesting. The study showed that post-harvest crop residue left in sugarcane rows (also known as “trash blanket”) is able to reduce the populations of *E. lignosellus* and *Pseudaletia unipuncta* Haworth (Lepidoptera: Noctuidae). Therefore, leaving the crop residue in place seems to be the most appropriate crop management approach (Isas et al., 2016).

T. licus

Manual control and post-harvest irrigation. This practice includes both manual remove and killing of the larvae and pupae and post-harvest irrigation “flooding type”; and is commonly used in Panama and other countries (Esquivel, 1981b; Rodríguez et al., 1999).

Varietal resistance. Selection of resistant varieties to *T. licus* infestation via field experiments was made in Brazil (Peixoto et al., 2008), Guyana (Duke & Eastwood, 1997) and Panama (Esquivel, 1980, 1983).

Drip irrigation. The latest agricultural practices to control *T. licus* include the use of drip irrigation and application of bioinsecticides such as the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. This fungus showed good result in controlling this pest with up to 81.8% reduction of the Giant Borer population resulting in an increase of sugarcane yields (Krontal, 2014). It has been eventually implemented in Panama, but without published studies to demonstrate the results.

Pheromones

The use of pheromones for detecting and monitoring adult populations of stemborers using baited traps with synthetic compounds in the field has been shown to be an interesting option for alternative strategies of pest control (Kalinová et al., 2005).

***Diatraea* spp.**

Considering that pheromones are specific, each species should be previously tested by using isolated pheromones. For example, electroantennographic gas chromatographic detection with extracts of female pheromone glands has been used for *Diatraea flavipennella*. The identified compounds were (Z)-9-hexadecenal (Z9-16: Ald) et (Z)-11-hexadecenal (Z11-16: Ald) (Kalinová et al., 2012). Identification of possible components of the sexual pheromone was conducted in Brazil for *D. saccharalis* (Kalinová et al. 2005). However, there are no studies related to this issue in Panama.

E. lignosellus

The use of pheromones traps has allowed population studies of *E. lignosellus* in the field (Pires et al., 1992; Gill et al., 2011). In Brazil, a more detailed study in laboratory led to identify acetates

from gland extracts of females which improved the attractivity of the synthetic pheromones (Jham et al., 2007). Like the previous case, studies about this matter in Panama are needed.

T. licus

There is no commercial pheromone available for population monitoring of this pest, but there are encouraging results of female sex pheromone identification (Rebouças et al., 2000), including gland extracts and the chemical composition of the pheromone of this species (Wadt, 2012).

Biological Control

***Diatraea* spp.**

Biological control is the most effective practice to control sugarcane borers currently in America (Lenteren & Bueno, 2003; Fuentes et al., 2012). The main species of parasitoids produced in laboratory units and used for field releases are: *Cotesia flavipes* Cameron (Hymenoptera: Braconidae) on larvae (Rossi & Fowler, 2003), *Trichogramma* spp. on eggs (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Browning & Melton, 1987), *Lixophaga diatraea* (Townsend) on larvae (Cuban fly), *Billaea* (= *Paratheresia*) *claripalpis* Wulp. (Diptera: Tachinidae) (Argentina Fly) on larvae and *Metagonistylum minense* Tns. (Diptera: Tachinidae) (Amazon Fly) on larvae (Melo et al., 2012). For these species the parasitism rates in *Diatraea* eggs and larvae ranged from 20 to 50%.

In Brazil (The world's largest sugar producer), the sugarcane borer *D. saccharalis* is controlled with the following parasitoids: *C. flavipes* (6000 parasitoids are released per hectare) and *Trichogramma galloi* Zucchi (200 000 adults per hectare) (Parra et al., 2014).

The most important parasitoids of *Diatraea* spp. (mainly *D. tabernella* and *D. saccharalis*) reported in Panama include *B. claripalpis*; *C. flavipes*, *L. diatraeae*; *Tetrastichus howardi* (Eulophidae); *Trichogramma* sp. (Narvaéz, 1986; Narvaéz, 1989; Rodríguez et al., 2004; Zachrisson, 2014; Atencio et al., 2018; Atencio et al., 2020b; Zachrisson and Barba, 2020).

Studies carried out in sugarcane in Panama demonstrated the importance of functional entomofauna (with 81 species that included phytophagous, predators, parasitoids, coprophagous, florivores and omnivores) (Atencio et al., 2019a); and studies with the sentinel prey *Galleria mellonella* L. to study native enemies associated with *Diatraea tabernella* resulting in the knowledge of the impact mainly of the ants species (*Solenopsis* sp., *Camponotus* spp., *Linepithema* sp. and *Ectatomma* sp. (Hymenoptera: Formicidae)) and spiders (*Leptofreya bifurcata* (F.O. Pickard-Cambridge)) on stemborers populations in stages of eggs, larvae and pupae (+84% predation) (Atencio et al., 2020b).

E. lignosellus

There is a lack of knowledge about parasitoids and predatory species for biocontrol of *E. lignosellus*. Nevertheless, prospective studies of parasitoids that could be used for this purpose are

currently conducted. For example, *Orgilus elasmopalpis* Muesebeck (Hymenoptera: Braconidae) was considered as a good candidate for biological control but has shown limited results (Johnson & Smith, 1980). The egg parasitoid *T. pretiosum* was also tested and showed no effective results (Xavier et al., 2011). Tachinid flies *Stomatomya meridionalis* Townsend (Carbonell, 1978), *Plagiospherysa trinitatis* Thompson (Beg & Bennett, 1974), *Lixophaga diatraeae* (Tns.) (Pérez, 1978) also showed limited results as biocontrol agents. The latest studies on natural enemies of *E. lignosellus* indicated *Trachagathis rubricincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae), as the main parasitoid of *E. lignosellus* larvae (Sharkey 2006). In Panama, there are no studies related to this issue.

T. licus

Biological control has not yet been developed on this pest. This is due to the lack of studies on natural enemies and particularly on research and identification of parasitoids that can be used in laboratory for mass production for field releases. Potential natural enemies were tested but with limited applications for biocontrol programs. This was particularly the case of the tachinid fly *Palpozenillia palpalis* (Aldr.) (Vignes, 1987), parasitic flies of the tribe Johnsoniini, gender *Emdenimyia* (Diptera: Sarcophagidae) (Lopes, 1979). Esquivel (1983), mentioned the impact of *Ectatomma tuberculatum* (Ol.), *Euponera cognata* (Emery), *Pheidole flavens* (Roger), *Solenopsis geminata* (F) and *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae), as predators on *T. licus* eggs and larvae in sugarcane fields in Panama.

Bioinsecticides and Genetically Modified (Gm) sugarcane

***Diatraea* spp.**

One of the most popular microorganisms used as bioinsecticides is the bacteria *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). In some cases, *Bt* formulation caused 88% of mortality after seven days on *D. saccharalis* larvae (Rosas-García, 2006). The sprayable formulation at 10% concentration in the field was efficient, but it should be applied to primary larval stages before the larvae can enter in the stalk (Rosas-García, 2006). The studies showed the possibilities of control on *D. saccharalis* with Crystal protein Cry (Cry proteins from *Bt* are insecticidal pore-forming toxins (PFTs) (Gómez et al., 2014)). Several studies have focused on entomopathogenic potential for controlling populations of stemborers with entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok and *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. The use of entomopathogenic fungus on stemborers larvae treated with 10^5 conidia mL⁻¹ of *M. anisopliae* showed that adults originated from those larvae presented reduced performance compared to untreated larvae. Results indicate that *B. bassiana* and *M. anisopliae* are pathogenic to *D. saccharalis* larvae and affect its biology (Oliveira et al., 2008).

There are encouraging results for the potential use of the entomopathogenic nematodes as efficient biological control of stemborers agents with the use of applied aqueous formulation with 500 000 infectives juveniles of nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditia) (Bellini & Dolinski, 2012). In the same way among other investigations it is mentioned, promising

tests were obtained with the use of the insecticidal protein Vip3Aa20 (Bernardi et al., 2014), biocidal action of piperine plant *Piper tuberculatum* Jacq. (Tavares et al., 2011) and the activity of neem extract (Justiniano et al., 2012).

Transgenic sugarcane plants with improved resistance (Cultivar FN15 using cry1Ac gene) were developed against the sugarcane borer *D. saccharalis*, compared to the non-transgenic control plants. These cultivars had relatively equal or lower sucrose yield but significantly reduced borer damage (Gao et al., 2016). At the moment, no field evaluations have been carried out in Panama with the use of genetically modified varieties (Atencio et al., 2020a).

E. lignosellus

Recent studies focused on the biological potential of Vip and Cry proteins from *Bt* against *D. flavipennella* and *E. lignosellus*. The results suggested that Cry1Ac and Vip3Aa might have potential in future production of transgenic sugarcane for control of *D. flavipennella* and *E. Lignosellus* (Lemes et al., 2017).

There is a high potential for the use of bioinsecticides based on *Bt* and entomopathogenic fungi as *B. bassiana* (McDowell et al., 1990). Larvae control results were obtained in El Salvador using *B. bassiana* and *Bt* (Dipel) (microbiologique) (Romero & Huerdo, 2011). In Hawaii, studies showed larval control using *Bt* (Chang et al., 1996) and entomopoxviruses (Mitchell et al., 1983).

T. licus

Bioinsecticides based on *Bt*, entomopathogenic nematodes and entomopathogenic fungi show a potential control option on *T. licus*. In Brazil, studies showed good control on *T. licus* larvae with the use of the *Bt* (Cry1Ia) (Craveiro et al., 2010), *B. bassiana* and *M. anisopliae* (Figueiredo et al., 2002) and *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) (Oliveira et al., 2004). In Guyana, entomopathogenic nematodes *Steinernema riobrave* (Cabanillas, Poinar & Raulston), *S. carpocapsae* (Weiser) and *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar gave promising results on *T. licus* control (Dasrat, 2001). In Costa Rica, *B. bassiana* showed positive result in larval control (Badilla-Fernández et al., 1994).

The potential development of transgenic plants resistant to *T. licus* was investigated with *Bt* Cry protein Cry1Ia12synth (truncated protein lacking C-terminus with plant codon usage). As a result, there were four genes encoding Cry1Ia12synth variants active against *T. licus* for future development of resistant transgenic sugarcane lines (Craveiro et al., 2010).

In Panama, experiments with the use of entomopathogenic nematodes (*Heterorhabditis bacteriophora* (Poinar) (Rhabditida: Heterorhabditidae)) and entomophagetic fungi (*M. anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) and *B. bassiana* (Hypocreales: Cordycipitaceae)), to control pest in the soil (such as the nymphs in the soil and adults of *Aeneolamia* spp. (Hemiptera: Cercopidae), obtaining mortalities over 70% between 6 and 12 days of application) have yielding promising results (Pérez Milián et al., 2018) and have promoted the beginning of field trials at

present for the management of *T. licus* among other soil pests (Atencio et al., 2020a; Candanedo-Lay et al., 2020).

CONCLUSION

This review was needed for a better understanding about the achievements of conventional tactics to control three major sugarcane borers. Future management plans should focus on potential alternatives, like a more efficient pesticides use, cultural practices, pheromones, bioinsecticides and biological control with natural enemies present by geographic region or country.

Current research lines for the control of stemborers in sugarcane mainly focus on the use of bioinsecticides such as formulations based on *Bt*, entomopathogenic fungi and nematode entomopathogens; selection of commercial varieties for their resistance to stemborers and the use of adequate doses of Nitrogen and Silicon application; the production and releases of parasitoids and predatory populations. Today, the molecular tools allow to complement this work with taxonomic classification and factors associated with natural enemies already identified. We also noticed the necessity of ecological studies for pests and natural enemies in relation to landscape and this open a new path for agroecological crop protection.

The integrated management of a complex of sugarcane stemborers in Panama is not limited to an exclusive technique, but to a component of complementary techniques, and in the case of some stemborers, such as *Elasmopalpus lignosellus* and *Telchin licus*, requires further basic and applied investigation. Elements such as applied biotechnology, applied agroecology, the use of drones, among other modern techniques, can lead to improving the integrated management programs for stemborers in Panama.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grateful to Ana López Llandrez (CIRAD, France), for reviewing the manuscript and making valuable comments.

REFERENCES

- Aktar, M.W., D. Sengupta, and A. Chowdhury. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary Toxicology* 2(1): 1–12.
- Alvarez J., V. López, C. Antúnez, E. Muller, G. Schaefer, G. Drescher, and M. López. (2014). Aplicación de potasio en variedades de caña de azúcar: efectos en la productividad y en el ataque del taladrador de la caña. *Investigación Agraria* 14(2): 93-100.
- Atencio, R., F.R. Goebel, J. Pérez, M. Rodríguez, and L. Fernández. (2017). Yield Loss in Sugarcane Due to *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) in Panama. *Sugar Tech* 19(6): 579-583. <https://doi.org/10.1007/s12355-017-0518-6>

- Atencio, R., and F.R. Goebel. (2018). Revisiting the taxonomy of the genus *Diatraea* Guiling with a focus on *Diatraea tabernella* Dyar, using dichotomous keys, in Panama. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(3): 559-564.
- Atencio, R., F.R. Goebel, and V. Murillo. (2018). Host plants associated with *Diatraea tabernella* Dyar (Lepidoptera: Crambidae) in sugarcane in Panama. *International Sugar Journal* 120 (1438): 786-791.
- Atencio, R., F.R. Goebel, and R.J. Miranda. (2019a). Entomofauna Associated with Sugarcane in Panama. *Sugar Tech* 21(4): 605-618. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0661-8>
- Atencio, R., F.R. Goebel, and A. Guerra. (2019b). Effect of Silicon and Nitrogen on *Diatraea tabernella* Dyar in Sugarcane in Panama. *Sugar Tech* 21(1): 113-121. <https://doi.org/10.1007/s12355-018-0634-y>
- Atencio V., R., F.R. Goebel, J. Salazar, and A. Guerra. (2020a). Biotecnología aplicada a la producción de caña de azúcar en Panamá: Una visión general. *Centros: Revista Científica Universitaria* 9(2): 128-143.
- Atencio, R., F.R. Goebel, A. Guerra, and S. López. (2020b). Uso de *Galleria mellonella* (Lep.: Pyralidae) como presa centinela para evaluar el impacto de enemigos naturales sobre *Diatraea tabernella* Dyar (Lep.: Crambidae) en caña de azúcar en Panamá. *Revista Colegiada de Ciencia* 1(2): 31-44.
- Badilla-Fernández F., C.E. Sáenz-Acosta, J. Durán, M.I. Chan-Wong, A.I. Solís-Soto, and D. Alfaro-Solís. (1994). Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* a la larva gigante de la caña de azúcar *Castnia licus* [licoides] (Lepidoptera: Castniidae) en condiciones de laboratorio. Primer Simposio sobre Manejo Integrado de Plagas de la Caña de Azúcar en Costa Rica. Resúmenes San José, Hotel Corobicí CR 11 de agosto de 1994. San José DIECA / Programa de Entomología CR. (pp. 15).
- Badilla-Fernández, F. (2000). The employment of biological and non-chemical alternatives for insect plague control in sugarcane crops in Costa Rica. *International Sugar Journal* 102(1221): 482-490.
- Bale J., J. van Lenteren, and F. Bigler. (2008). Biological control and sustainable food production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 363(1492): 761–776.
- Barrantes J., R. Alfaro, and R. Ocampo. (2013). Evaluación de cinco fuentes de silicio en caña de azúcar en combinación con materia orgánica; en un suelo Ultisol de la Región Sur de Costa Rica, 2012. XIX Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA) (pp. 71-76).

- Beg M. N., and F.D. Bennett. (1974). *Plagiprospherysa trinitatis* [Dipt.: Tachinidae], A parasite of *Elasmopalpus lignosellus* [Lep.: Phycitidae] in Trinidad, WI. *Entomophaga* 19(3): 331-340.
- Beni E., A. C. Pazele, J.C. Salata, and E.F. Santos. (1990). Control of the sugarcane borer, *Diatraea saccharalis*, with insect growth regulators (IGR). Preliminary results. Controle da broca da cana, *Diatraea saccharalis*, com regulador de crescimento de insetos (IGR). Resultados preliminares. *Boletim Técnico- Copersucar* 50: 13-17.
- Bellini L., and C. Dolinski. (2012). Foliar application of entomopathogenic nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for the control of *Diatraea saccharalis* in greenhouse. *Semina: Ciências Agrárias* 33(3): 997-1004.
- Bernardi O., D. Amado, R.S. Sousa, F. Segatti, J. Faretto, A.D. Burd, and C. Omoto. (2014). Baseline susceptibility and monitoring of brazilian populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) to Vip3Aa20 insecticidal protein. *Journal of Economic Entomology* 107(2): 781-790.
- Beuzelin J.M., W. Akbar, A. Mészáros, F.P.F. Reay-Jones, and T.E. Reagan. (2010). Field assessment of novaluron for sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (F.) (Lepidoptera: Crambidae), management in Louisiana sugarcane. *Crop Protection* 29(10): 1168-1176.
- Browning, H.W., and C.W. Melton. (1987). Indigenous and exotic trichogrammatids (Hymenoptera: Trichogrammatidae) evaluated for biological control of *Eoreuma loftini* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) borers on sugarcane. *Environmental entomology* 16(2): 360-364.
- Busoli A., C., F.M. Lara, D. Nunes, and M. Guidi. (1977). Preferencia de *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller, 1848) (Lepidoptera, Phycitidae) por diferentes culturas. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 61: 73-79.
- Campos, P.J. (1972). Insecticidal seed treatments for maize for the control of *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Insecticidas impregnados a la semilla del maiz para el control de *Elasmopalpus lignosellus* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Revista Peruana de Entomología* 15: 348-351.
- Candanedo-Lay, E.M., G. Aranda-Caballero, A. Cabezón-Puchicama, and L.D. Reina-Peña. (2020). Bioprospección y conservación de cepas nativas del nematodo entomopatogénico *Heterorhabditis* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria* 30(16): 139-149.
- Carbonell, T.E. (1978). Description of injuries in sugarcane caused by *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) and of some of its biological controllers. *Saccharum* 6(2): 118-145.

- Carvalho M., R. Bueno, L.C. Carvalho, A.F. Godoy, and A.L. Favoreto. (2013). Importância econômica e generalidades para o controle de *Telchin licus* Drury, 1773 (Lepidoptera: Castniidae) em cana-de-açúcar. Enciclopédia Biosfera 9: 1623-1638.
- Chang V., F. Perlak, A. Cruz, A. Ota, P. Moore, and M. Fitch. (1996). Sugarcane transformation with a *B.t.* gene for resistance to the lesser cornstalk borer. Proceedings of the third Asia-Pacific conference on Agricultural Biotechnology 341-345.
- Chaves M., J. Barrantes, A. Angulo, M. Rodríguez, C. Villalobos, and J. Bolaños. (2008). Análisis de la disminución de la producción agroindustrial de azúcar en Costa Rica. zafra 2007/2008. Informe Técnico. San José, Costa Rica, LAICA. 95 p.
- Craveiro K.I., J.E. Gomes Júnior, M.C. Silva, L.L. Macedo, W.A. Lucena, M.S. Silva, J.D. de Souza Júnior, G.R. Oliveira, M.T. de Magalhães, A.D. Santiago, and M.F. Grossi-de-Sa. (2010). Variant CryIIa toxins generated by DNA shuffling are active against sugarcane giant borer. Journal of Biotechnology 145(3): 215-221.
- Dasrat, L. (2001). Preliminary investigation of biological control of *Castniomera licus* (Drury) (Lepidoptera; Castniidae) by entomopathogenic Nematodes. Proceedings of the XXVII West Indies Sugar Technologists Conference, held at the Hilton Conference Center, Port of Spain, Trinidad and Tobago, 23rd-27th April 2001.
- Dinardo-Miranda L.L., J.V. Fracasso, I.A. Anjos, J. García, and V.P. Costa. (2012). Influencia da infestacao de *Diatraea saccharalis* (Fabr.) sobre parametros tecnologicos da cana-de-acucar. Bragantia 71(3): 342-345.
- Dinardo-Miranda L.L., and J.V. Fracasso. (2013). Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. Scientia Agricola 70(5): 369-374.
- Dixon, W. (1982). Lesser cornstalk borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Entomology Circular NO. 236. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry.
- Duke N.H., and D. Eastwood. (1997). Production losses in sugarcane attacked by the giant borer, *Castniomera licus* (Drury) Lepidoptera: Castniidae in Guyana. Proceedings of the West Indies Sugar Technologists 26th Conference, 22-26 September 1997. (pp.169-176).
- Esquivel, R.E.A. (1980). Basic studies on sugarcane resistant varieties to the giant borer (*Castnia licus* Drury) in Panama. Entomology Newsletter, International Society of Sugarcane Technologists 8: 8-9.
- Esquivel, R.E.A. (1981a). Field experiments for the chemical control of the giant borer of sugarcane (*Castnia licoides* Boisd.). Entomology Newsletter 11: 11-12.

- Esquivel, R.E.A. (1981b). The giant borer, *Castnia licus* Drury, and its integrated control. Proceedings, Second Inter-American Sugar Cane Seminar. 5.
- 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.
- Figueiredo, M., E.J. Marques, R.O.R. Lima, and J.V. Oliveira. (2002). Selecao de isolados de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. contra a broca gigante da cana-de-acucar *Castnia licus* (Drury) (Lepidoptera: Castniidae). Neotropical Entomology 31(3): 397-403.
- Forgash, A. (1984). History, evolution, and consequences of insecticide resistance. Pesticide Biochemistry and Physiology 22(2): 178-186.
- Freire, M., O.L. Franco, C.E.G. Kubo, L. Migliolo, R.H. Vargas, C.F.R. De Oliveira, J.R.P Parra, and M.L.R. Macedo. (2012). Structural insights regarding an insecticidal *Talisia esculenta* protein and its biotechnological potential for *Diatraea saccharalis* larval control. Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology 161(1): 86-92.
- Fuentes, F., F. Ferrer, and J. Salas. (2012). Reseña Histórica del Control Biológico en Centroamérica y el Caribe. Revisión de logros del Control Biológico en la Región neotropical con énfasis a los principales países del Caribe. Editorial Académica Española. 200 p.
- Gao, S., Y. Yang, C. Wang, J. Guo, D. Zhou, Q. Wu, Y. Su, L. Xu, and Y. Que. (2016). Transgenic Sugarcane with a cry1Ac Gene Exhibited Better Phenotypic Traits and Enhanced Resistance against Sugarcane Borer. PLoS ONE 11(4): e0153929.
- Garcerán, P., and M. Castillo. (2019). Uso de plaguicidas en la agroindustria: Panamá y el mundo. Tecnológico 10(1): 22-27. <https://doi.org/10.33412/pri.v10.1.2169>
- Gill H., J. Capinera, and R. Mcsorley. (2011). Lesser Cornstalk Borer, *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) (Insecta: Lepidoptera: Pyralidae). 7 p. University of Florida. IFAS Extension.
- Goebel, F.R., and N. Sallam. (2011). New pest threats for sugarcane in the new bioeconomy and how to manage them. Current Opinion in Environmental Sustainability 3: 81-89.
- Gómez, L.A., E.M. Quintero, J.A. Jurado, V. Obando, J.E. Larrahondo, and A. González. (2009). Una versión actualizada de las pérdidas que causan los barrenadores de la caña de azúcar en el valle del río Cauca. En: Memorias, VIII Congreso de la Sociedad Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), Cali, Colombia, (pp.136 – 143).

- Gómez I., J. Sánchez, C. Muñoz-Garay, V. Matus, S.S. Gill, M. Soberón, and A. Bravo. (2014). *Bacillus thuringiensis* Cry1A toxins are versatile proteins with multiple modes of action: two distinct pre-pores are involved in toxicity. *Biochemical Journal* 459(2): 383–396.
- Gómez, L., and G. Vargas. (2014). Los barrenadores de la caña de azúcar, *Diatraea* spp. en el valle del río Cauca: investigación participativa con énfasis en control biológico. Centro de Investigación de la Caña de Azúcar de Colombia. Documento de trabajo No. 734. 133 p.
- Isas, M., M.L. del P. Pérez, A. Salvatore, G. Gastaminza, E. Willink, and W. White. (2016). Impacts of Crop Residue on Damage by Sugarcane Pests during the Tillering Phase in Argentina. *Florida Entomologist* 99(1): 1-5. <http://dx.doi.org/10.1653/024.099.0102>
- Jham, G.N., A.A. Silva, E.R. Lima, and P.A. Viana (2007). Identification of acetates in *Elasmopalpus lignosellus* pheromone glands using a newly created mass spectral database and Kóvats retention indices. *Química Nova* 30(4): 916-919.
- Johnson, S. J., and J.W. Smith. (1980). Biology of *Orgilus elasmopalpi* (Hym.: Braconidae) with *Elasmopalpus lignosellus* (Lep.: Pyralidae) as host. *Annals of the Entomological Society of America* 73(5): 572-575.
- Jorge Suárez, H., A. Menéndez Sierra, R. Atencio Valdespino, and I. Delgado Mora. (2018). Selección de genotipos de caña de azúcar en áreas con estrés ambiental. *Centro Agrícola* 45(3): 66-72.
- Justiniano, W., G.T.F. Novaes, and P.R.B. Fonseca. (2012). Insecticidal activity of neem extract on first instar larvae of the sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794). Atividade inseticida do extrato de nim sobre lagartas da *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) de primeiro instar da broca da cana-de-acucar. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável* 7(4): 97-100.
- Kalinová, B., J. Kindl, O. Hovorka, M. Hoskovec, and A. Svatoš. (2005). (11Z)-Hexadec-11-enal enhances the attractiveness of *Diatraea saccharalis* main pheromone component in wind tunnel experiments. *Journal of Applied Entomology* 129(2): 70-74.
- Kalinová, B., R.R. Nascimento, M. Hoskovec, A.L. Mendonca, E.L. Silva, M.R.T. Freitas, J.C.R. Cabral, C.E. Silva, A.E.G. Sant'Ana, and A. Svatos. (2012). Identification of two components of the female sex pheromone of the sugarcane-borer *Diatraea flavipennella* (Lepidoptera: Crambidae). *Journal of Applied Entomology* 136(3): 203-211.
- Kimbeng, C.A., W.H. White, J.D. Miller, and B.L. Legendre. (2006). Sugarcane resistance to the sugarcane borer: response to infestation among progeny derived from resistant and susceptible parents. *Sugar Cane International* 24(3): 14-21.

- Krontal, Y. (2014). New Applications, Through Drip Systems Enable Environmentally-Friendly Sugarcane Growing Techniques. *International Sugar Journal* 116(1386): 430-437
- Lenteren, J.C., and V.H.P. Bueno. (2003). Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *BioControl* 48(2): 123-139.
- Lemes, A.R.N., C.S. Figueiredo, I. Sebastião, L. Marques da Silva, R. da Costa Alves, H.Á.A. de Siqueira, M.V.F. Lemos, O.A. Fernandes, and J.A. Desidério. (2017). Cry1Ac and Vip3Aa proteins from *Bacillus thuringiensis* targeting Cry toxin resistance in *Diatraea flavipennella* and *Elasmopalpus lignosellus* from sugarcane. *PeerJ* 5: e2866. <https://doi.org/10.7717/peerj.2866>
- Lima, R.O.R., and E.J. Marques. (1984). Efeito de alguns inseticidas no controle de *Castnia licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera, Castniidae), broca gigante da cana-da-açúcar, apos o rebaixamento das cepas. *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil (Brasil)* 13(1): 29-34.
- Linares, B., J. Salazar, and R. Ojeda. (1995). Observaciones generales sobre la presencia del taladrador gigante de la caña de azúcar en los municipios Guanare Y papelón del estado Portuguesa, Venezuela. *Agronomía Tropical* 46(3): 341-351.
- Lopes, H. (1979). Contribution to the knowledge of the tribe Johnsoniini (Diptera, Sarcophagidae). *Revista Brasileira de Biologia* 39: 919-942.
- McDowell, J.M., J.E. Funderburk, D.G. Boucias, M.E. Gilreath, and R.E. Lynch. (1990). Biological activity of *Beauveria bassiana* against *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) on leaf substrates and soil. *Environmental entomology* 19(1): 137-141.
- Melo, V., L. Laverde, and C. González. (2012). Control de calidad del parasitoide *Metagonystilum minense* (Diptera: Tachinidae), criado masivamente para el control de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Cambridae). *Revista de Ciencias Agrícolas* 24(1-2): 20-32.
- Mena, E. (2010). Toxicidade de inseticidas a *Diatraea saccharalis* (Fabr., 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e *Cotesia flavipes* (Cameron, 1891) (Hymenoptera: Braconidae), text, Universidade de São Paulo. 61 p.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). (2020). Dirección de Agricultura. Cierre Agrícola Año 2019-2020. 50 p. https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/03/cierre_agricola-2020.pdf?csrt=911009857566711802 Accessed 26 October 2020.
- Mitchell, F.L., G.E. Smith, and J.W. Smith. (1983). Characterization of an entomopoxvirus of the lesser cornstalk borer (*Elasmopalpus lignosellus*). *Journal of Invertebrate Pathology* 42(3): 299-305.

- Narvaéz, L. (1986). Resultados agro-industriales y económicos de siete años del programa de control biológico de *Diatraea* spp. en caña de azúcar en la Azucarera Nacional, Panamá, USAID/ROCAP San José, Costa Rica. (pp.72-79).
- Narvaéz, L. (1989). Caña de Azúcar. In Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro, eds. K. Andrews, and J. Quezada, 623 p. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano.
- Oliveira, A., M. Macedo, P. Machado, and L. Garrigós. (2004). Patogenicidade do nematóide *Steinernema* sp. contra larvas da broca gigante, *Castnia licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera, Castniidae). XX Congresso Brasileiro de Entomologia - Setembro/2004 - Gramado/RS – Brasil.
- Oliveira, M.A.P., E.J. Marques, V. Wanderley-Teixeira, and R. Barros. (2008). Effect of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. and *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. on biological characteristics of *Diatraea saccharalis* F. (Lepidoptera: Crambidae). *Capa* 30(2): 219-224.
- O'Reilly, L.J., D.E. Lopez, C. Noda, and F. Naranjo. (1984). Efecto del riego en el control de *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller) en la caña de azúcar en Cuba. *Centro Agrícola* 11(3): 110-111.
- Parra, J.R.P., P.S.M. Botelho, and A.D.S. Pinto. (2014). Biological Control of Pests as a Key Component for Sustainable Sugarcane Production. In: Luis Augusto Barbosa Cortez (Coord.), *Sugarcane Bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability* (pp. 441-450). São Paulo: Editora Edgard Blücher. http://Dx.Doi.Org/10.5151/Blucheroa-Sugarcane-Sugarcanebioethanol_41 Accessed 10 November 2020.
- Peixoto, D., A. De Araújo, S. Forti, N. Da Silva, D. Dos Santos, and A. Nascimento. (2008). Resistência de variedades de cana -de -açúcar à broca gigante *Telchin licus licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae) e a relação com os caracteres varietais. XXII Congresso Brasileiro de Entomologia 24 a 29 de agosto 2008- Uberlândia, MG.
- Pérez, Z. (1978). Report of the first two parasites of *Elasmopalpus lignosellus* Zeller, in Cuba. *Ciencias de la agricultura* 3: 169.
- Pérez Milián, J.R., Y. Pérez Pérez, J.F. Álvarez, and J.M. Ruano Rossil. (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>

- Pires, C.S.S., E.F. Vilela, P.A. Viana, and J.T.B. Ferreira. (1992). Avaliação no campo do feromônio sexual sintético de *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera, Pyralidae). Anais Da Sociedade Entomologica Do Brasil 21(1): 59-68.
- Portela, G.L.F., L.E. Padua, R.T. Branco, O. Barbosa, and P.R. Silva. (2011). Infestation of *Diatraea* spp. in different varieties of sugar cane in the city of União-PI. Universidade Federal Rural do Semiárido. Revista Caatinga, Mossoró 149-152.
- Reay-Jones, F.P.F., M.O. Way, M. Sétamou, B.L. Legendre, and T.E. Reagan. (2003). Resistance to the Mexican Rice Borer (Lepidoptera: Crambidae) Among Louisiana and Texas Sugarcane Cultivars. Journal of Economic Entomology 96(6): 1929-1934.
- Rebouças, L., M. Caraciolo, F. Griepink, A. Bruin, F. Paulino, C. Monte, Jr. Santo, and A. Sant'Ana. (2000). Female sex pheromone of *Castnia licus* Drury (Lepidoptera: Castniidae): Identification and field application. Proceedings of the XXI International Congress of Entomology, Iguacu, Brasil, August 20-26 (pp. 181).
- Rodríguez, A., C. Sáenz, J. Salazar, D. Alfaro, and R. Oviedo. (1999). Manejo Integrado del Barrenador Gigante de la Caña de Azúcar *Castnia licus* (Durr). En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA (pp. 151)
- Rodríguez, V., L. Chavarría, I. Gómez, Y. Peñalosa, and M. Tejada. (2004). Desarrollo del parasitoide *Cotesia flavipes* Cameron, 1891 (Hymenoptera: Braconidae) en *Diatraea tabernella* Dyar y *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Pyralidae), y su efectividad en el control de *Diatraea tabernella*. Tecnociencia 6(1): 85-94.
- Romero, A., and L., Huevo. (2011). Evaluación de seis productos químicos y dos microbiológicos para el manejo de coralillo (Lepidoptera: Pyralidae: *Elasmopalpus lignosellus* Zeller) en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*, L), en los departamentos de Usulután y Sonsonate. Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. 98 p.
- Rosas-García, N.M. (2006). Laboratory and field tests of spray-dried and granular formulations of a *Bacillus thuringiensis* strain with insecticidal activity against the sugarcane borer. Pest management science 62(9): 855-861.
- Rossi M., G. (2001). Sugarcane Variety Notes. An international directory. 7th Revision. 131 p.
- Rossi, M.N., and H. Fowler. (2003). The sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fabr.) (Lep.: Crambidae) and its parasitoids: a synchrony approach to spatial and temporal dynamics. Journal of Applied Entomology 127: 200-208.

- Salazar, J. (2007). Conosca las características del Taladrador Gigante de la Caña de Azúcar (*Castnia licus*). Boletín Acontecer en Victoria 36: 4-6.
- Salvatore, A.R., G. Lopez, E. Willink, M. Ahmed, and L. Varela. (2008). Attack by the sugarcane stem borer caterpillar *Diatraea saccharalis* in Tucuman: analysis of the preharvest stage in the 2003 to 2007 seasons. Avance Agroindustrial 1: 12-13.
- Sandhu, H.S., G.S. Nuessly, R.H. Cherry, R.A. Gilbert, and S.E. Webb. (2011). Effects of harvest residue and tillage on lesser cornstalk borer (Lepidoptera: Pyralidae) damage to sugarcane. Journal of Economic Entomology 104(1): 155-163.
- Sharkey, M. (2006). Review of the systematics of *Trachagathis* Viereck (Hymenoptera: Braconidae: Agathidinae). Zootaxa 1162: 65-68.
- Sidhu, J.K., M.J. Stout, D.C. Blouin, and L.E. Datnoff. (2013). Effect of silicon soil amendment on performance of sugarcane borer, *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) on rice. Bulletin of Entomological Research 103(6): 656-664.
- Simon, J.E., and M. Arellano. (1959). Control del Barreno *Diatraea saccharalis* con Insecticidas Orgánicos. Revista Peruana de Entomología Agrícola 2(1): 81-83.
- Solis, M.A., and M.A. Metz. (2016). An illustrated guide to the identification of the known species of *Diatraea* Guilding (Lepidoptera, Crambidae, Crambinae) based on genitalia. ZooKeys 565, 73-121. <https://doi.org/10.3897/zookeys.565.6797>
- Tavares, W.S., I. Cruz, F. Petacci, S.S. Freitas, J.E. Serrao, and J.C. Zanuncio. (2011). Insecticide activity of piperine: toxicity to eggs of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Pyralidae) and phytotoxicity on several vegetables. Journal of Medicinal Plants Research 5(21): 5301-5306.
- Trisyono, A., and G.M. Chippendale. (1998). Effect of the ecdysone agonists, RH-2485 and tebufenozide, on the southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*. Pesticide science 53(2): 177-185.
- Vignes, W. (1987). Literature review on control of giant moth-borer, *Castnia licoides* (Lepidoptera: Castniidae) on sugarcane. Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago 87: 63-67.
- Wadt, L. (2012). Comportamento reprodutivo da broca gigante da cana-de-açúcar, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae), como base para seu controle. Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Entomologia. Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 77 p.

- Weisenburger, D.D. (1993). Human health effects of agrichemical use. *Human Pathology* 24(6): 571-576.
- Xavier, L.M.S., R.A. Laumann, M. Borges, D.M. Magalhães, E.F. Vilela, and M.C. Blassioli-Moraes. (2011). *Trichogramma pretiosum* attraction due to the *Elasmopalpus lignosellus* damage in maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 46(6): 578-585.
- Zachrisson, B. (2014). Situación actual y proyección del manejo de *Diatraea* spp. (Lepidoptera: Pyralidae), en Panamá. Memorias, Congreso Colombiano de Entomología. 41º, Congreso SOCOLEN. Cali, Valle del Cauca, 15 a 18 de julio de 2014. Sociedad Colombiana de Entomología - SOCOLEN. USB.Cali, Valle de Cauca (pp.112-115).
- Zachrisson, B., and A. Barba. (2020). Biological Control in Panama. In *Biological Control in Latin America and the Caribbean: Its Rich History and Bright Future*, eds. J.C. van Lenteren, V.H.P. Bueno, M.G. Luna, and Y.C. Colmenarez, 345-353. CAB International.

Efecto de la frecuencia de corte sobre el rendimiento y la calidad de forraje del botón de oro (*Tithonia diversifolia*)

Effect of cutting frequency on forage yield and quality of mexican sunflower (*Tithonia diversifolia*)

Edgar A. Polo L. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá. epolo61@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

Leonel T. Medina. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia, Panamá. l_medina141@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1980-5362>

Resumen

La suplementación con plantas forrajeras leguminosas y no leguminosas cobra especial interés, en un escenario actual de dinámica competencia de mercado, donde la minimización de costos de producción y el aumento de la calidad de los productos son elementos de competitividad. El objetivo del trabajo fue el de estudiar el efecto de diferentes frecuencias de corte sobre el rendimiento de la *Tithonia diversifolia*, considerando la productividad por corte y la calidad nutritiva, bajo las condiciones agroecológicas de la localidad de Tocumen, Panamá, en la época seca y lluviosa, durante dos ciclos anuales.

La respuesta de producción de materia seca de *Tithonia diversifolia* mostró un incremento marcado en las frecuencias de corte a las 12 y 16 semanas, además, las frecuencias de corte afectaron el contenido nutricional de la materia seca, resultando mayores contenidos de proteína a las 4 y 8 semanas de poda, en todas las fracciones vegetales y en las dos épocas estudiadas. No obstante, los contenidos de calcio y fósforo en la materia seca disminuyeron en la medida que incrementaban las frecuencias de corte.

Palabras clave: frecuencia de corte, rendimiento de materia seca, calidad nutricional, Botón de oro, *Tithonia diversifolia*

Abstract

Supplementation with legume and non-legume forage plants becomes significant in a current scenario of market competition. Minimizing production costs and increasing product quality are elements of competitiveness. This work aimed to study the effect of different cutting frequencies on *Tithonia diversifolia* considering the productivity per cut and the nutritional quality under the agroecological conditions of Tocumen, Panama, in the dry and rainy season, for two annual cycles.

Eight weeks of pruning, in all plant fractions and the two seasons studied. The dry matter production response of *Tithonia diversifolia* showed a marked increase in the cutting frequencies at 12 and 16 weeks; in addition, the cutting frequencies affected the nutritional content of the dry matter, resulting in higher protein contents at 4 and 16 weeks. However, the calcium and phosphorus contents in the dry matter decreased as the cutting frequencies increased.

Keywords: cutting frequency, dry matter yield, nutritional quality, mexican sunflower, *Tithonia diversifolia*

INTRODUCCIÓN

Actualmente los productores de Panamá se han visto obligados a producir más eficientemente para poder ser competitivos en el mercado. Esto ha implicado explorar otras formas de producción, con el propósito de disminuir costos sin afectar la producción y vida útil de los animales. Las estrategias que se han planteado son, principalmente, la búsqueda de alternativas que permitan reducir la suplementación, la cual es considerada como el principal rubro de la canasta de costos de producción. Es este escenario, la suplementación con plantas forrajeras leguminosas o no leguminosas cobra especial interés. Muchas de estas especies tienen valores nutricionales superiores a los pastos y pueden producir elevadas cantidades de biomasa comestibles que son más sostenidas en el tiempo, en comparación con las del pasto bajo condiciones de cero fertilizaciones (Hernández et al., 1998).

Tithonia diversifolia es una planta herbácea de la familia Asteracea, originaria de Centroamérica. Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Además, es una especie con buena capacidad de producción de biomasa, de rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Según Mejía-Díaz (2017), la producción de forraje verde puede variar entre las 30 t/ha y las 70 t/ha.

Esta planta presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Ríos, 1977). Puede emplearse como fuente proteica en sistemas de pastoreo o forraje para los rumiantes y los monogástricos (Pérez et al., 2009). Londoño et al. (2019) exponen que *Tithonia diversifolia* aporta una considerable cantidad de carbohidratos solubles, factores importantes en la fermentación ruminal para la formación de ácidos grasos volátiles, los cuales son relevantes la producción de leche en bovinos.

Tithonia diversifolia tiene diferentes nombres comunes, dependiendo del lugar donde se encuentre. En Cuba se le conoce como margaritona o árnica de la tierra, en Venezuela es llamado tara, flor amarillo y árnica, en Colombia recibe los siguientes nombres: Botón de oro, mirasol, botón dorado, girasol, gamboa y yerba de bruja (Ríos, 2002).

En una evaluación realizada del contenido de nutrientes de *Tithonia diversifolia* (hojas, pecíolos, flores y tallos hasta 1,5 cm. de diámetro), en cinco estados de desarrollo, Navarro y Rodríguez (1990), encontraron que la materia seca varió desde 13,5 a 23,23% y la proteína cruda osciló entre 14,84-28,75%, los valores más bajos de proteína fueron encontrados en estados avanzados de la floración (89 días), mientras que en estado de crecimiento avanzado (30 días) y prefloración (50 días), se encontraron los más altos. También, fueron disminuyendo a mayor estado vegetativo el calcio (Ca) y el fósforo (P). El Ca varió de 2,25 a 1,65% y el P de 0,39 a 0,32%. El contenido de magnesio (Mg) se incrementó de 0,046 a 0,069%, y el contenido de fósforo en *Tithonia diversifolia* es considerado como alto comparado con otras especies que se usan comúnmente en agroforestería (Navarro F. y Rodríguez E. F, 1990). Rodríguez, 1997, obtuvo valores de 0,20, 0,28 y 0,33% de fósforo en *Erythrina fusca*, *Erythrina edulis* y *Erythrina poeppigiana*, respectivamente.

En relación con la producción de biomasa de *Tithonia diversifolia*, Ríos, (2002) observó que en el primer corte de la cosecha aproximadamente a los 4 meses después de la siembra se obtiene en promedio por planta hasta 3,4 kilos de hojas tallos y flores. La producción de forraje en buenas condiciones de humedad y fertilidad es, en promedio, de 2,6 kg por planta cada 2 meses. En plantas cultivadas a una distancia de 50 x 75 centímetros se obtuvo, en promedio, 1,3 kilos de forraje por planta cada 7 semanas. A una distancia de 75 centímetros por 1 metro, la producción aumenta a 2 kilos por planta en el mismo tiempo de corte. El objetivo del trabajo fue el de estudiar el efecto de diferentes frecuencias de corte sobre el rendimiento de la *Tithonia diversifolia*, considerando la productividad por corte y calidad nutritiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido en la localidad de Tocumen, distrito de Panamá, provincia de Panamá, localizado a 9° 03' latitud norte y 79° 22 longitud oeste y una altitud de 14 m.s.n.m. El suelo del área experimental presentó una textura franco-arcillosa, pH de 5,9 y un contenido de materia orgánica de 2,0%. Para la siembra se preparó el terreno con maquinaria agrícola (arado-rastra), y la propagación se realizó usando estacas con un diámetro o grosor de 2,2 a 2,8 centímetros, con tres nudos, haciéndole un corte en forma sesgada en la parte superior, para evitar la acumulación de agua y hospedaje de insectos.

La distancia de siembra fue de 0,50 m entre plantas e hileras colocando dos estacas por golpe. El tamaño de la parcela experimental fue de 9,00 m², con un área efectiva 1,00 x 1,00 m. Al momento de la siembra se hizo una fertilización basal equivalente a 2,0 qq/ha, de abono completo fórmula 12-24-12 (N, P, K) (en Panamá, un quintal (qq) equivale a 45,36 kg). Después, se aplicó abono completo 12-24-12 a razón de 4 qq/ha, a inicio de lluvias en cada año de estudio. A los 120 días de establecida la *Tithonia*, se realizó el corte de nivelación en forma manual, para realizar

posteriormente los muestreos a cada cuatro intervalos de corte (4, 8, 12 y 16 semanas). Los cortes se realizaron a una altura de 50 cm. del suelo.

El experimento se estructuró a través del Diseño de Bloques Completamente Aleatorizados (DBCA) con 5 repeticiones. Todo el material verde o rebrote se cortó y tomo una submuestra de aproximadamente 200-250 g, para determinar el rendimiento de materia seca, los contenidos de proteína bruta, calcio y fósforo de las porciones hoja - tallo, hojas y tallo en la época seca y lluviosa. Los resultados fueron sometidos a Análisis de Varianza (ANOVA) y las diferencias entre los tratamientos se establecieron mediante la prueba de medias de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de materia seca (kg/ha)

Durante el invierno (periodo lluvioso) la frecuencia de corte mostró una respuesta diferencial marcada ($p < 0.01$) sobre el rendimiento de hojas y tallos. Al aumentarse la frecuencia de corte la producción de la materia seca se incrementó proporcionalmente en la planta entera (hoja + tallos).

Los rendimientos de forrajes como material entero en los dos años de estudio presentaron promedios de 1 628, 5 082, 8 759 y 15 860 kg de materia seca/ha a las 4, 8, 12 y 16 semanas, respectivamente. Murgueitio y Gómez (1991) en Colombia obtuvieron rendimientos similares de materia seca con 8 000 kg/ materia seca /ha cortada cada 12 semanas. Estos resultados comparados con los obtenidos con la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* en Gualaca, provincia de Chiriquí (IDIAP, 2000) a las cuatro (1 600 kg), ocho (4 000 kg) y doce semanas (5 800 kg) fueron superiores en su rendimiento de biomasa en materias seca por hectárea. (ver Cuadro 1). También, al comparar los rendimientos de este trabajo con los registrados por Polo (2009), en *Trichantera gigantea* se pudo evidenciar mayor producción de forraje realizándose cortes a las 8 (2 545 kg), 12 (4 840 kg) y 16 semanas (6 819 kg) y a una altura de corte de 60 cm.

Cuadro 1. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época lluviosa. 1/fracción vegetal: hoja +tallo

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	1 794	1 462	1 628 d
8	5 707	4 457	5 082 c
12	9 300	8 217	8 759 b
16	14 050	17 670	15 860 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($p < 0.01$) según la prueba de Duncan.

El rendimiento en la fracción hoja fue aumentado entre el segundo y tercer mes, a razón de 3 284 a 3 102 kg de materia seca/ha, y entre el tercer y cuarto mes con 5 816 kg de materia seca/ha, con porcentajes elevados de 90, 90, 87 y 85% a los uno, dos, tres y cuatro meses de cortes, indicando una característica positiva de aprovechamiento por los animales (Cuadro 2). Estos rendimientos evidenciaron superioridad en cuanto a producción de materia seca con la Morera (*Morus alba*), estudiado por Polo (2001) al realizar cortes cada 8, 12 y 16 semanas con 2 430, 3 300 y 5 800 kg /ha.

Cuadro 2. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época lluviosa. 1/fracción vegetal: hojas.

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	1 644	1 302	1 473 d
8	5 207	3 907	4 557 c
12	8 250	7 067	7 659 b
16	11 850	15 100	13 475 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($P < 0.01$) según la prueba de Duncan.

En las porciones de tallos se halló diferencia altamente significativa en el rendimiento de materia seca ($p < 0.01$), presentándose aumentos considerables a medida que aumentaron las frecuencias de cortes, evidenciándose mayores porcentajes a los tres (13%) y cuatro (15%) meses de corte y rendimientos de 1 100 y 2 385 kg de materia seca/ha, respectivamente. En los resultados presentados en el Cuadro 3 es posible deducir que, a medida que aumenta la frecuencia de corte, el peso seco total aumenta, lo cual se podría asociar a un mayor tiempo de recuperación de la planta para que produzca suficiente biomasa. Razz et al. (1992) señalan que en la *Leucaena* la frecuencia de defoliación puede modificar significativamente la estructura de la planta. En resumen, se observó que, a medida que se incrementa la edad de la planta, aumenta la producción de los tallos. Se presentó una menor producción de tallos que en la Morera (*Morus alba*) que presentó rendimientos de materia seca en los tallos a los 8, 12 y 16 semanas con 630, 1 980 y 5 400 kg/ha (Polo, 2001).

Cuadro 3. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época lluviosa. 1/fracción vegetal: tallo

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	150	160	155 d
8	500	550	525 c
12	1 050	1 150	1 100 b
16	2 200	2 570	2 385 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($p < 0.01$) según la prueba de Duncan.

En la época seca se obtuvieron los rendimientos más bajos de biomasa ($p < 0.01$), para todas las fracciones vegetales en los dos años de este estudio, y comparados con los del periodo lluvioso. Con relación a la fracción vegetal hoja – tallo, los rendimientos anuales mayores se produjeron con la frecuencia de corte de 16 semanas de rebrote con 4 928 y 5 914 kg de materia seca/ha, en el año 2007 y 2008, respectivamente (Cuadro 4). Estos resultados evidencian superioridad en producción de biomasa con la leguminosa forrajera *Arachis pintoi* CIAT 6780 cuyos rendimientos de materia seca a frecuencias de corte de 60 y 90 días fueron de 2 309 y 2 370 kg de materia seca/ha, y bajo fertilización fosfatada, en el sector Este de la República de Panamá (Polo, 2000).

Cuadro 4. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época seca. 1/fracción vegetal: hoja +tallo

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	2 123	2 547	2 335 d
8	3 288	3 946	3 617 c
12	3 845	4 614	4 229 b
16	4 928	5 914	5 421 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($p < 0.01$) según la prueba de Duncan.

El contenido de hojas en todas las frecuencias de corte estudiadas fue de 90% (Cuadro 5), evidenciándose una superioridad de producción de dicha fracción con la *Thitonia diversifolia* que presentó rendimiento realizando cortes cada 8, 12 y 16 semanas de 1 769, 3 204 y 4 107 kg de materia seca/ha, y altura de 0.60 cm (Polo, 2009). La producción que se observó en este trabajo fue superior a la que se encontró en la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* con 1 550, 2 678 y 3 398 kg de materia seca/ha, para las edades de corte de 8, 12 y 16 semanas, respectivamente (Polo, 2005).

Cuadro 5. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época seca. 1/ fracción vegetal: hojas

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	1 911	2 292	2 102 d
8	2 959	3 551	3 255 c
12	3 461	4 153	3 807 b
16	4 435	5 323	4 879 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($p < 0.01$) según la prueba de Duncan.

El contenido de tallo fue de tan solo 10% en todas las frecuencias de corte estudiadas para los dos años de evaluación. A medida que aumentaban las frecuencias de corte se evidenciaba un aumento significativo ($p < 0.01$) en el volumen de tallos, encontrándose su mayor concentración al cortar a las 16 semanas de edad con 493 y 591 kg de materia seca/ha, en los años 2007 y 2008, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Influencia de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca de la *Tithonia diversifolia*, en la época seca. 1/ fracción vegetal: tallo

Frecuencia de corte (semanas)	Años		Promedio
	2007	2008	
4	212	255	234 d
8	329	395	362 c
12	384	461	423 b
16	493	591	542 a

1/Valores seguidos de una misma letra no difieren significativamente ($p < 0.01$) según la prueba de Duncan.

Valor nutritivo

Para que un arbusto sea calificado como forrajero debe reunir ventajas, tanto en términos nutricionales como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En el Cuadro 7 se presentan los valores de concentración de proteína bruta influenciada por la época y la frecuencia de corte de *Thitonia diversifolia* y sus respectivas fracciones vegetales. Se notó una influencia significativa ($p < 0.05$), en la época seca como en la lluviosa, en el contenido de proteína bruta, con los valores más altos en la porción Hojas a las 4 y 8 semanas de corte y con una disminución en la medida que aumentaba la frecuencia de poda. El contenido proteico de la *Thitonia diversifolia* fue sostenidamente muy alto, con respecto a las fracciones vegetales y las frecuencias de poda estudiadas.

Cuadro 7. Influencia de la frecuencia de corte y la época del año en el contenido de proteína de la *Tithonia diversifolia* (2007-2008).

Fracción vegetal	Frecuencia de corte (semanas)							
	4		8		12		16	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Época lluviosa Hoja + tallo	23,92	24,00	22,16	21,90	17,22	17,50	14,84	12,11
Hojas	26,54	25,00	24,50	24,69	20,58	21,00	18,50	18,15
Tallo	15,00	15,10	12,55	11,30	8,10	7,89	6,40	6,50
Época seca Hoja + tallo	11,90	12,00	10,00	9,46	8,30	8,23	6,50	6,44
Hojas	16,20	16,40	13,30	13,00	12,33	12,40	9,20	9,10
Tallo	7,00	7,10	6,50	6,20	5,60	5,43	5,00	4,90

Se presentó una influencia significativa tanto en la época lluviosa ($p < 0.05$) como en la seca ($p < 0.05$) en el contenido de calcio y fósforo, en todas las fracciones que se estudiaron. Los valores más altos se obtuvieron para las cuatro semanas de poda, siendo estos considerados como rangos buenos para la época lluviosa en la clasificación del valor nutritivo de los forrajes (Funge y Fraps, 1974) (Cuadro 8 y 9).

Cuadro 8. Influencia de la frecuencia de corte y la época del año en el contenido de calcio y fosforo de la *Tithonia diversifolia*, en la época lluviosa (2007-2008).

Fracción vegetal	Frecuencia de corte (semanas)							
	4		8		12		16	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
hoja + tallo (calcio)	3,15	3,08	2,80	2,78	2,55	2,50	1,90	1,99
hoja + tallo (fósforo)	0,29	0,30	0,36	0,33	0,32	0,28	0,25	0,22
hojas (calcio)	2,55	2,52	2,40	2,43	1,96	1,92	1,60	1,63
hojas (fósforo)	0,39	0,35	0,33	0,31	0,31	0,33	0,28	0,25
tallo (calcio)	2,30	2,32	2,14	2,13	1,73	1,70	1,55	1,50
tallo (fósforo)	0,28	0,27	0,23	0,24	0,20	0,21	0,19	0,18

Los contenidos de calcio y fósforo expresados como porcentaje de la materia seca disminuían a medida que aumentaban las frecuencias de corte de la planta de *Tithonia diversifolia* encontrándose valores de 3,15 a 1,90% (hoja + tallo), 2,55 a 1,60% (hojas) y 2,30 a 1,50% (tallos) para el calcio y, de 0,30 a 0,22% (hoja + tallo), 2,55 a 1,60% (hoja) y 0,28 a 0,18% para el fósforo durante la época lluviosa (Cuadro 8).

Para la época seca se encontraron valores de 2,25 a 1,60% (hoja + tallo), 2,32 a 1,45% (hojas) y 1,88 a 1,43% (tallos) para el calcio y, de 0,24 a 0,13% (hoja + tallo), 0,29 a 0,16% (hoja) y 0,18 a 0,13% para el fósforo (Cuadro 8).

Cuadro 9. Influencia de la frecuencia de corte y la época del año en el contenido de calcio y fosforo de la *Tithonia diversifolia*, en la época seca (2007-2008).

Fracción vegetal	Frecuencia de corte (semanas)							
	4		8		12		16	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Época seca hoja + tallo (calcio)	2,20	2,25	2,00	1,90	1,83	1,80	1,60	1,63
Hoja + tallo (fósforo)	0,25	0,24	0,19	0,17	0,15	0,15	0,14	0,13
Hojas (calcio)	2,30	2,32	2,15	2,10	1,60	1,55	1,48	1,45
Hojas (fósforo)	0,29	0,25	0,23	0,21	0,19	0,18	0,16	0,17
Tallo (calcio)	1,90	1,88	1,74	1,68	1,60	1,59	1,46	1,43
Tallo (fósforo)	0,18	0,16	0,17	0,15	0,14	0,13	0,11	0,13

CONCLUSIÓN

- Bajo las condiciones del suelo de la localidad de Tocumen la *Tithonia diversifolia* respondió en producción de materia seca a las diferentes frecuencias de cortes estudiadas, tanto en la época lluviosa y como en la seca.
- El incremento de materia seca fue muy marcado en las frecuencias de corte a las 12 y 16 semanas en todas las fracciones vegetales estudiadas y en las dos épocas climáticas estudiadas.
- Las frecuencias de corte en las fracciones de corte estudiadas afectaron el contenido de nutricional de la materia seca de *Tithonia diversifolia*.
- Los mayores contenidos de proteína en la materia seca se obtuvieron a las 4 y 8 semanas de poda, tanto en la época lluviosa, como en la seca, en todas las fracciones vegetales estudiadas.
- Los contenidos de calcio y fósforo en la materia seca de *Tithonia diversifolia* fueron disminuyendo en la medida que aumentaban las frecuencias de corte en todas las fracciones vegetales estudiadas.

RECOMENDACIÓN

Para que la *Tithonia diversifolia* tenga permanencia en el tiempo, de acuerdo con los resultados de este experimento, se recomienda realizar las podas entre las 8 y 12 semanas de rebrote, donde el forraje se encontrará con los mayores contenidos de nutrientes. Además, contará con una buena productividad de biomasa en cualquier tipo de fracción vegetal que se utilice, tanto en la época lluviosa, como en la seca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fudge, J. F; Fraps, G.S. (1974). The chemical compositions of forage grasses from the Gulf Coast prairie as related to soil and to requirement for range cattle. Texas Agr. Exp. Sta. Bull. 644, Collage Station, Texas. E.U.A., 1974
- Gómez, M.E.; Murgueitio, E. (1991). Efecto de la altura de corte sobre la producción de biomasa de nacedero (*Trichantera gigantea*). Livestock Research for Rural Development. CIPAV (Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria). Volumen 3, N°3. Disponible: www.cipav.org.co/lrrd/lrrd3/3/me.htm
- Hernández, I.; Milera, M.; Simón, L.; Hernández, D.; Iglesias, J.; Lamela, L.; Toral, O.; Matías, C.; Y Geraldine, F. (1998). Avances en las investigaciones en sistemas silvopastoriles en Cuba. Conferencia electrónica de la FAO- CIPAV sobre agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Artículo N° 4. <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/agrofor1/hernand4.htm>
- IDIAP (2000). Resultados de los Proyectos de Investigación y Transferencia de Tecnología en el Manejo Integrado de Los Sistemas de Producción Pecuaria. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental. Estación Experimental de Gualaca.
- Londoño C, Juan, Mahecha L, Liliana, & Angulo A, Joaquín. (2019). Desempeño agronómico y valor nutritivo de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A Gray para la alimentación de bovinos. Revista colombiana de ciencia animal recia, 11(1), 28-41. <https://doi.org/10.24188/recia.v11.n1.2019.693>
- Mejía-Díaz, E., Mahecha-Ledesma, L., & Angulo-Arizala, J. (2016). *Tithonia diversifolia*: specie for grazing in silvopastoral systems and methods for estimating consumption. Agronomía Mesoamericana, 28(1), 289-302. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22673>
- Navarro F. y Rodríguez E. F. (1990). Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl y Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.
- Pérez, A, Montejo, I, Iglesias, J.M, López, O, Martín, G.J, García, D.E, Milián, Idolkis, & Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes, 32(1), 1.

Recuperado en 07 de octubre de 2021, de
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942009000100001&lng=es&tlng=es.

- Polo, E. (2001). La Morera (*Morus alba*). Forraje de alta producción y valor nutricional. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Plegable.
- Polo, E. (2005). Aspectos productivos y cualitativos de *Cratylia argentea* (Desveaux) O. Kuntze a diferentes alturas e intervalos de corte. Instituto Pro-Mejoramiento de la Ganadería (PROMEGA). Universidad de Panamá. Revista PROMEGA. 2: 4-5.
- Polo, E. (2000). Efecto de la fertilización fosfatada en la producción de materia seca, composición química y tres intervalos de corte en *Arachis pintoi* CIAT 17434. Informes Técnicos Pecuarios 1994 – 1995. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) pp. 43-48.
- Polo, E. (2009). Efecto de la altura y épocas de corte sobre la producción y calidad de biomasa de nacedero (*Trichantera gigantea* (H. & B.) Nees. En: Memorias del VII Taller Internacional Silvopastoril en Cuba. Estación Experimental Indio Hatuey. 117-122 pp. 1 disco compacto 4.7GB.
- Razz, R.; González, J.; Faria, D. y Esparza N. (1992). Efecto de la frecuencia e intensidad de defoliación sobre el rendimiento de materia seca de la *Leucaena leucocephala*. En: Memorias de la Reunión de investigación pecuaria en México. INFAP-SARH-FMVZ. México. DF. 6 pp.
- Ríos, C. I. (1997). Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray en Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. 2da edición. Colciencias – CIPAV.
- Ríos, C. I. (2002). Guía para el cultivo y aprovechamiento del Botón de Oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. Bogotá-Colombia: Convenio Andrés Bello. N° 104, 41 p.
- Rodríguez, L. (1997). Género *Erythrina*. En Árboles y arbustos forrajeros utilizados en alimentación animal como fuente proteica. Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria. pp. 115-126.