



Revista Semilla del Este



Centro Regional Universitario Panamá Este



REVISTA ESPECIALIZADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Vol.3 (1) octubre 2022 - marzo 2023/ ISSN L: 2710-7469

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este
semilladeleste@up.ac.pa



Revista Semilla del Este

Vol. 3 (1)

Octubre 2022 a Marzo 2023

ISSN L: 2710-7469

PUBLICACIÓN SEMESTRAL

https://revistas.up.ac.pa/index.php/semilla_este

**AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ**

Dr. Eduardo Flores Castro

Rector

Dr. José Emilio Moreno

Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez

Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Arnold Muñoz

Vicerrector Administrativo

Mgter. Mayanin Rodríguez

Vicerrectora de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Ricardo Him

Vicerrector de Extensión

Mgter. Ricardo A. Parker

Secretario General

Mgter. José Luis Solís

Director General de los Centros Regionales Universitarios

Directores de la Revista

Dra. Marta Sánchez de Peralta. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Panamá Este, Facultad de Ciencias de la Educación. Panamá.
marta.sanchezp@up.ac.pa martadeperalta@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-3705-5393>

Magíster Roberto Carrizo. Universidad de Panamá, Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad. Panamá.

roberto.carrizo@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-6516-0011>

Editor Jefe de la Revista

Dr. Rubén Collantes. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá
rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Comité Científico

Magíster Aaron Conte. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Aguas. Panamá.

aaron.conte@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2862-6139>

Magíster José Saldaña. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Panamá Este, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá.

jcs2516@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1431-1697>

Magíster Gina Arenas. Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario Panamá Este, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá.

ginaarenas07@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-3105-0548>

Magíster Gertrudis G. de Márquez. Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Departamento de Español. Panamá.

gertrismaz@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0001-6085-2940>

Magíster Lourdes Araúz. Universidad de Panamá, Facultad de Humanidades, Departamento de Inglés. Panamá.

lourdes.arauz@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9797-7293>

Administración y Gestión

Magíster Dalys Tamayo. Universidad Especializada de las Américas, Facultad de Educación Social y Desarrollo Humano, Departamento de Lenguas. Panamá.

dalys.tamayo.8@udelas.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-3962-4307>

Licenciada Maleyka Carson. Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales y exactas, Departamento de Biología. Panamá.

maleyka.carson@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-5612-3091>

Magíster Cindy Esquivel. Universidad de Panamá, Facultad de Informática Electrónica y Comunicación, Departamento de Informática. Panamá.

cindy.esquivel@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-7955-9728>

Magíster Rogelio Smith. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario Panamá Este. Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad. Panamá.

rogelio.smith@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-1178-5336>

Magíster Otilia Mendoza. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario Panamá Este. Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad. Panamá.

otilia.mendoza@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4788-8903>

Licenciada Verónica Víquez. Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario Panamá Este. Facultad de Administración de Empresas y Contabilidad. Panamá.

veronica.viquez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-2659-2601>

Secretaría Técnica

Ingeniero Alexander Santana. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

alexander.santana@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0455-0996>

Licenciada Zaira Delgado. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

zaira.delgado@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0634-714X>

Dr. Francisco Farnum Castro. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

francisco.farnum@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-5879-2296>

Ingeniero Edgar J. Pérez. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

edgar.perezr@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0466-001X>

Licenciada María Guevara. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

maria-dc.guevara-m@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-7058-8669>

Dra(c). Damaris V. Tejedor-De León. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

damaris.tejador@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4350-196X>

Licenciada Darlenys Morales. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.

darlenys-n.morales-g@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-0998-9084>

Editorial

La Revista Semilla del Este, del Centro Regional Universitario Panamá Este, es una publicación científica especializada en Gestión Ambiental. La importancia de esta dimensión es transversal a prácticamente todo el quehacer humano; lo cual está contemplado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Como parte del compromiso con la sociedad, hombres y mujeres de ciencia realizan constantemente la labor de investigar e innovar en diferentes líneas de trabajo; siendo los medios de publicación científica uno de los principales recursos que están al servicio de tan ilustre grupo humano, para compartir conocimientos y hacer docencia social.

En este tercer volumen, primer número, se cuenta con un total de 11 trabajos, desarrollados por investigadores destacados y estudiantes universitarios, dentro y fuera del territorio nacional. Los temas abordados van desde el manejo de desechos plásticos, aprovechamiento de residuos orgánicos y energías renovables, biodiversidad funcional y manejo responsable de plagas, los factores que limitan la producción de rubros estratégicos, entre otros.

Se exhorta cordialmente a la lectura del presente número, el cual esperamos sea de interés.



Ph. D. Rubén D. Collantes G.

Editor Jefe, Revista Semilla del Este

INDICE

LEAF BEETLES (CHRYSOMELIDAE) RICHNESS AND ABUNDANCE IN SAN LORENZO PROTECTOR TROPICAL RAINFOREST REMNANT, PANAMA	8
ENERGÍAS RENOVABLES: ALTERNATIVAS PARA EL SECTOR AGROPECUARIO EN PANAMÁ.....	43
PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE BIOMASA DE LA MORERA (<i>MORUS ALBA</i>) BAJO TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA Y FRECUENCIAS DE PODA.....	66
AFINIDAD MORFOMÉTRICA EN LA TRIBU COCCINELLINI (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) DE LA COSTA PERUANA.....	76
PRIMER REGISTRO PARA PANAMÁ DE LA AVISPA <i>HYMENOEPIMECIS ARGYRAPHAGA</i> (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) PARASITANDO ARAÑAS <i>LEUCAUGE ARGYRA</i> Y <i>L. VENUSTA</i> (ARACHNIDA: TETRAGNATHIDAE).....	85
INFLUENCIA DE SUSTRATOS ORGÁNICOS, SOBRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE <i>PHASEOLUS VULGARIS</i> L.	103
EFFECTO FITOTÓXICO DE EXTRACTOS DILUIDOS DE ABONOS ORGÁNICOS EN SEMILLAS DE LECHUGA.....	114
ASLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS CON CAPACIDAD ENTOMOPATÓGENA EN EL CULTIVO DE YUCA CONTRA EL CHINCHE <i>CYRTOMENUS BERGI</i> , FROESCHNER (CYDNIDAE) EN LAS PROVINCIAS DE COCLÉ Y HERRERA.....	127
ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA EN ALANJE Y PROGRESO, CHIRIQUÍ, PANAMÁ.....	144
MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL DISTRITO DE ALANJE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ.....	151
EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE TRAMPAS PARA MONITOREO Y CONTROL DE <i>COSMOPOLITES SORDIDUS</i> Y <i>METAMASIUS HEMIPTERUS</i> (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN CULTIVOS DE PLÁTANO EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ	161

LEAF BEETLES (CHRYSOMELIDAE) RICHNESS AND ABUNDANCE IN SAN LORENZO PROTECTOR TROPICAL RAINFOREST REMNANT, PANAMA

RIQUEZA Y ABUNDANCIA DE ESCARABAJOS DE LAS HOJAS (CHRYSOMELIDAE) EN UN REMANENTE BOSCOZO EN EL BOSQUE PROTECTOR SAN LORENZO, PANAMÁ

Alfredo Lanuza-Garay¹, Lerida Chirú², Francisco Farnum-Castro³, Alonso Santos Murgas⁴, Vielka Murillo Godoy⁵

¹ Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados Graham Bell Fairchild. Panamá.

alfredo.lanusa@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

² Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón. Escuela de Biología. Panamá. leridachiruf@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9733-4183>

³ Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón. Escuela de Biología, Departamento de Botánica. Panamá. farnumcastro@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5879-2296>

⁴ Universidad de Panamá, Museo de Invertebrados Graham Bell Fairchild. Panamá.

alonso.santos@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

⁵ Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón. Escuela de Biología, Departamento de Botánica. Panamá. vielka.murillo@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-6284-4466>

Recepción: 3 de junio de 2022

Aprobación: 22 de agosto de 2022

Abstract

Chrysomelidae constitutes one of the most abundant and diverse groups of Coleoptera. As well as any other group of insects, leaf beetles respond to factors such as habitat heterogeneity. For this reason, the modification of forest structure and composition has a direct impact on the leaf beetle communities and alters their diversity. Leaf beetle species abundance, richness, and community structure were characterized and compared between three different habitat types (Late Secondary Forest, Coffee-Growing Zone, Disturbed Forest) in a forest remnant of the San Lorenzo Protector Tropical Rainforest, Panama. Samples were collected every two weeks, using three Malaise traps in each habitat over one year, from October 2015 to October 2016. In total, 72 samples (24 per trap) which contained 347 individuals of leaf beetles were collected. These were identified to 77 species, 55 genera, in 7 subfamilies of Chrysomelidae. The greatest insect abundance and species richness occurred in the Late Secondary Forest. The differences among the three habitat types on the distribution of leaf beetle assemblages is likely to correspond to the structural characteristics

of those habitats and complexity and affect leaf beetle's richness and abundance associated. However, further studies are required to determine the causes of differences in species composition among each sites.

Key Words: Tropical rainforest, habitat heterogeneity, leaf beetle communities, Achiote, Panama

Resumen

Chrysomelidae constituye uno de los grupos de Coleoptera más abundantes y diversos. Al igual que cualquier otro grupo de insectos, los escarabajos de las hojas responden a factores como la heterogeneidad del hábitat. Por ello, la modificación de la estructura y composición del bosque tiene un impacto directo sobre las comunidades de escarabajos de la hoja y altera su diversidad. La abundancia, riqueza y estructura de la comunidad de especies de escarabajos de la hoja se caracterizaron y compararon entre tres tipos de hábitat diferentes (Bosque Secundario Tardío, Zona de Cafetal, Bosque Perturbado) en un remanente de bosque dentro del Bosque Tropical Protector de San Lorenzo, Panamá. Las muestras se recolectaron cada dos semanas, utilizando tres trampas Malaise en cada hábitat durante un año, desde octubre de 2015 hasta octubre de 2016. En total, 72 muestreos (24 por trampa) se realizaron, colectándose 347 individuos de escarabajos de las hojas. Se identificaron 77 especies, 55 géneros, en 7 subfamilias de Chrysomelidae, presentándose la mayor abundancia de insectos y riqueza de especies se presentó en el Bosque Secundario Tardío. Es probable que las diferencias entre los tres tipos de hábitat en la distribución de los conjuntos de escarabajos de la hoja se correspondan con las características estructurales de esos hábitats y la complejidad, afectando la riqueza y abundancia. Sin embargo, se requieren más estudios para determinar las causas de las diferencias en la composición de especies entre cada sitio.

Palabras Clave: Bosque Tropical, Heterogeneidad de hábitat, comunidad de escarabajos de las hojas, Achiote, Panamá

INTRODUCTION

Tropical forests host most of the Earth's plant species and simultaneously drive the insects' abundance and species richness. Several factors can affect the structure and diversity of insects (biotic and abiotic conditions, dispersal behavior, anthropogenic changes, habitat size and resource acquisition and quality) (Schowalter 2006). One of those factors is habitat heterogeneity which is subject to environmental variables such as the composition of plants (Teles et al. 2019); for herbivorous insects, plants diversity is crucial (Jolivet 1988; Novotny et al. 1999; Farnum & Murillo 2019).

A group of insects whose diversity and richness are tightly linked to plant diversity is Chrysomelidae, one of the most abundant and diverse groups of Coleoptera, commonly known as leaf beetles, with around 36000 described species grouped in 12 subfamilies and with over 2000 genera (Bouchard et al. 2017).

As a group, the leaf beetles show strong associations with their host plants (Mitter et al. 1991; Ambruster 1992; Jolivet & Hawkeswood 1995) and respond to factors such as the

quality of the environment and habitat heterogeneity (structure of the habitat and vegetable composition) (Teles et al. 2019). Chrysomelidae are mainly phytophagous, feeding primarily on leaves (Bieńkowski 2010) but also fruits (Janzen & Nishida 2016), roots (Pokon et al. 2005) seeds (Johnson 1983, Romero-Nápoles et al. 1996), flowers (Bieńkowski 2010) herbaceous stalks and shrubs (Teles et al. 2019).

Their phytophagous nature means they have a very close relationship with the composition and floristic diversity of a habitat which may influence the insects' vertical stratification (Kirnse & Chaboo 2018) and spatio-temporal diversity (Basset et al. 2003; Baselga & Jiménez-Valverde 2007; Charles & Basset 2005; Kuchenbecker et al. 2021; Rěhounek 2002; Şen & Gök 2009). Hence, the modification of their forest has a direct impact on the leaf beetle communities and alters their richness and abundance (Richards & Coley 2007; Wasowska 2004).

This study aimed at characterizing the richness and abundance of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in a portion of tropical rainforest and comparing them among three different habitat types. Previous studies (Wagner 2000; Ohsawa & Nagaike 2006; Thormann et al. 2016; Teles et al. 2019) have shown that the habitat type contributed to the dynamics of Chrysomelidae, as well as the richness of species at the sites in which their research was conducted.

MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in the San Lorenzo Protector Forest, Panama, over a 1-year period, October 2015 to October 2016, under permit SE/A-3-2015 and SE/A-4-2016 from Ministerio de Ambiente de Panamá.

Study Area

The San Lorenzo Protector Forest is one of the most important protected areas in the Caribbean side of Panama (Centro de Estudios y Acción Social Panameño 2006). El Trogon trail (9°11'52"N, 79°58'47"W) is a portion of Tropical Moist Forest, located on Achiote road (Chagres district), in the south part (Fig. 1). Two trails, which together consisted of 950 m, traversed the area sampled in this study.



Figure 1. Location of the Chagres district; the arrow and star symbol marks the area of study. Source: Own data (2020).

The first trail was characterized by the absence of slopes and comprised 600 m. The second trail's area consisted of 350 m with a + 30 ° slope (Centro de Estudios y Acción Social Panameño 2006). Herein we describe each one of the habitats studied in this research:

Habitat descriptions

- i. Late Secondary Forest (Fig. 2A): it's an 80 years old forest composed of trees reaching 25 m in height or higher, where plants grow such as the Royal Palm (Arecaceae: *Attalea butyracea* (Mutis ex L.f.) Wess.Boer), Yellow Mombin (Anacardiaceae: *Spondias mombin* L.), Guácimo (Malvaceae: *Guazuma ulmifolia* Lam.), Indio Desnudo (Burseraceae: *Bursera simaruba* (L.) Sarg.) and Tachuelo (Rutaceae: *Zanthoxylum ekmanii* (Urb.) Alain). The shrubs layer consists of palms as Pacaya (Arecaceae: *Chamaerodera tepejilote* Liebm. ex Mart. whereas the ground layer is covered by ferns (Pterydaceae: *Pityrogramma calomelanos* (L.) Link). Herbaceous vines and woody lianas are abundant, meanwhile herbaceous coverage was sparse and less diverse. It shows a dense canopy cover, a shady understory (0.4416 ± 0.1059 lux) and a substantial number of understory trees with a considerable amount of deadwood as well.
- ii. Coffee-Growing Zone (Fig. 2B): a small coffee plantation (Rubiaceae: *Coffea canephora* L.) and other crops such as bananas (Musaceae: *Musa sapientum* L. and *Musa paradisiaca* L.) showed an opened canopy without shade (20.18 ± 1.1685 lux). The area was used as a banana-growing farm between 1938 and 1953 and then for coffee cultivation in the 1990s. The ground layer is covered by herbs such

as Milkweed (Euphorbiaceae: *Chamaesyce hirta* (L.) Millsp.), Hierba de Toro (Asteraceae: *Tridax procumbens* L.) and Pega-Pega (Amaranthaceae: *Achyranthes aspera* L.).

- iii. Disturbed Forest (Fig. 2C): signs of human activities could be observed, such as the construction of Achiote internal road section near the forest, the vegetation included medium-size trees such as caimito (Sapotaceae: *Chrysophyllum cainito* L.), Balso (Malvaceae: *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb.) some shrubs such as plantain (Musaceae: *Musa*), Cow Itch (Urticaceae: *Myriocarpa longipes* Liebm.) numerous herbaceous plants such as *Calathea* (Marantaceae), *Heliconia* (Heliconiaceae), Pokeberry (Phytolaccaceae: *Phytolacca rivinoides* Kunth & C.D.Bouché) and ferns (Tectaraceae: *Tectaria incisa* Cav., Lygopodaceae: *Lygodium venustum* Sw., and *P. calomelanos*). Its canopy showed some gaps (luminosity level near 17.75 ± 0.8966 lux) due to the road construction activities near the trail.

The shaded and unshaded condition of those habitats was measured with a Weston Master Universal Exposure Light meter model 715.

Sampling Design

Chrysomelid samples were collected from October 2015 to October 2016. We selected three sampling sites taking into account the predominant plant association. Once the sites were delimited, we placed three terrestrial Malaise traps measured approximately 1.8 m in height and 1.2 m in width (Fig. 2D).



Figure 2. Habitats sampled and method used in this study: A) Late Secondary Forest, B) Coffee-Growing Zone, C) Disturbed Forest, D) Malaise trap in field

We monitored the trap's every 14 days (consistency of sampling was sometimes marred by occasional delays in changing bottles due to bad weather). Although Malaise traps are not generally used for collecting Chrysomelidae, this method can be very productive (Flowers & Hanson 2003; Furth et al. 2003). Beetle samples are deposited at the Insect Collection of the Biology School of Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colon, where samples were separated, assembled, and labeled with the corresponding information. Also, we made floristic assessments (species list) in our sampling sites following the methodology proposed by Mendieta & Farnum (2012) (Appendix 1).

The material collected was identified to the generic-specific level, through the use of keys available, and specialized bibliography (summarized in Van Roie et al. 2019 (Chrysomelidae s. str.); Windsor et al. 1992; Morrison & Windsor 2017 (Cassidinae); Flowers 2004; Maes et al. 2016; Benítez-García *et al.* 2017 (Chrysomelinae); Vencl 2004 (Criocerinae); Flowers, 1996; Jolivet & Verma 2008; Moseyko et al. 2013 (Eumolpinae); Derunkov et al. 2015; Rodrigues & Mermudes 2016 (Galerucinae-Luperini); Scherer 1962, 1983; Furth 1996, 2006, 2017, 2019 (Galerucinae-Alticini); Sekerka 2014; Staines & Garcia-Robledo 2014 (Hispiinae); Jacoby 1878; Monrós 1956, 1958 (Lamprosomatinae). Provisional Tortoise and Hispine beetle's genera and species identifications were made using the online Borowiec & Świętojańska (2021) photographic catalog of Cassidinae of the World and online Staines

(2015) photographic catalog of Hispines of the World. Some information included here have been published (Lanuza-Garay et al. 2020).

In cases where specimens showed some sexual dimorphism, we revisited the works of Mohamedsaid & Furth (2011) and Prado (2013) and compared the beetles collected with local insect collections of the School of Biology at the Centro Regional Universitario de Colón (CRUC), the Graham Bell Fairchild Museum of Invertebrates of Universidad de Panamá (MIUP), and Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). We follow the Bouchard et al. (2011) taxonomic classification of Chrysomelidae includes the Bruchidae family as a subfamily.

Data Analysis

The Chrysomelidae assemblage we sampled was characterized regarding the number of individuals (abundance) and species (richness) collected. We then categorized our sampled species into classes according to Teles et al. (2019): [1] singleton (only one specimen), [2] doubleton (two specimens) [3] rare (3 to 10 specimens), [4] common (11 to 30 specimens) and [5] very common (more than 30 specimens). Regarding the species richness, we used the number of species collected from each habitat type. To express the dominance of beetle communities, abundance range curves were plotted by habitat type codifying each species, aided with GraphPad Prism 8 (Graphpad Software, 2020), where the level of curvature, whether more horizontally or vertical, indicates the similarity or dominance of specific communities

In addition, we performed species accumulation curves to estimate the effectiveness of the samplings by habitat type. These curves were made using the “Sobs” value, based on the number of individuals captured using the *Estimates 9.01* statistical package, selecting 100 randomizations (Colwell 2013). Also, leaf beetle communities in the studied sites were compared using the parameters of species composition and total abundance.

Results

In the one-year sampling period, we collected 72 Malaise trap samples (24 per trap) which contained 347 individuals of Chrysomelidae. They were identified to 77 species, 56 genera in 7 subfamilies (Table 1)

Relative abundance

Throughout the study 347 specimens of Chrysomelidae were collected in three habitats (Late Secondary Forest = 215 individuals, $X = 2.19$, $\sigma = 6.420259608$; Coffee-Growing Zone = 88 individuals, $X = 1.0114$, $\sigma = 8,85820728$; Disturbed Forest = 44 individuals, $X = 0.5057$, $\sigma = 3.797772627$) (Fig. 3) within this forest remnant, belonging to a total of 10 subfamilies, where three of them have greater frequency representativeness: Galerucinae (271 ind. = 77 %), Cassidinae (37 ind. = 11 %) and Eumolpinae (27 ind. = 9 %) (Fig. 4f).

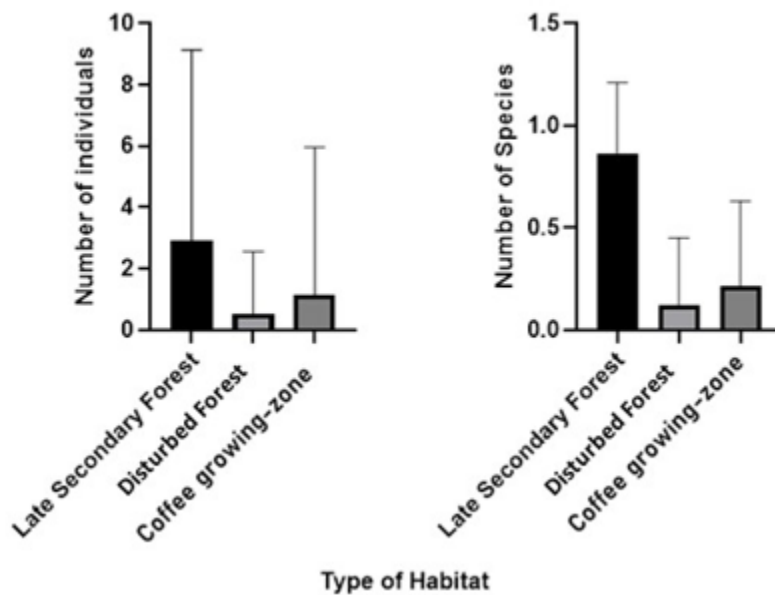


Figure 3. Number of individuals and species for Chrysomelidae communities in different habitat types (Mean \pm standard deviation).

On the other hand, when documenting the fauna composition (abundance and richness) of species present in the different plant associations, a total of 78 species are registered, 65 of them distributed in the Late Secondary Forest, followed by the Coffee-Growing Zone with 20 species and finally the Disturbed Forest with 9 species, among them, 10 species were found in more than one habitat type (Table 1), where Galerucinae was present in all studied sites. In total, only 5 species comprised more than 10 individuals (6.6%), while 60.5 % of species were singletons ($n = 46$), 14.4% were doubletons ($n = 11$) and 18.4% were rare ($n=14$).

Among the latter, *Diabrotica* Chevrolat in Dejean, 1836 (157 individuals = 41%), *Eccoptopsis* Blake, 1966 (37 individuals = 10%) (Galerucinae: Luperini), *Systema* Chevrolat in Dejean, 1836 (26 individuals = 7%) (Galerucinae: Alticini) and *Rhabdopterus* Lefèvre 1885 (26 individual=7%) (Eumolpinae: Eumolpini) are the most representative in the study (Fig. 4e); *Diabrotica mitteri* (M22), was the most abundant species in all study sites (together with M20)(Fig. 4a) and the Late Secondary Forest habitat with 20% of the observed species (Fig. 4b), whilst *Diabrotica godmani* (M20) was in the coffee-growing zone with 40% (Fig. 4c); for its part, *Systema variabilis* (M58) contributed to 33% of the species observed in the disturbed forest habitat (Fig.4d).

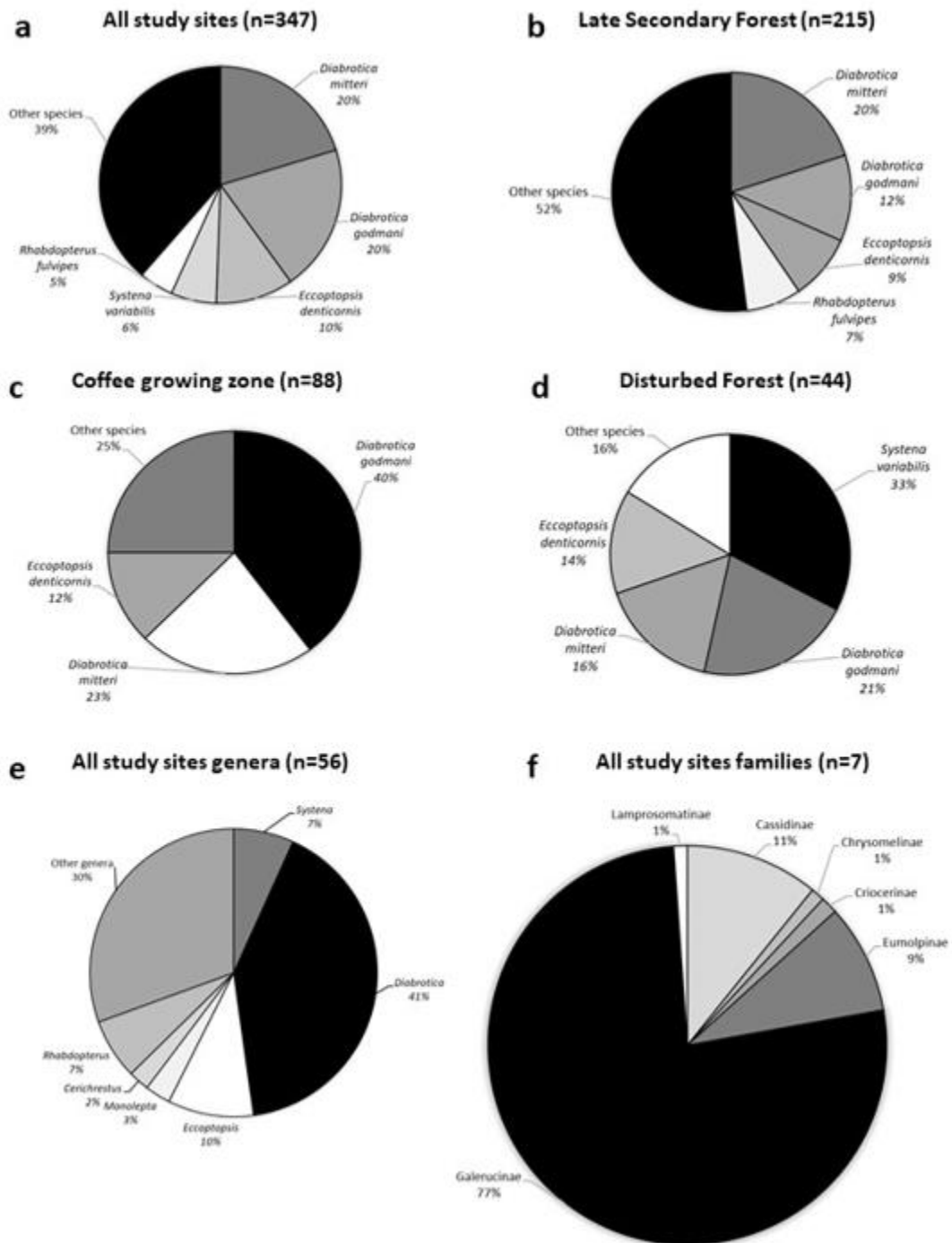


Figure 4. Community structure of Chrysomelidae taken in Malaise traps at Trogon trail, shown as percentages of individuals. **a.** All study sites; **b.** Late secondary forest; **c.** Coffee-growing zone; **d.** Disturbed forest; **e.** all genera treated; **f.** all families treated. Subfamilies such as Bruchinae that present less than 1% not shown.

The abundance range curves show different patterns (Fig. 5A–C). Coffee-Growing Zone and the Disturbed Forest have curves downward, indicating that both were dominated by few species. In contrast, Late Secondary Forest produced more abundant and rare species, in addition to singletons and doubletons. In the same way, species richness is significantly different between habitats, based on confidence interval curves, when the same number of individuals are considered (Fig. 5D). The Late Secondary Forest contributes a greater number of species; however, it has not managed to reach the asymptotic curve during the study, suggesting a high community diversity of leaf beetles in this remnant of forest, predictable by the large number of unique and rare species in the sample.

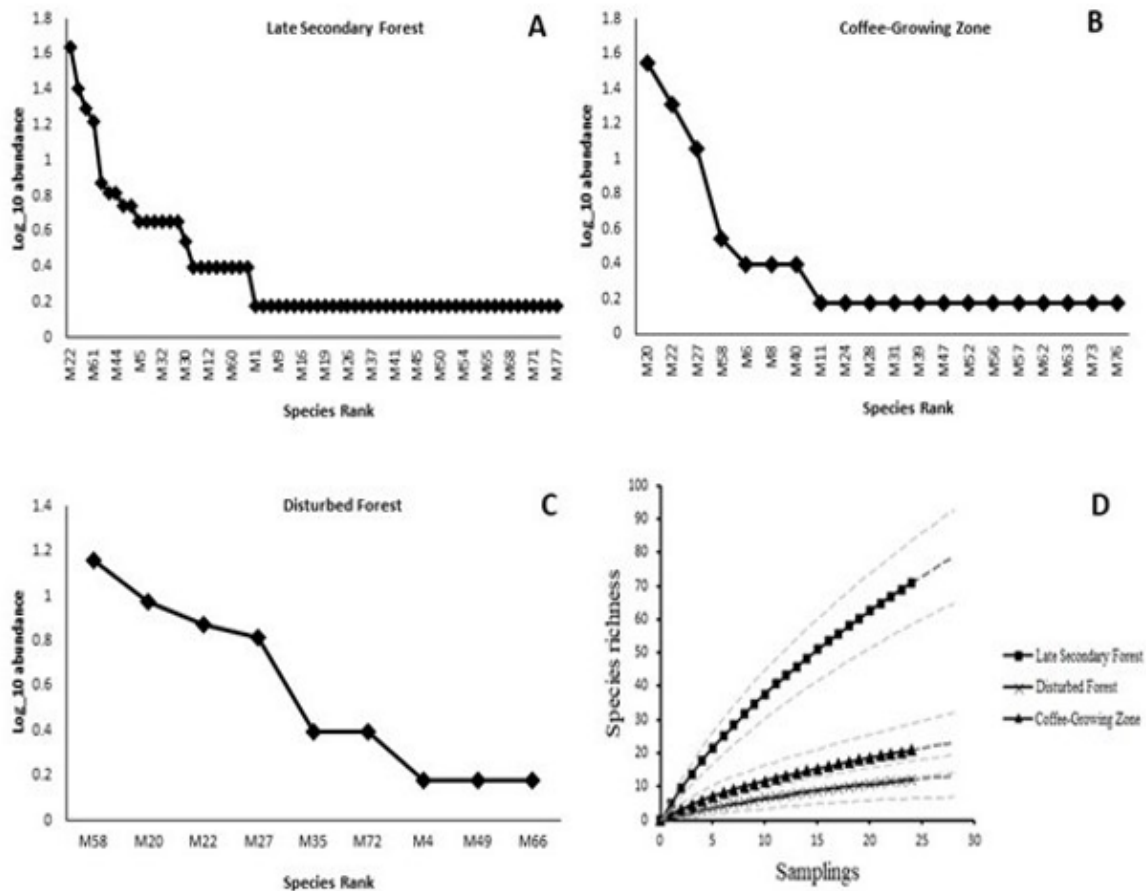


Figure 5. A–C. Rank-abundance of Chrysomelidae communities in three habitats in a tropical rainforest remnant, D. Cumulative species curve based on the number of individuals collected in habitat types. Note: The dotted lines represent the confidence interval limit (95%) for the estimated number of species. The interrupted lines following the solid lines represent extrapolations (24 + 4 samples).

DISCUSSION

This research shows that 84% of the species composition is found in the Late Secondary Forest when compared to the other types of habitat studied here. The differences among the

three habitat types on the distribution of leaf beetle assemblages is likely to correspond to the structural characteristics of those habitats and complexity (plant diversity, forest maturity, canopy coverage, height and light exposure) (Basset et al. 2001; Borer et al. 2012; Campos et al. 2006; de Cauwer et al. 2006; Neves et al. 2013; Novotny et al. 2006; Schowalter 2017) and affect leaf beetle's richness and abundance associated (Fig. 6). Compared with Coffee-Growing Zone and Disturbed Forest, the coverage of herbaceous in Late Secondary Forest was sparse and less diverse, dominated especially by plant species such *Heliconia* and *Calathea*, meanwhile the coverage of trees, lianas and palms are similar between both Late Secondary Forest and Disturbed Forest. When considering habitats such as Disturbed Forest, we expected that their complexity rate would be similar to the Late Secondary Forest; however, due to anthropogenic changes in recent decades, the richness of plant species has been reduced.

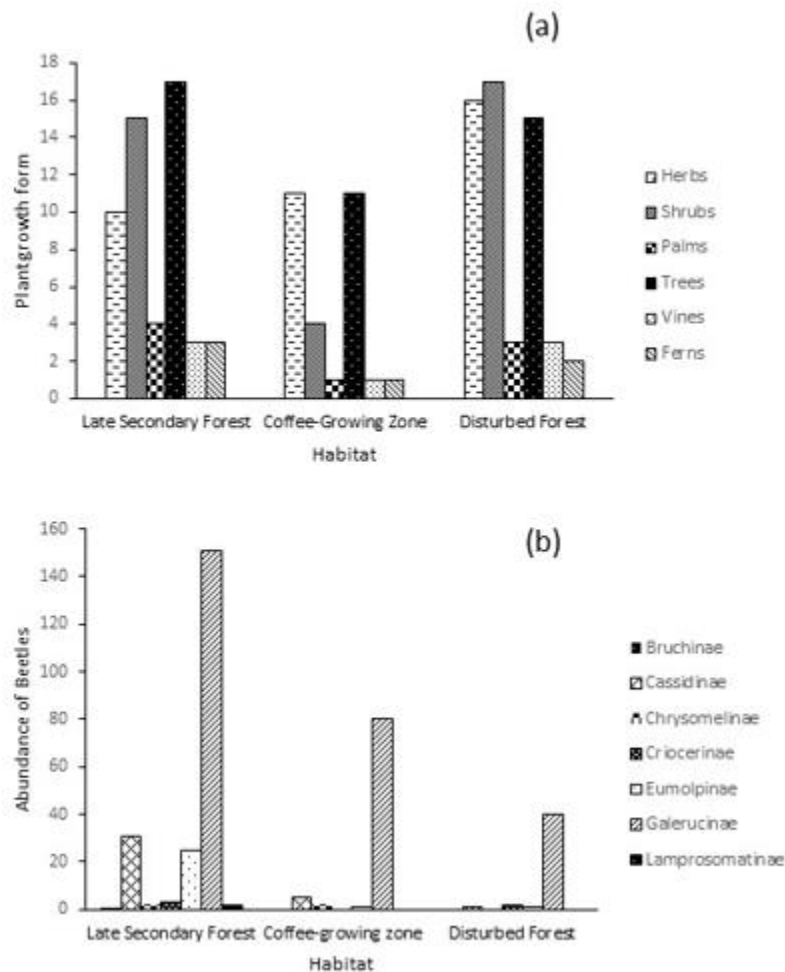


Figure 6. Leaf beetle species structure and plant growth form associated with three types of habitat in a forest remnant in Panama: (a) different plant growth forms assessed, (b) most

representative leaf beetle families sampled. In all three habitats, Galerucinae (+Alticini) are the most abundant.

The dominance of different species in different habitats may also indicate the influence of the vegetation structure on the distribution of leaf beetles, such as in the case of some species feed on plants that were distributed in more than one habitat, for example, *Acalymma separatum*, *Eccoctopsis denticornis*, *Diabrotica mitteri*, and *Diabrotica godmani* due to their polyphagic ability to feed on different plants and available plant resources, maintaining a large distribution in their habitat (Jolivet et al. 1994, Basset 2001). Nevertheless, this distinct ability is not exclusively of Galerucids—e.g. Cassidinae prefer sunny places and certain plant families such Heliconiaceae, meanwhile, Cassidinae hispines are miners associated with monocots such palms and *Heliconia* (Farrell & Mitter 1993; Novotny et al. 2000); whereas Eumolpines have subterranean larvae, so they will be richer in certain soils without pesticides (Jolivet 1988; Jolivet et al. 2014).

In the case of Flea beetles (Galerucinae: Alticini), authors such as Jolivet (1988), Williams, 1990, Konstatinov & Tishechkin (2004), and Aslan & Ayvaz (2009) indicate that these beetles have broad nutritional habits and can take advantage of non-woody stems of some plants. In addition, Alticini was the group that was more representative (= 45% of registered species of the 36 species are registered in Galerucinae) in this study because their population develops closer to the ground. However, *Monomacra* prefers aerial plants such as lianas, which promote interconnectivity between the canopy and the undergrowth (Basset et al. 2001; Basset & Samuelson 1996). In contrast, *Monolepta* prefer lianas (Flowers & Janzen 1997) and shrubby forms (Young 1988), therefore, it is valid to argue the richness and diversity of leaf beetles are influenced by the structural characteristics and complexity of this small patch of tropical forest. Nevertheless, empirical evidence of such a relationship between forest structure, plant diversity, and Chrysomelidae is rare, suggesting that further studies need to be carried out about plant composition and the structural attributes of forest remnant areas (Teles et al. 2019).

Another factor to analyze is the presence of a high number of singletons or rare species in the sample (60.5%). Although these kinds of species are common in the tropics, a large representation of insect species with low abundance may be due to collection methods (passive collection traps, such as Malaise traps, can capture many transitional species), eating habits of species, or since they are genuinely rare species (with low population levels) (Novotný & Basset, 2000). Thus, additional sampling techniques such as sweep-net sampling and beating could improve inventory efficiency.

Acknowledgment

We thank Annette Aiello (Smithsonian Tropical Research Institute) and Roberto Cambra (G. B. Fairchild Invertebrate Museum, U. P.) for access to the insect collections of both institutions; David Furth (Smithsonian National History Museum) and Shawn Clark (University of Utah) for confirmation of the species *Isotes serraticornis*; Yorielis Salazar for support with the fieldwork; Salomón Aguilar (University of Panama), Orlando Ortiz

(University of Panama) and Loraine Pérez (Universidad Autónoma de Chiriquí) for their collaboration in the identification and taxonomic elements of plants; and the Biofuture Association of Panama for the donation of the Lightning Photo Shoot Box EMART (14.0 x16.0 in) to photo-document the beetles treated in this research project. We also thanks to Roberto Alex Arroyo, Albert Thurman (Mississippi Entomological Museum, Mississippi State University), Dumas Galvez (Universidad de Panamá) and Rob Westerduijn for useful comments and review in English.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Author contributions “Conceptualization, A.L.G., F.F.C and L.C.; methodology, A.L.G. and A.S.M.; software, A.S.M.; formal analysis, A.L.G., F.F.C. and A.S.M.; collecting resources, A.L.G. and A.S.M.; specimen curation, A.L.G. and L.C.; sites characterization and plant survey, V.M.G; writing—original draft preparation, A.L.G.; writing—review and editing, A.S.M., F.F.C., L.C., V.M.G.; English translation, C.A.; supervision, A.L.G.; project administration, A.L.G., A.S.M. and F.F.C. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.”

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: The authors declare no omitted or violated any legal or ethical statement in this research.

LITERATURE CITED

- Ambruster WS. 1992. Phylogeny and the Evolution of Plant-Animal Interactions: Detailed cladograms and knowledge of ecology allow testing of new hypotheses about evolution. *Bioscience* 42 (1): 12–20. <https://doi.org/10.2307/1311623>
- Aslan EG, Ayvaz Y. 2009. Diversity of Alticinae (Coleoptera, Chrysomelidae) in Kasnak Oak Forest Nature Reserve, Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 33: 251–262. <https://doi.org/10.3906/ZOO-0806-2>
- Aslan EG, Alkan K. 2015. The Alticini (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) fauna of Davraz Mountain (Isparta): comments on host plant and altitude preference with two new records for Turkish fauna. *Turkish Journal of Zoology* 39: 488–493. <https://doi.org/10.3906/zoo-1404-15>
- Baselga A, Jiménez-Valverde A. 2007. Environmental and geographical determinants of beta diversity of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in the Iberian Peninsula. *Ecological Entomology* 32(3): 312–318. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00880.x>
- Basset Y, Samuelson GA. 1999. Ecological characteristic of the arboreal community of Chrysomelidae in Papua New Guinea. In: Jolivet PHA, Cox ML, editors. *Chrysomelidae Biology. Vol. 2: Ecological studies*. SPB Academic Publishing; Amsterdam. pp. 243–262. <https://doi.org/10.2307/2265793>

- Basset Y, Charles E, Hammond DS, Brown VK. 2001. Short-term effects of canopy openness on insect herbivores in a rain forest in Guyana. *Journal of Applied Ecology*. 38: 1045–1058 <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00660.x>
- Benítez-García B, López-Pérez S, Zaragoza-Caballero S. 2017. Sinopsis de los géneros mexicanos de Chrysomelinae (Coleoptera: Chrysomelidae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88: 335–348. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.03.026>
- Bieńkowski AO. 2010. Feeding Behavior of Leaf Beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) *Entomological Review*, Vol. 90 (1): 1–10. <https://doi.org/10.1134/S001387381001001X>
- Borer ET, Seabloom EW, Tilman D. 2012. Plant diversity controls arthropod biomass and temporal stability. *Ecology letters* 15: 1457–1464. <https://doi.org/10.1111/ele.12006>
- Borowiec L. 2006. *Syngambria panamensis*, a new species from Panama (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae: Cassidini). *Genus* 17 (3): 377–379
- Borowiec, L. & Świętojańska, J. 2002–2021. Cassidinae of the world - an interactive manual (Coleoptera: Chrysomelidae) accessed 20 June 2021. <https://www.cassidae.uni.wroc.pl/katalog%20internetowy/index.htm>
- Borowiec L, Świętojańska J. 2014. Cassidinae Gillenhal, 1813. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. *Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics (Phytophaga)*. De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 198–216. <https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Bouchard P, Bousquet Y, Davies AE, Alonso-Zarazaga MA, Lawrence JF, Lyal CHC, Newton AF, Reid CAM, Schmitt M, Ślipiński SA, Smith ABT. 2011. Family-group names in Coleoptera (Insecta). *Zookeys* 88: 1–972. <https://doi.org/10.3897/zookeys.88.807>
- Campbell JW, Hanula JL. 2007. Efficiency of malaise traps and colored pan traps for collecting flower-visiting insects from three forested ecosystems. *Journal of Insect Conservation* 11: 399–408. <https://doi.org/10.1007/s10841-006-9055-4>
- Campos RI, Vasconcelos HL, Ribeiro SP, Neves FS, Soares JP. 2006. Relationship between tree size and insect assemblages associated with *Anadenanthera macrocarpa*. *Ecography* 29: 442–450. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04520.x>
- Centro de Estudios y Acción Social Panameño (CEASPA) 2006. Sendero El Trogón. Parque Nacional San Lorenzo. 12 pp.
- Charles E, Basset Y. 2005. Vertical stratification of leaf-beetle assemblages (Coleoptera: Chrysomelidae) in two forest types in Panama. *Journal of Tropical Ecology* 21: 329–336. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002300>
- Chamorro ML. 2014. Lamprosomatinae Lacordaire, 1848. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. *Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics*

- (Phytophaga). De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 226–229.
<https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Colwell RK. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9.1.0. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/>
- de Cauwer B, Reheul D, de Laethauwer S, Nijs I, Milbau A. 2006. Effect of light and botanical species richness on insect diversity. *Agronomy for Sustainable Development* 26 (1): 35-43. <https://doi.org/10.1051/agro:2005058>
- Derunkov A, Prado LR, Tishechkin AK, Konstantinov A. 2015. New species of *Diabrotica* Chevrolat (Coleoptera: Chrysomelidae: Galerucinae) and a key to *Diabrotica* and related genera: Results of a synopsis of North and Central American *Diabrotica* species. *Journal of Insect Biodiversity* 3 (2): 1–55.
<http://dx.doi.org/10.12976/jib/2015.3.2>
- Farnum, F., & Murillo G., V. (2019). Análisis multitemporal (1970-2017) del uso del suelo en cinco comunidades ubicadas a lo largo de la carretera Boyd Roosevelt, Panamá. *Tecnociencia*, 21(2), 107–124. Recuperado a partir de <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/576>
- Farrell BD, Mitter C. 1993. Phylogenetic determinants of insect/plant community diversity. In: Ricklefs RE, Schluter D, editors. *Species Diversity in Ecological Communities: Historical and Geographical Perspectives*. University of Chicago Press. Chicago. pp. 253–266.
- Flowers RW. 1996. La subfamilia Eumolpinae (Coleoptera: Chrysomelidae) en América Central. *Revista de Biología Tropical*. Special issue, 1–59. Accessed 2021-12-24
<http://www.inbio.eas.ualberta.ca/papers/eumolpinae/index.html>
- Flowers RW. 2004. The genera of Chrysomelinae (Coleoptera: Chrysomelidae) in Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, Vol.52(1): 77-83.
- Furth DG, Savini V. 1996. Checklist of the Alticinae of Central America, including Mexico (Coleoptera: Chrysomelidae). *Insecta Mundi* 10 (1–4): 45–68.
- Furth DG. 2005. The current status of knowledge of the Alticinae of Mexico (Coleoptera: Chrysomelidae). *Bonner Zoologische Beiträge* 54: 209–237
- Furth DG. 2019. A new species of the Neotropical mimetic genus *Cerichrestus* Clark, from Costa Rica (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae): An example of how unknown is biodiversity. *Israel Journal of Entomology* 49(2): 179–194.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.3460429>
- González MA, Reina Rojas MC. 2017. Insectos recolectados en trampas malaise en el departamento de Santander - Proyecto Colombia Bio. Instituto de Investigación de

Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Occurrence dataset.
<https://www.gbif.org/es/dataset/516d98b1-9862-43e7-b402-ed2fc6b8f312>
<https://doi.org/10.15472/wpykyq>

GraphPad Software, 2020. GraphPad Prism version 8.0.0 for Windows.
<https://www.graphpad.com/scientific-software/prism/>

Grootaert P, Pollet M, Dekoninck W, van Achterberg C. 2010. Sampling insects: general techniques, strategies and remarks. In: Eyman J, Degreef J, Hauser Ch, Monge JC, Samyn Y, van den Spiegel D, editors. Manual on field recording techniques and protocols for all taxa biodiversity inventories and monitoring. Abc Taxa 8 part 2: pp. 377–399.

Hanson PE, Nishida K. 2016. Insects and other arthropods of Tropical America. Zona Tropical Publications, Cornell University Press. accessed 25 April 2020
www.jstor.org/stable/10.7591/j.ctvrf8c3f. <https://doi.org/10.7591/9781501704291>

Jacoby M. 1878. Description of New Species of Phytophagous Coleoptera from Central and South America. Proceedings of the Zoological Society of London [n/a]: 982–996.

Jolivet P, Verma KK. 2008. Eumolpinae-A widely distributed and much-diversified subfamily of leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae). Terrestrial Arthropods Reviews 1: 3–37. <https://doi.org/10.1163/187498308X345424>

Jolivet P, Lawrence JF, Verma KK, Ślipiński A. 2014. Eumolpinae, C.G. Thomson, 1859. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics (Phytophaga). De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 217–225. <https://doi.org/10.1515/9783110274462>

Johnson CD. 1983. Ecosystematics of *Acanthoscelides* (Coleoptera: Bruchidae) of Southern Mexico and Central America. Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America. 56: 1–370

Kirmse S, Chaboo CS. 2018. Polyphagy and florivory prevail in a leaf beetle community (Coleoptera: Chrysomelidae) inhabiting the canopy of a tropical lowland rainforest in southern Venezuela. Journal of Natural History 52(41–42): 2677–2721.
<https://doi.org/10.1080/00222933.2018.1548666>

Konstantinov AS, Tishechkin A. 2004. The first Nearctic leaf litter flea beetle (Coleoptera, Chrysomelidae) from the Great Smoky Mountains National Park. The Coleopterists Bulletin 58: 71–76. <https://doi.org/10.1649/612>

Kuchenbecker J, Macedo-Reis LE, Fagundes M, Neves FS. 2021. Spatiotemporal Distribution of Herbivorous Insects Along Always-Green Mountaintop Forest Islands. Frontiers in Forests and Global Change (4) 709403.
<https://doi.org/10.3389/ffgc.2021.709403>

- Lanuza-Garay A, Barrios H. 2018. Host specificity and wood density based host choice by longhorn beetles (Coleoptera: Cerambycidae) in a Panamanian lowland rainforest. *The Coleopterists Bulletin* 72 (3): 590–596. <https://doi.org/10.1649/0010-065X-72.3.590>
- Lanuza-Garay A, Chirú L, Lopez Chong O, Santos Murgas A. 2020. New country records of leaf and longhorn beetles (Coleoptera: Chrysomeloidea) collected in the Trogon Trail, province of Colon, Panama. *Revista Nicaragüense de Entomología* 210: 1–21.
- Maes JM, Gómez-Zurita J. 2016. Chrysomelidae (Coleoptera) de Nicaragua, Parte IV, Chrysomelinae. *Revista Nicaragüense de Entomología* 76: 1–95.
- Mendieta BJ, Farnum Castro F. 2012. Descripción de un fragmento de bosque en el Refugio Ecológico Universitario de Los Santos, ciudad de Las Tablas, provincia de Los Santos. *Centros: Revista Científica Universitaria* 1(2): 211–227
- Mitter C, Farrell BD, Futuyma DJ. 1991. Phylogenetic studies of insect-plant interactions: Insights into the genesis of diversity. *TREE* 6 (9): 290–293. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(91\)90007-K](https://doi.org/10.1016/0169-5347(91)90007-K)
- Mohamedsaid M, Furth DG. 2011. Secondary sexual characteristics in the Galerucinae (Senso Stricto) (Coleoptera: Chrysomelidae). *ISRN Zoology*: 1–60 <https://doi.org/10.5402/2011/328670>
- Monrós F. 1956. Revisión genérica de Lamprosomatinae con descripción de la algunos géneros y especies nuevas (Col., Chrysomelidae). *Revista Agronomía Noroeste Argentino [Tucumán]* 2 (1): 25–77
- Monrós F. 1958. Notes on Lamprosomatinae (Chryso.). *The Coleopterists' Bulletin* 12: 29–33
- Morrison CR, Windsor DM. 2018. The life story of *Chelymorpha alternans* (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae) in Panamá. *Annals of the Entomological Society of America* 111 (1): 31–41. <https://doi.org/10.1093/aesa/sax075>
- Morse G. 2014. Bruchinae Latreille, 1802. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. *Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics (Phytophaga)*. De Gruyter, Berlin-Boston, pp.189–197. <https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Moseyko AG, Niño Maldonado S, Ruiz Cancino E, Coronado Blanco JM. 2013. A new species of genus *Rhabdopterus* Lefevre, 1885 (Coleoptera: Chrysomelidae) from the state of Tamaulipas, Mexico. *Russian Entomological Journal* 22 (2): 127–130. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3873>
- Nadein KS, Bezděk J, 2014. Galerucinae Latreille, 1802. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. *Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics*

- (Phytophaga). De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 251–259.
<https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Neves FS, Sperber CF, Campos RI, Soares JP, Ribeiro SP. 2013. Contrasting effects of sampling scale on insect herbivores distribution in response to canopy structure. *Revista de Biología Tropical* 61(1): 125-137.
<https://doi.org/10.15517/rbt.v61i1.10894>
- Novotný V, Basset Y, Samuelson GA, Miller SE. 1999. Host use by chrysomelid beetles feeding on *Ficus* (Moraceae) and Euphorbiaceae in New Guinea. In: Cox M, editor. *Advances in Chrysomelidae biology 1*. Backhuys Publishers, Leyden. pp. 343–360.
- Novotný, V. Basset, Y. 2000. Rare species in communities of tropical insect herbivores: pondering the mystery of singletons. *Oikos* 89:564- 572.
- Novotný V, Drozd P, Miller SE, Kulfan M, Janda M, Basset Y. 2006. Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rainforests? *Science*, 313, 1115–1118. <https://doi.org/10.1126/science.1129237>
- O'Brien MJ, Brezzi M, Schuldt A, Zhang JY, Ma K, Schmid B, Niklaus PA. 2017. Tree diversity drives diversity of arthropod herbivores, but successional stage mediates detritivores. *Ecology and Evolution* 7: 8753–8760. <https://doi.org/10.1002/ece3.3411>
- Ødegaard F. 2003. Taxonomic composition and host specificity of phytophagous beetles in a dry forest in Panama. In: Basset Y, Kitching R, Miller S, Novotný V, editors. *Arthropods of Tropical Forest: Spatio-temporal dynamics and resource use in the canopy*. Cambridge University Press. pp. 220–236
- Ohsawa M, Nagaike T. 2006. Influence of forest types and effects of forestry activities on species richness and composition of Chrysomelidae in the central mountainous region of Japan. *Biodiversity and Conservation* 15: 1179–1191.
<https://doi.org/10.1007/s10531-004-4693-x>
- Prado LR. 2013. Review on the use of sexually dimorphic characters in the taxonomy of Diabroticites (Galerucinae, Luperini Diabroticina). *ZooKeys* 332: 33–54
<https://doi.org/10.3897/zookeys.332.4931>
- Pokon R, Novotny V, Samuelson GA. 2005. Host specialization and species richness of root-feeding chrysomelid larvae (Chrysomelidae, Coleoptera) in a New Guinea rain forest. *Journal of Tropical Ecology*, 21: 595–604.
<https://doi.org/10.1017/S0266467405002567>
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org>
- Řehounek J. 2002. Comparative study of the leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in chosen localities in the district of Nymburk. *Acta Universitatis Palackianae*

- Olomucensis Facultas Rerum Naturalium Biologica 39-40: 123–130.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.611.9608>
- Reid CAM. 2014. Chrysomelidae Latreille, 1802. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics (Phytophaga). De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 247–251. <https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Richards LA, Coley PD. 2007. Seasonal and habitat differences affect the impact of food and predation on herbivores: a comparison between gaps and understory of a tropical forest. *Oikos* 116: 31–40. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.15043.x>
- Rodriguez JMS, Mermudes JRM. 2016. New records and distributional notes for the Neotropical genus *Isotes* Weise, 1922 (Insecta, Coleoptera, Chrysomelidae, Galerucinae). *Checklist* 12 (1): 1–12. <https://doi.org/10.15560/12.1.1848>
- Romero-Nápoles J, Johnson CD, Kingsolver JM. 1996. Revision of the genus *Amblycerus* of the United States and Mexico (Coleoptera: Bruchidae: Amblycerinae). United States Department of Agriculture Technical Bulletin 1845: 166 pp.
- Sánchez-Reyes UJ, Niño-Maldonado S, Meléndez-Jaramillo E, Gómez-Moreno VC, Banda-Hernández JE. 2015. Riqueza de Chrysomelidae (Coleoptera) en el Cerro El Diente, San Carlos, Tamaulipas, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 31 (1): 10–22. <https://doi.org/10.21829/azm.2015.311499>
- Scherer G. 1962. Bestimmungsschlüssel der Neotropischen Alticinae-Genera (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae). *Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey* 132: 497–607.
- Scherer G. 1983. Diagnostic key for the Neotropical alticine genera (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae). *Entomologische Arbeiten aus dem Museum G. Frey* 31/32: 1–89. [English translation of Scherer 1962].
- Sekerka L. 2014. Review of *Imatidiini* genera (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* 54(1): 257–314
- Şen I, Gök A. 2009. Leaf beetle communities (Coleoptera: Chrysomelidae) of two mixed forest ecosystems dominated by pine-oak-hawthorn in Isparta province, Turkey. *Annales Zoologici Fennici* 46: 217–232. <https://doi.org/10.5735/086.046.0306>
- Schowalter TD. 2006. *Insect Ecology: An Ecosystem Approach*. 2ed. London, Elsevier Academic Press. 576 pp. <https://doi.org/10.1016/C2014-0-04067-1>
- Schowalter TD. 2017. Arthropod Diversity and Functional Importance in Old-Growth Forests of North America. *Forests*, 8(97). Accessed 2021-06-20. <https://www.mdpi.com/1999-4907/8/4/97/pdf>. <https://doi.org/10.3390/f8040097>
- Staines CL, Garcia-Robledo C. 2014. The genus *Cephaloleia* Chevrolat, 1836 (Coleoptera, Chrysomelidae, Cassidinae). *ZooKeys* 436: 1–355. <https://doi.org/10.3897/zookeys.436.5766>

- Staines CL. 2015. Catalog of the Hispines of the World (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae). Accessed 2021-06-20.
<https://naturalhistory.si.edu/research/entomology/collections-overview/coleoptera/catalog-hispines-world>
- Teles TS, Ribeiro DB, Raizer J, Linzmeier AM. 2019. Richness of Chrysomelidae (Coleoptera) depends on the area and habitat structure in semideciduous forest remnants. *Iheringia* 109: 1–8. <https://doi.org/10.1590/1678-4766e2019040>
- Thormann B, Ahrens D, Marín Armijos D, Peters MK, Wagner T, Wägele JW. 2016. Exploring the Leaf Beetle Fauna (Coleoptera: Chrysomelidae) of an Ecuadorian Mountain Forest Using DNA Barcoding. *PLoS ONE* 11(2): e0148268.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148268>
- Villanueva-Alanis B, Niño-Maldonado S, Sánchez-Reyes UJ, Navarrete –Heredia JL, Ruiz-Cancino E, Coronado-Blanco JM. 2018. Chrysomelidae (Coleoptera) in Malaise trap from Ejido Acahual, Tula, Tamaulipas, México. *Entomología Mexicana* 5: 604–608.
- Van Roie M, De Wint F, Güngör A, Huyghe C, Dekoninck W, Sekerka L. 2019. An annotated checklist of the leaf beetles (Coleoptera, Chrysomelidae) from El Salvador, with additions from the Bechné collections in the Royal Belgian Institute of Natural Sciences. *ZooKeys*, 856, 137–196.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.856.32017>
- Vencl FV, Levy A, Geeta R, Keller G, Windsor DM. 2004. Observations on the natural history, systematics, and phylogeny of the Criocerinae of Costa Rica and Panamá. In: Jolivet P, Santiago Blay J, Schmitt M, editors. *New developments in the biology of Chrysomelidae*. Academic Publishing, The Hague. pp. 423–454.
<https://doi.org/10.1163/9789004475335>
- Vencl FV, Leschen RA. 2014. Criocerinae Latreille, 1807. In: Leschen RAB, Beutel RG, editors. *Arthropoda: Insecta: Coleoptera. Vol. 3 Morphology and Systematics (Phytophaga)*. De Gruyter, Berlin-Boston, pp. 237–242.
<https://doi.org/10.1515/9783110274462>
- Wagner T. 2000. Influence of Forest Type and Tree Species on Canopy-Dwelling Beetles in Budongo Forest, Uganda. *Biotropica* 32(3): 502–514.
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2000.tb00496.x>
- Windsor DM. 1987. Natural history of a subsocial tortoise beetle *Acromis sparsa* Boheman (Chrysomelidae: Cassidinae) in Panama. *Psyche* 94 (1–2): 127–150.
<https://doi.org/10.1155/1987/19861>
- Windsor DM, Riley EG, Stockwell HP. 1992. An introduction to the biology and systematics of Panamanian tortoise beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Cassidinae). In: D. Quintero, and A. Aiello, editors. *Insects of Panama and Mesoamerica. Selected Studies*. Oxford Science Publications, New York. pp: 372–391.

- Wąsowska M. 2004. Impact of humidity and mowing on chrysomelid communities (Coleoptera, Chrysomelidae) in meadows of the Wierzbanówka valley (Pogórze Wielickie hills, Southern Poland). *Biologia Bratislava* 59: 601–611.
- Williams CE. 1990. New host plants for adults *Systema hudsonias* (Coleoptera: Chrysomelidae) from Southwestern Virginia. *The Great Lakes Entomologist* 23 (3): 1–2.
- Young AM. 1988. Notes on Phenological patterns of Flowering and Flower-feeding beetles (Coleoptera: Chrysomelidae) in Two clones of Cacao (Sterculiaceae: *Theobroma cacao* L.) in Costa Rica. *Turrialba* 38 (2): 143–148.

Appendix 1. List of plant species observed in the different habitats present in the remnant of tropical humid forest studied. Note: LSRF = Late Secondary Forest, CGZ = Coffee-Growing Zone, DF = Disturbed Forest.

Plant	Late Secondary Forest	Coffee Growing Zone	Disturbed Forest	Family	Plant growing form
<i>Justicia secunda</i> Vahl		1		Acanthaceae	Herb
<i>Justicia grandiflora</i> Dum.Cours		1		Acanthaceae	Vine
<i>Achyranthes aspera</i> L.	1	1	1	Amaranthaceae	Herb
<i>Anacardium excelsum</i> (Bertero ex Kunth) Skeels	1		1	Anacardiaceae	Tree
<i>Spondias mombin</i> L.	1	1		Anacardiaceae	Tree
<i>Annona spraguei</i> Saff.			1	Annonaceae	Tree
<i>Guatteria amplifolia</i> Triana & Planch.		1		Annonaceae	Tree
<i>Lacmellea panamensis</i> (Woodson) Markgr.	1	1		Apocynaceae	Tree
<i>Thevetia ahouai</i> (L.) A. DC.			1	Apocynaceae	Shrub
<i>Anthurium ochrantum</i> K. Koch				Araceae	Herb
<i>Dieffenbachia</i> sp.		1		Araceae	Herb
<i>Attalea rostrata</i> Oerst.	1	1	1	Arecaceae	Palm
<i>Bactris major</i> Jacq.			1	Arecaceae	Palm
<i>Calypstrogyne ghiesbreghtiana</i> (Linden & H.Wendl.) H.Wendl.	1		1	Arecaceae	Palm
<i>Chamaedorea tepejilote</i> Liebm. ex Mart.	1			Arecaceae	Palm
<i>Socratea exorrhiza</i> (Mart.) H.Wendl.	1			Arecaceae	Palm

<i>Mikania micrantha</i> Kunth	1		1	Asteraceae	Vine
<i>Sphagneticola trilobata</i> (L.) Pruski		1		Asteraceae	Herb
<i>Tridax procumbens</i> L.		1	1	Asteraceae	Herb
<i>Vernonanthura patens</i> (Kunth) H. Rob.		1	1	Asteraceae	Shrub
<i>Cordia alliodora</i> (Ruiz & Pav.) Oken	1		1	Boraginaceae	Tree
<i>Cordia bicolor</i> A. DC.	1			Boraginaceae	Tree
<i>Aechmea magdalenae</i> (André) André ex Baker.			1	Bromeliaceae	Herb
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	1	1	1	Burseraceae	Tree
<i>Protium panamense</i> (Rose) I.M. Johnst.	1		1	Burseraceae	Tree
<i>Clusia pratensis</i> Seem.	1		1	Clusiaceae	Tree
<i>Ipomoea indica</i> (Burm.) Merr.			1	Convolvulaceae	Vine
<i>Costus villosissimus</i> Jacq.	1		1	Costaceae	Herb
<i>Carludovica palmata</i> Ruiz & Pav.	1		1	Cyclanthaceae	Herb
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Rottb. ex Retz.		1	1	Cyperaceae	Herb
<i>Dioscorea mexicana</i> Scheidw.	1		1	Dioscoreaceae	Vine
<i>Euphorbia hirta</i> (L.) Millsp.	1	1	1	Euphorbiaceae	Herb
<i>Hura crepitans</i> L.		1	1	Euphorbiaceae	Tree
<i>Inga cocleensis</i> Pittier				Fabaceae	Tree
<i>Desmodium adscendens</i> (Sw.) DC	1	1	1	Fabaceae	Herb
<i>Zygia longifolia</i> (Willd.) Britton & Rose		1		Fabaceae	Tree
<i>Chrysothemis friedrichsthaliana</i> (Hanst.) H.E. Moore	1	1	1	Gesneriaceae	Herb
<i>Xiphidium caeruleum</i> Aubl.	1		1	Haemodoraceae	Herb
<i>Heliconia latispatha</i> Benth.	1		1	Heliconiaceae	Herb
<i>Lacistema aggregatum</i> (P.J. Bergius) Rusby			1	Lacistemataceae	Shrub

<i>Aegiphila panamensis</i> Moldenke	1		1	Lamiaceae	Tree
<i>Gustavia superba</i> (Kunth) O.Berg.	1	1	1	Lecythidaceae	Tree
<i>Lygodium venustum</i> Sw.	1			Lygodiaceae	Fern
<i>Apeiba tibourbou</i> Aubl.			1	Malvaceae	Tree
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	1			Malvaceae	Tree
<i>Herrania purpurea</i> (Pittier) R.E. Schult.			1	Malvaceae	Shrub
<i>Luehea seemannii</i> Triana & Planch	1		1	Malvaceae	Tree
<i>Luehea speciosa</i> Willd.	1	1	1	Malvaceae	Tree
<i>Ochroma pyramidale</i> (Cav. ex Lam.) Urb.			1	Malvaceae	Tree
<i>Sterculia apetala</i> Jacq. H. Karst.			1	Malvaceae	Tree
<i>Calathea similis</i> H. Kenn.	1		1	Maranthaceae	Herb
<i>Calathea lasiostachya</i> Donn. Sm.	1		1	Maranthaceae	Herb
<i>Miconia argentea</i> (Sw.) DC.	1		1	Melastomataceae	Shrub
<i>Guarea glabra</i> Kunth	1			Meliaceae	Tree
<i>Trichilia pleeana</i> (A. Juss.) C. DC.		1		Meliaceae	Tree
<i>Ficus insipida</i> Willd.	1		1	Moraceae	Tree
<i>Ficus popenoei</i> Standl.	1			Moraceae	Tree
<i>Poulsenia armata</i> (Miq.) Standl.	1		1	Moraceae	Tree
<i>Sorocea affinis</i> Hemsl.	1			Moraceae	Shrub
<i>Musa paradisiaca</i> L.		1	1	Musaceae	Herb
<i>Musa sapientum</i> L.		1	1	Musaceae	Herb
<i>Virola surinamensis</i> (Rol.) Warb.	1			Myristicaceae	Tree
<i>Stylogyne turbacensis</i> (Kunth) Mez	1		1	Myrsinaceae	Shrub
<i>Neea laetevirens</i> Standl.			1	Nyctaginaceae	Herb
<i>Passiflora biflora</i> Lam.	1		1	Passifloraceae	Vine
<i>Hieronyma</i> <i>alchorneoides</i> Allemão	1		1	Phyllanthaceae	Shrub
<i>Phytolacca rivinoides</i> Kunth & C.D.Bouché	1		1	Phytolaccaceae	Shrub
<i>Piper umbellatum</i> L.	1	1	1	Piperaceae	Shrub

<i>Pityrogramma calomelanos</i> (L.) Link.	1	1	1	Pteridaceae	Fern
<i>Coffea arabica</i> L.		1	1	Rubiaceae	Shrub
<i>Coussarea curvigemma</i> Dwyer		1		Rubiaceae	Shrub
<i>Faramea occidentalis</i> (L.) A. Rich.	1		1	Rubiaceae	Shrub
<i>Genipa americana</i> L.	1		1	Rubiaceae	Tree
<i>Pentagonia macrophylla</i> Benth.	1		1	Rubiaceae	Shrub
<i>Psychotria deflexa</i> DC.	1			Rubiaceae	Shrub
<i>Psychotria marginata</i> Sw.	1		1	Rubiaceae	Shrub
<i>Psychotria poeppigiana</i> Müll. Arg.	1		1	Rubiaceae	Shrub
<i>Zanthoxylum panamense</i> P. Wilson	1		1	Rutaceae	Tree
<i>Cassearia guianensis</i> (Aubl.) Urb.	1		1	Salicaceae	Shrub
<i>Cupania rufescens</i> Triana & Planch.	1		1	Sapindaceae	Shrub
<i>Manilkara bidentata</i> (A. DC.) A. Chev.	1			Sapotaceae	Tree
<i>Solanum hayesii</i> Fernald	1		1	Solanaceae	Shrub
<i>Tectaria incisa</i> Cav.	1		1	Tectariaceae	Fern
<i>Cecropia obtusifolia</i> Bertol.		1		Urticaceae	Shrub
<i>Cecropia peltata</i> L.		1		Urticaceae	Tree
<i>Myriocarpa longipes</i> Liebm.			1	Urticaceae	Shrub
<i>Lantana camara</i> L.			1	Verbenaceae	Herb

Table 1. List of Chrysomelidae species collected in the different plant associations present in the remnant of tropical humid forest studied. Note: LSRF = Late Secondary Forest, CGZ = Coffee-Growing Zone, DF = Disturbed Forest.

Taxon	Code	LSRF	CGZ	MF	Total	%
Subfamily Cassidinae						
Tribe Mesomphalini Hope, 1840						
<i>Botanochara ordinata</i> (Boheman, 1850) (Fig. 25)	M1	1	0	0	1	0.3

Tribe Cassidini Gyllenhal, 1813

<i>Acromis sparsa</i> (Boheman, 1854) (Fig. 9)	M2	2	0	0	2	0.6
<i>Charidotella sexpunctata</i> (Fabricius, 1781) (Fig. 20)	M3	1	0	0	1	0.3
<i>Chelymorpha alternans</i> (Boheman, 1854) (Fig. 7–8)	M5	4	0	0	4	1.2
<i>Ischnocoidia annulus</i> (Fabricius, 1781) (Fig. 21)	M6	1	2	0	3	0.9
<i>Deloyala fuliginosa</i> (Olivier, 1790) (Fig. 19)	M7	2	0	0	2	0.6
<i>Microtenochira reticularis</i> (Degeer, 1775) (Fig. 17)	M8	0	2	0	2	0.6
<i>Microtenochira fraterna</i> (Boheman, 1855) (Fig. 22)	M9	1	0	0	1	0.3
<i>Microtenochira lugubris</i> (Boheman, 1862)	M10	1	0	0	1	0.3
<i>Microtenochira infantula</i> (Boheman, 1862) (Fig. 23)	M11	0	1	0	1	0.3
<i>Microtenochira vivida</i> (Boheman, 1855) (Fig. 18)	M4	0	0	1	1	0.3
<i>Agroinconota propinqua</i> (Boheman, 1855) (Fig. 25)	M12	2	0	0	2	0.6

Tribe Imatidiini Hope, 1840

<i>Imatidium thoracicum</i> Fabricius, 1801 (Fig. 10)	M13	1	0	0	1	0.3
<i>Aslamidium semicirculare</i> (Olivier, 1808) (Fig. 11)	M14	4	0	0	4	1.2

Tribe Spilophorini Chapuis, 1845

<i>Calyptocephala brevicornis</i> Boheman, 1850 (Fig. 13)	M15	7	0	0	7	2.0
--	-----	---	---	---	---	-----

<i>Spilophoroides marginatus</i> (Weise, 1910) (Fig. 12)	M16	1	0	0	1	0.3
Tribe Prosopodontini Weise, 1910						
<i>Prosopodonta dorsata</i> (Baly, 1885) (Fig. 14)	M17	1	0	0	1	0.3
Tribe Chalepini Weise 1910						
<i>Oxychalepus normalis</i> (Chapuis, 1877) (Fig. 15)	M18	1	0	0	1	0.3
<i>Sceloenopla scherezeri</i> (Baly, 1858) (Fig. 16)	M19	1	0	0	1	0.3
Subfamily Galerucinae						
Tribe Luperini Gistel 1848						
<i>Diabrotica godmani</i> Jacoby, 1887 (Fig. 26)	M20	25	35	9	69	20.1
<i>Diabrotica championi</i> Jacoby, 1887 (Fig. 27)	M21	2	0	0	2	0.6
<i>Diabrotica mitteri</i> Derunkov, Prado, Tishechkin, Kostantinov, 2015 (Fig. 28)	M22	43	20	7	70	20.3
<i>Diabrotica hartjei</i> Derunkov, Prado, Tishechkin, Kostantinov, 2015 (Fig. 29)	M23	1	0	0	1	0.3
<i>Diabrotica brevilineata</i> Jacoby, 1887 (Fig. 30)	M24	0	1	0	1	0.3
<i>Diabrotica tessellata</i> Jacoby, 1887	M25	1	0	0	1	0.3
<i>Neobrotica caeruleofasciata</i> Jacoby, 1887	M26	1	0	0	1	0.3
<i>Eccoptopsis denticornis</i> (Jacoby, 1887) (Fig. 31–32)	M27	19	11	6	36	10.5
<i>Acalymma separatum</i> (Baly, 1886) (Fig. 38)	M28	1	1	0	2	0.6

<i>Paratriarius adonis</i> (Baly, 1859) (Fig. 33)	M29	4	0	0	4	1.2
<i>Chthoneis jansonii</i> Jacoby, 1879 (Fig. 40)	M30	3	0	0	3	0.9
<i>Isotes puella</i> (Baly, 1886) (Fig. 34)	M31	0	1	0	1	0.3
<i>Isotes serraticornis</i> (Baly, 1886) (Fig. 35)	M32	4	0	0	4	1.2
<i>Monolepta bipartita</i> (Jacoby, 1888) (Fig. 37)	M33	5	0	0	5	1.5
<i>Monolepta panamensis</i> (Jacoby, 1888)	M34	6	0	0	6	1.7
<i>Phyllobrotica</i> sp.	M35	0	0	2	2	0.6
<i>Gynandrobrotica ventricosa</i> Jacoby 1878 (Fig. 36)	M36	1	0	0	1	0.3

Tribe Galerucini Latreille, 1802

<i>Coelomera godmani</i> Jacoby 1879 (Fig. 41)	M37	1	0	0	1	0.3
<i>Dircema cyanipenne</i> Bechyne, 1951 (Fig. 39)	M38	1	0	0	1	0.3

Tribe Alticini Newman, 1834

<i>Acanthonycha championi</i> Bechyné, 1959 (Fig. 45)	M39	1	1	0	2	0.6
<i>Cerichrestus clarki</i> Jacoby, 1886 (Fig. 42)	M40	5	2	0	7	2.0
<i>Cerichrestus freidbergi</i> (Furth, 2019) (Fig. 43)	M41	1	0	0	1	0.3
<i>Rhinotmetus trifasciatus</i> (Bowditch, 1815) (Fig. 44)	M42	1	0	0	1	0.3
<i>Alagoasa decemguttatus</i> (Fabricius, 1801) (Fig. 60)	M43	1	0	0	1	0.3

<i>Alagoasa godmani</i> (Jacoby, 1880) (Fig. 59)	M44	6	0	0	6	1.7
<i>Alagoasa bipunctata tritaenioides</i> (Harold, 1876) (Fig. 56)	M45	1	0	0	1	0.3
<i>Alagoasa bipunctata perennis</i> (Harold, 1876) (Fig. 57)	M46	1	0	0	1	0.3
<i>Alagoasa montana</i> (Jacoby, 1886) (Fig. 58)	M47	0	1	0	1	0.3
<i>Diphaulaca aulica</i> (Olivier, 1808) (Fig. 52)	M48	1	0	0	1	0.3
<i>Disonycha trifasciata</i> Clark, 1865 (Fig. 54)	M49	0	0	1	1	0.3
<i>Hydmosyne inclyta</i> Clark, 1860 (Fig. 46)	M50	1	0	0	1	0.3
<i>Monomacra chiriquensis</i> (Jacoby, 1884) (Fig. 48)	M51	1	0	0	1	0.3
<i>Monomacra perplexa</i> (Jacoby, 1884) (Fig. 49)	M52	0	1	0	1	0.3
<i>Omophoita albicollis</i> (Fabricius, 1787) (Fig. 53)	M53	1	0	0	1	0.3
<i>Omophoita clerica</i> (Erichson, 1848)	M54	1	0	0	1	0.3
<i>Physimerus antennarius</i> Harold, 1875 (Fig. 77)	M55	1	0	0	1	0.3
<i>Stegnea chiriquensis</i> (Jacoby, 1885) (Fig. 47)	M56	2	1	0	3	0.9
<i>Systema oberthuri</i> Baly, 1878 (Fig. 50)	M57	0	1	0	1	0.3
<i>Systema variabilis</i> Jacoby, 1884 (Fig. 51)	M58	4	3	14	23	6.7
<i>Heikertingeria</i> sp. (Fig. 55)	M59	4	0	0	4	1.2

Subfamily Eumolpinae

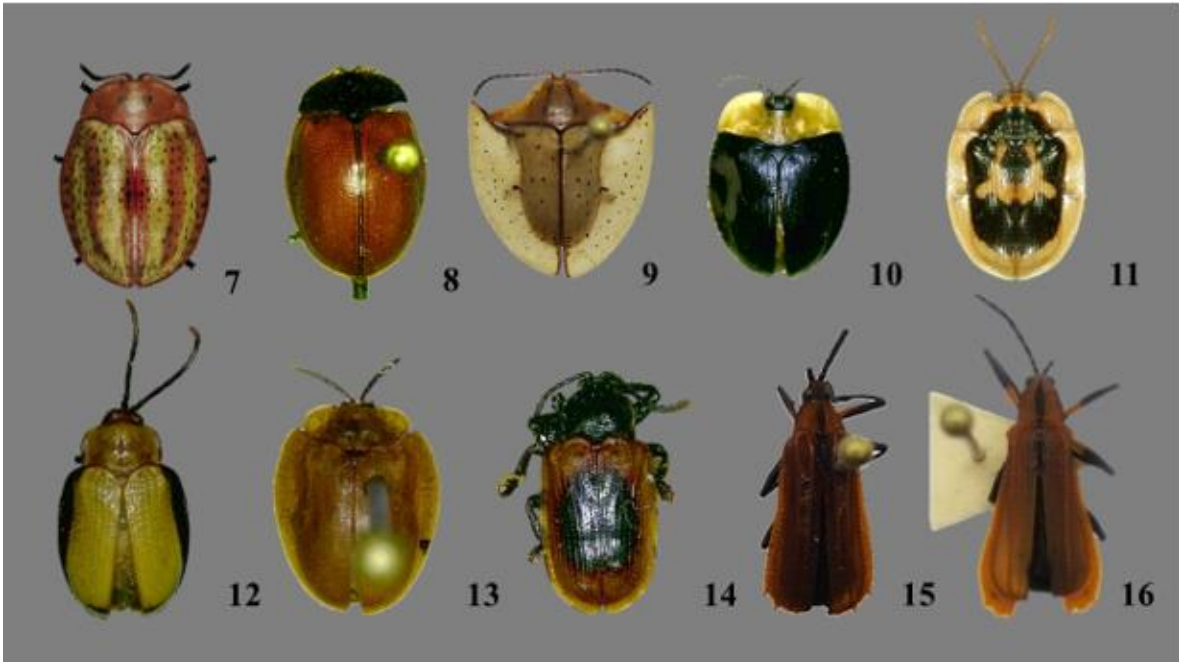
Tribe Eumolpini Hope, 1840

<i>Rhabdopterus uncotibialis</i> (Blake, 1976) (Fig. 65)	M60	2	0	0	2	0.6
<i>Rhabdopterus fulvipes</i> (Jacoby, 1882) (Fig. 66)	M61	16	0	0	16	4.6
<i>Percolaspis rugosa sculpta</i> (Jacoby, 1890) (Fig. 64)	M62	2	0	0	2	0.6
<i>Percolaspis</i> sp. (Fig. 63)	M63	0	0	0	1	0.3
<i>Allocolaspis grandicollis</i> (Blake, 1976) (Fig. 62)	M64	2	1	0	3	0.9
<i>Deuteronoda suturalis</i> (Lefevre, 1878) (Fig. 67)	M65	1	0	0	1	0.3
<i>Cayetunya consanguinea</i> (Blake, 1976) (Fig. 61)	M66	1	0	0	1	0.3
Tribe Megascelidini Chapuis, 1874						
<i>Megascelis puella</i> Lacordaire, 1845 (Fig. 68)	M67	1	0	1	2	0.6
Subfamily Lamprosomatinae Lacordaire, 1848						
Tribe Lamprosomatini Lacordaire, 1848						
<i>Lamprosoma inornatus</i> Jacoby, 1878 (Fig. 79)	M68	1	0	0	1	0.3
<i>Oomorphus</i> sp. (Fig. 78)	M69	1	0	0	1	0.3
Subfamily Criocerinae Latreille, 1804						
Tribe Lemini Gyllenhal, 1813						
<i>Lema chiriquensis</i> Jacoby, 1888 (Fig. 74)	M70	1	0	0	1	0.3
<i>Lema subapicalis</i> Baly, 1879 (Fig. 76)	M71	1	0	0	1	0.3
<i>Lema</i> sp. (Fig. 75)	M72	1	0	0	1	0.3
<i>Oulema</i> sp.	M73	0	0	2	2	0.6

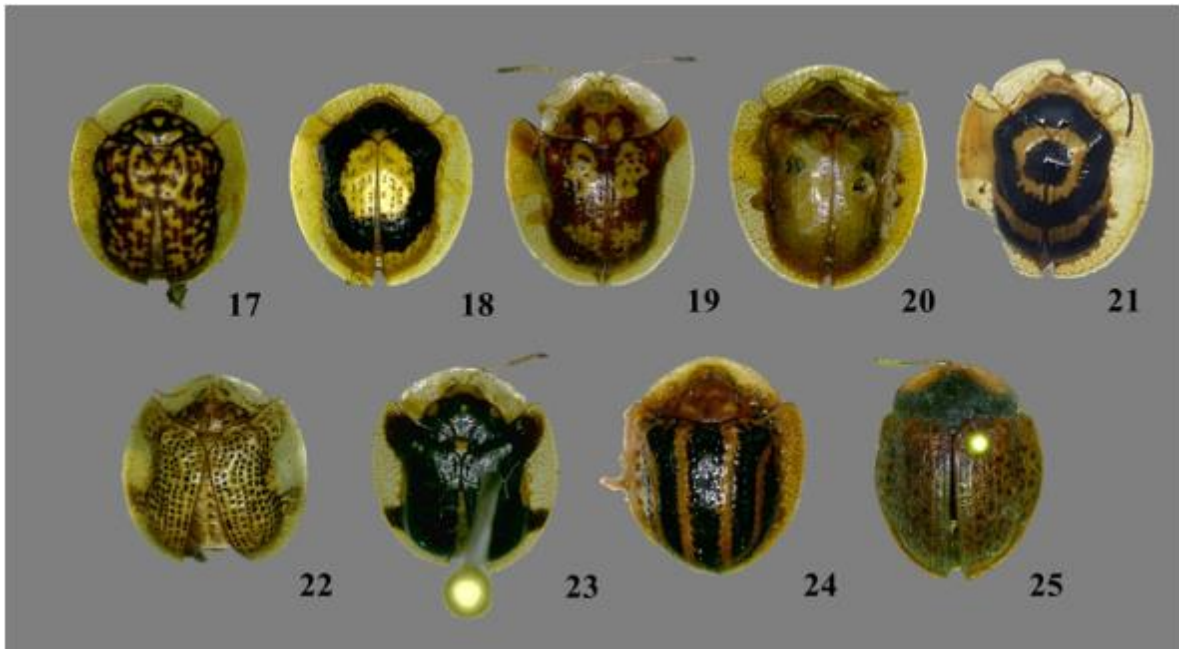
Subfamily Chrysomelinae						
Chrysomelini Latreille Tribe, 1802						
<i>Stilodes fuscolineata</i> Stål, 1865 (Fig. 71)	M74	0	1	0	1	0.3
<i>Platyphora ligata</i> Stål, 1858 (Fig. 69)	M75	1	0	0	1	0.3
<i>Calligrapha argus</i> Stål, 1859 (Fig. 70)	M76	1	0	0	1	0.3
<i>Leptinotarsa undecemlineata</i> Stål, 1859 (Fig. 72)	M77	0	1	0	1	0.3
Subfamily Bruchinae Latreille, 1802						
Tribe Pachymerini Bridwell, 1929						
<i>Pachymerus cardo</i> (Fåhraeus, 1839) (Fig. 73)	M78	1	0	0	1	0.3
Total Individuals		215	88	44	347	100
Total Species		65	20	9		

Table 2. Summary of Malaise trap catches of Chrysomelidae from Trogon Trail sampling sites. Code: LSRF = Late Secondary Forest, CGZ = Coffee-Growing Zone, DF = Disturbed Forest, TroT= Trogon trail total, Ind=individuals, Sp= species.

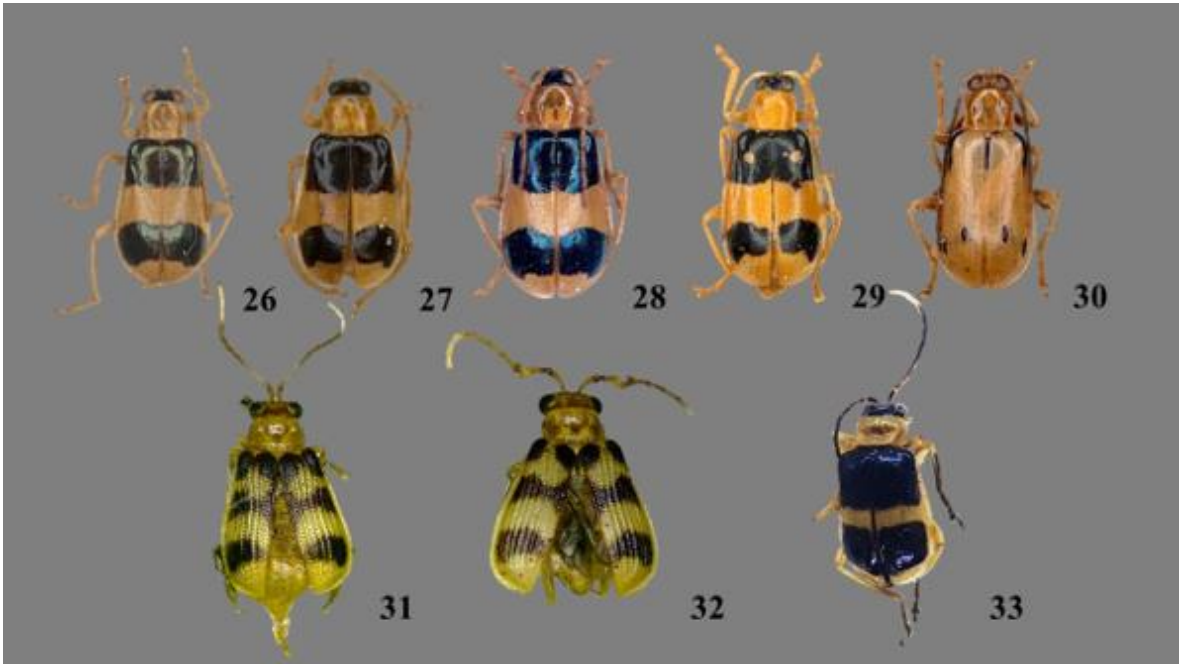
	Ind	Sp	Singletons	Doubletons	Rare	Common	Very Common
LSRF	215	65	40	7	12	3	1
CGZ	88	20	12	3	1	2	1
DF	44	9	3	3	3	1	0
TroT	347	77	46	11	14	2	3



Figures 7–16. Dorsal view of Chrysomelidae Cassidinae: 7,8 *Chelymorphism alternans*, 9, *Acromis sparsa* 10. *Imatidium thoracicum*, 11. *Aslamidium semicirculare*, 12. *Spilophoroides marginatus*, 13. *Calyptocephala brevicornis*, 14. *Prosopodonta dorsata*, 15. *Oxychalepus normalis*, 16. *Sceloenopla scherezerei*.



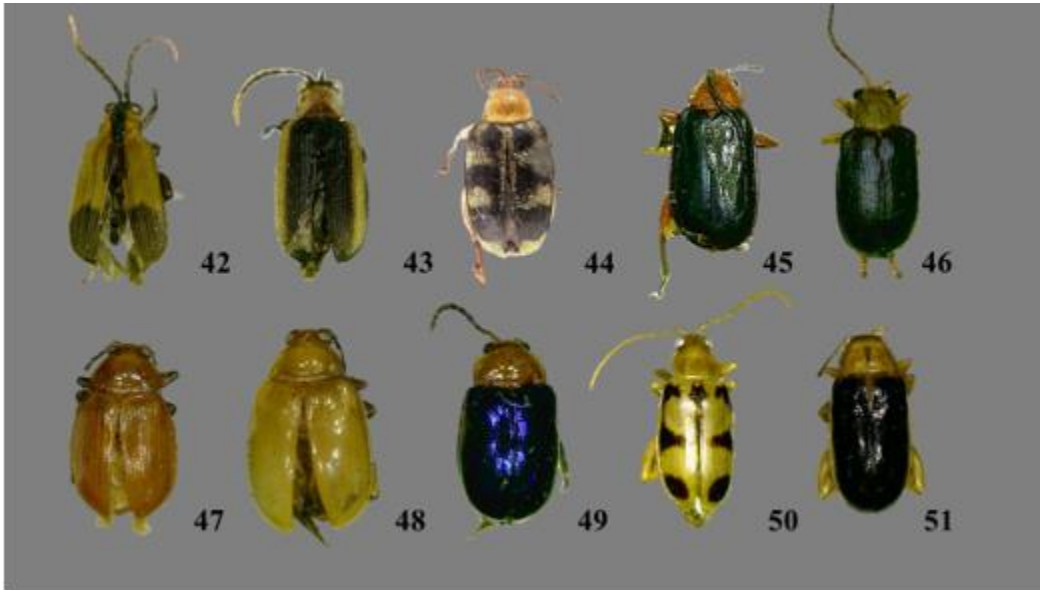
Figures 17–25. Dorsal view of Chrysomelidae Cassidinae: 17, *Microctenochira reticularis*, 18. *Microctenochira vivida* 19. *Deloyala fuliginosa*, 20. *Charidotella sexpunctata*, 21. *Ischnocodia annulus*, 22. *Microctenochira fraterna*, 23. *Microctenochira infantula*, 24. *Agroinconota propinqua*, 25. *Botanochara ordinata*.



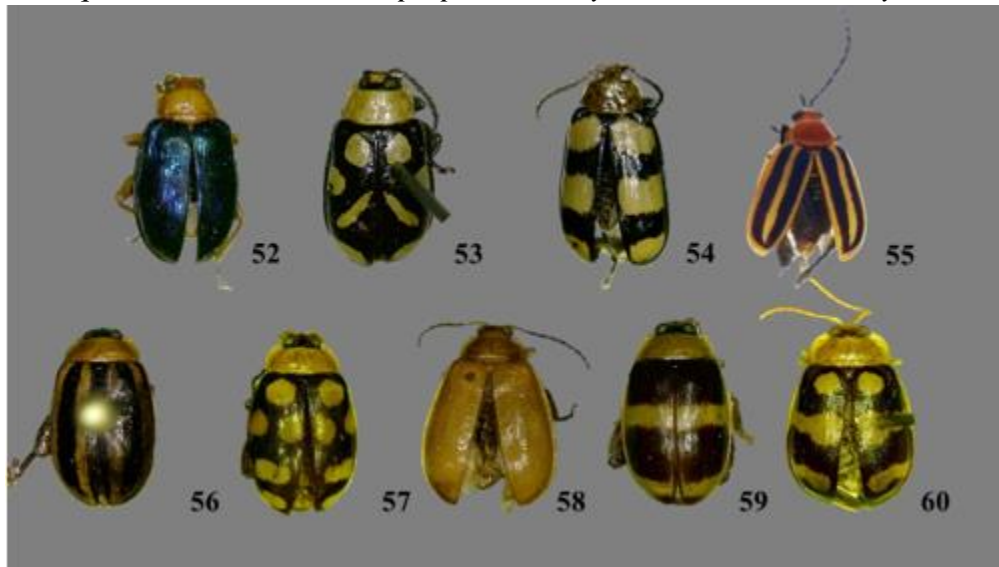
Figures 26–33. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Luperini: 26. *Diabrotica godmani*, 27. *Diabrotica championi*, 28. *Diabrotioca mitteri*, 29. *Diabrotica hartjei*, 30. *Diabrotica brevilineata*, 31, 32. *Eccoptopsis denticornis*, 33. *Paratriarius adonis*



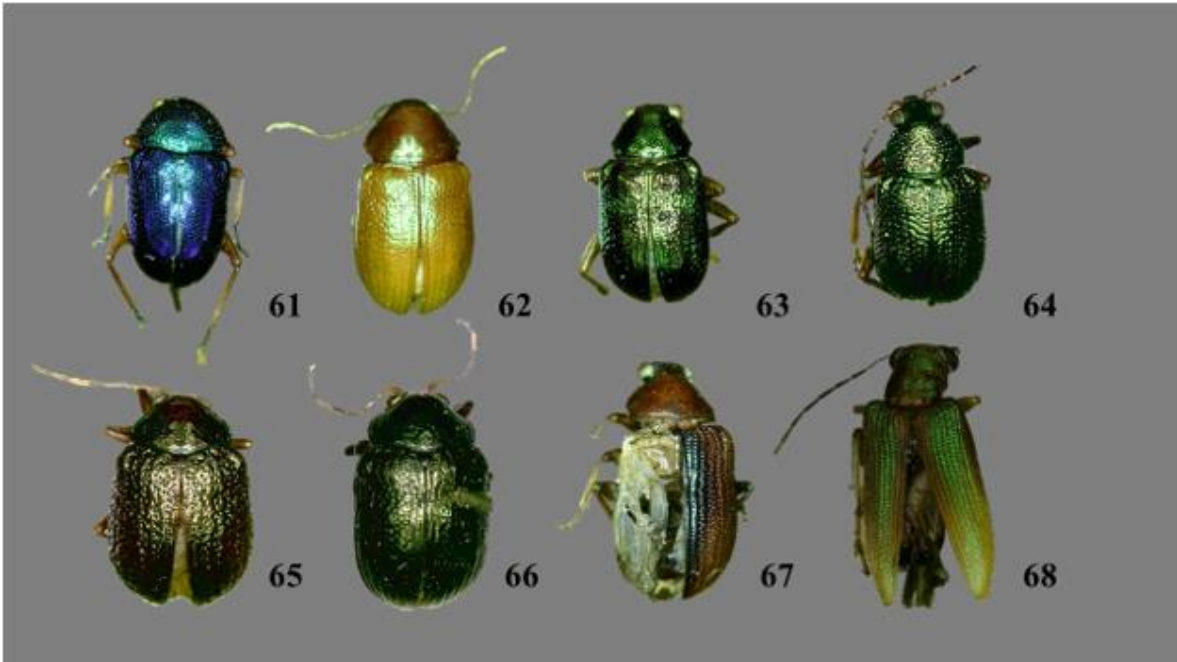
Figures 34–41. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Luperini + Galerucini: 34, *Isotes puella*, 35. *Isotes serraticornis*, 36. *Gynandrobrotica ventricosa*, 37. *Monolepta bipartita*, 38. *Acalymma separatum*, 39. *Dyrcema cyanipenne*, 40. *Chthoneis jansoni*, 41. *Coelomera godmani*.



Figures 42–51. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Alticini: 42, *Cerichrestus clarki*, 43. *Cerichrestus freidbergi*, 44. *Rhinotmetus trifasciatus*, 45. *Acanthonycha championi*, 46. *Hydmosyne inclyta*, 47. *Stegnea chiriquensis*, 48. *Monomacra chiriquensis*, 49. *Monomacra perplexa*, 50. *Systema oberthuri*, 51. *Systema variabilis*



Figures 52–61. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Alticini: 52, *Diphaulaca aulica*, 53. *Omophoita albicollis*, 54. *Disonycha trifasciata*, 55. *Heikertingeria* sp., 56. *Alagoasa bipunctata tritaeniodes*, 57. *Alagoasa bipunctata perennis*, 58. *Alagoasa montana*, 59. *Alagoasa godmani*, 60. *Alagoasa decemguttata*.



Figures 61–68. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Eumolpinae: 61, *Cayetunya consanguinea*, 62. *Allocolaspis grandicollis*, 63. *Percolaspis* sp., 64. *Percolaspis rugosa*, 65. *Rhabdopterus uncoitibialis*, 66. *Rhabdopterus fulvipes*, 67. *Deuteronoda suturalis*, 68. *Megascelis puella*



Figures 69–76. Dorsal view of Chrysomelidae Chrysomelinae: 69, *Platyphora ligata*, 70. *Calligrapha argus*, 71. *Stilodes fuscilineata*, 72. *Leptinotarsa undecemlineata*, Bruchinae: 73. *Pachymerus cano*, Criocerinae: 74. *Lema chiriquensis*, 75. *Lema* sp., 76. *Lema subapicalis*



Figures 77–79. Dorsal view of Chrysomelidae Galerucinae: Alticini: 77. *Physimerus antennarius*, Lamprosomatinae: 78. *Oomorplus* sp., 79. *Lamprosoma inornata*.

ENERGÍAS RENOVABLES: ALTERNATIVAS PARA EL SECTOR AGROPECUARIO EN PANAMÁ

RENEWABLE ENERGIES: ALTERNATIVES FOR THE AGRICULTURAL SECTOR
IN PANAMA

Martín A. Caballero E.¹; Rubén D. Collantes G.²

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí. Panamá. maxel797@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6124-0935>

² Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí. Panamá. rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

Recepción: 28 de julio de 2022

Aprobación: 29 de septiembre de 2022

Resumen

La crisis energética es una realidad que se está confrontando en el mundo, derivando en impactos sociales, económicos y ambientales, los cuales en muchos casos resultan difíciles de cuantificar y valorar de manera objetiva. Aún la mayoría de los vehículos y maquinarias dependen del combustible fósil, sin ser el sector agropecuario la excepción. Por otra parte, la tecnología e innovación, en particular la desarrollada durante la última década, ha puesto al alcance de las personas alternativas energéticas viables, inclusive para su utilización en la producción agropecuaria. El presente trabajo es una revisión, que se centra en energías renovables, como la solar fotovoltaica, la eólica, el biogás y el hidrógeno; que pueden contribuir con el desarrollo eficiente del sector agropecuario en Panamá, con potenciales beneficios económicos, reduciendo el riesgo de contaminación ambiental y sirviendo como medios de integración y responsabilidad social. Se consultó literatura especializada sobre la

materia, además de compartir alcances de los propios autores. Se espera que este trabajo sirva como elemento orientador, hacia la sostenibilidad y desarrollo agroindustrial.

Palabras clave: Agroindustria, biogás, energía eólica, energía fotovoltaica, hidrógeno.

Abstract

Energy crisis is a reality that is being faced all around the world, resulting in social, economic and environmental impacts, which in many cases are difficult to quantify and assess objectively. Still most of the vehicles and machinery depend on fossil fuel, without being the agricultural sector the exception. On the other hand, technology and innovation, particularly that developed during the last decade, have made viable energy alternatives available to people, including for use in agricultural production. The present work is a review, which focuses on renewable energies, such as photovoltaic solar, wind energy, biogas and hydrogen; that can contribute to the efficient development of the agricultural sector in Panama, with potential economic benefits, reducing the risk of environmental contamination and also serving as means of integration and social responsibility. Specialized literature on the subject was consulted, in addition to sharing the scope of the authors themselves. It is expected that this work will serve as a guiding element, towards the sustainability and agroindustrial development.

Keywords: Agroindustry, biogas, hydrogen, photovoltaic energy, wind energy.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo reciente de la humanidad ha estado fuertemente vinculado con el uso de combustibles fósiles. Sin embargo, el consumo descontrolado de los mismos, está derivando en problemas serios, como la contaminación ambiental, el calentamiento global,

así como la demanda insatisfecha por escasez de este recurso energético; lo cual está derivando en fricciones geopolíticas. Por un lado, el uso de la energía nuclear es seriamente cuestionado en varias partes de occidente; mientras que otros sectores idealistas apuestan por el uso de fuentes de energía renovable (FER), como la opción que sustituirá por completo los combustibles fósiles. Lo apropiado sería, por un lado, utilizar FER a la par con medidas de eficiencia energética para racionalizar su demanda (Fracastoro, 2014).

La no sustentabilidad de los recursos energéticos derivó en conflictos entre países para apropiarse de los principales yacimientos de petróleo, entre otros problemas. De allí surge la necesidad de encontrar nuevas fuentes energéticas que perduren en el tiempo de manera sostenible, tanto con el desarrollo de actividades como con el ambiente. Esto gestó el concepto de energías renovables; lo cual puede ser aplicado en la agricultura familiar, siempre y cuando sea una fuente ambientalmente sostenible, sume valor agregado a la producción mediante la implementación de tecnologías, que perdure en el tiempo y que además sea replicable. (Huerga y Venturelli, s. f.).

En ese sentido, Medina (2010), enfatizó que muchas explotaciones agrícolas y pecuarias suelen situarse en lugares alejados de las urbes, en donde no existe suministro eléctrico y limita la tecnificación del productor; mencionando además como posibles alternativas la energía solar térmica para desinfección y "refrigeración solar" en la agroindustria; la energía solar fotovoltaica para abastecimiento energético tanto de viviendas como de infraestructuras (casas de vegetación) y sistemas de riego; la energía eólica en lugares en los que la radiación solar no sea suficiente; energía de biomasa, mediante el reciclaje de desechos orgánicos para la obtención de biogás (como fuente eléctrica) y abonos.

El éxito de una empresa agropecuaria está estrechamente vinculado con la energía; debido a que todos los procesos productivos, como el funcionamiento de los sistemas de riego, la maquinaria para ordeño, la regulación de temperatura y humedad en ambientes controlados, entre otros procesos agroindustriales, conllevan un alto consumo energético. Por ello, se debe considerar utilizar energías renovables no convencionales (Cooper, 2012).

Perlman y Pava (2019), estudiaron la matriz energética en Panamá, encontrando que es poco diversificada y que casi el 92% de la energía eléctrica se obtiene de derivados del petróleo, por lo que el precio del petróleo afecta directamente el precio de la electricidad, pese a que una gran parte de la misma se genera con fuerza hidráulica para sistemas de bombeo de agua. Esto, sumado a otros hallazgos, les permitieron concluir a los autores que, el sector energético panameño privilegia el desarrollo económico sobre los posibles impactos ambientales negativos.

La agricultura no es un sector aislado, porque se interrelaciona con otros sectores y contribuye con el crecimiento social y económico, mediante la ocupación de mano de obra, la generación de divisas, el uso y conservación de recursos naturales, la generación de capital de inversión y fuertes encadenamientos, con el comercio y los servicios financieros, de transporte y de almacenamiento, entre otros (IICA, 2014). Entonces, contando con procesos productivos automatizados, ocupando energías renovables, contribuiría con la optimización del uso de mano de obra, además de generar nuevas capacidades en el talento humano que participa en el sector agropecuario.

Por todo lo expuesto, el objetivo del presente trabajo es desarrollar una revisión centrada en las principales energías renovables que pueden ser implementadas en los sistemas de producción agropecuaria de Panamá: energía solar fotovoltaica, energía eólica, biogás y

producción de abonos y el hidrógeno; que redunden en disminuir los costos de producción, reducir la contaminación en el ambiente, mejorar la economía circular y servir como medios de integración familiar y social.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo, se consultó un total de 40 referencias sobre la temática, principalmente de los últimos 10 años. Además, se han incluido algunas figuras inéditas y originales, así como alcances de los propios autores sobre la materia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Energía solar fotovoltaica

La energía eléctrica es versátil, permitiendo resolver diferentes necesidades, como iluminación, calefacción, refrigeración, comunicación, entre otras. Perpiñán (2020), explicó que, un sistema fotovoltaico (SFV), está constituido por equipos eléctricos y electrónicos que generan energía eléctrica a partir de la radiación solar; siendo el principal componente del sistema el módulo fotovoltaico, que está compuesto por celdas que transforman la energía luminosa incidente en energía eléctrica de corriente continua. Adicionalmente, el autor explicó que los SFV pueden ser de conexión a red (generando utilidades al productor), autónomos de electrificación y de bombeo; para varios usos (Figura 1).

La agricultura, al igual que muchas otras industrias, puede verse beneficiada por el aprovechamiento de la energía solar. Las celdas fotovoltaicas fueron inventadas en 1954 en

los Laboratorios Bell, Estados Unidos de América. Las celdas fotovoltaicas pueden construirse de dos maneras: concentrador y panel plano. En las celdas planas, que son las más comunes, la luz es llevada al semiconductor y transformada inmediatamente en energía eléctrica, que a su vez puede ser almacenada en una batería. Esto representa una inversión para el futuro, contaminando menos y generando desarrollo (Vahedi y Hosseini, 2017).

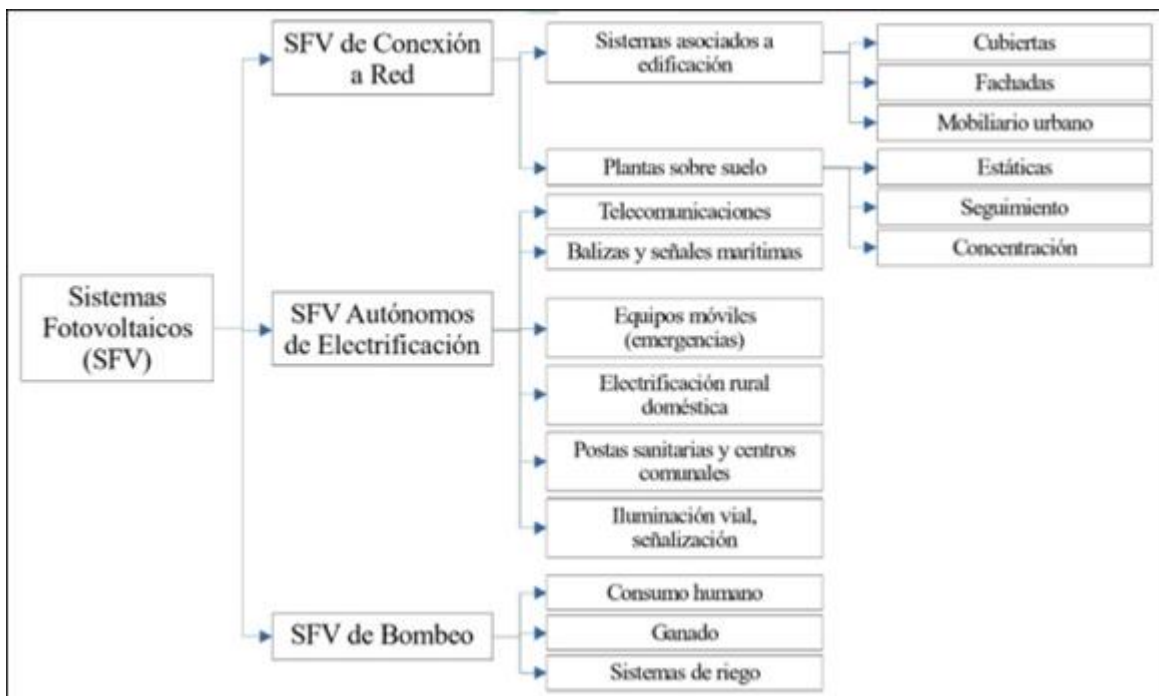


Figura 1. Clasificación de aplicaciones fotovoltaicas. Adaptado de Perpiñán (2020).

Pascaris et al. (2021), realizaron una investigación sobre energía agrovoltaica, que consiste en aprovechar una misma superficie de terreno para obtener energía solar y productos agrícolas; de lo cual concluyeron que, para suplir la demanda global de alimentos y energía, el aprovechamiento del suelo debe ser complementario, no competitivo. De hecho,

existe una creciente aceptación por la generación de energía eléctrica mediante los SFV, siendo el principal atractivo de la agrovoltaica el poder mantener el uso agrícola del suelo, a la vez que se genera energía. Adicionalmente, los autores precisaron que, este potencial para aumentar la aceptación local de la energía solar da a los desarrolladores y legisladores una razón para diseñar modelos de participación pública y medidas políticas que apoyen el desarrollo agrovoltaico.

Si bien lo anteriormente mencionado resulta alentador, aún persiste la dependencia de combustibles fósiles en el sector agropecuario. Recientemente, por problemas confrontados a nivel nacional, hubo escasez de combustible en la región occidental de Panamá (Figura 2); la cual constituye la principal zona de producción agropecuaria. Como alternativa promisoría para los *pick up* y otras maquinarias de uso agrícola que funcionan con diésel o gasolina, algunas empresas están invirtiendo en investigación, innovación y desarrollo (I+I+D), para motores eléctricos que no dependan de combustible fósil. Por ejemplo, Ford introdujo el modelo F-150 Lightning, el cual es completamente eléctrico y su versión básica rondaría los USD 40 000,00, rindiendo además 370 km de recorrido con la batería completamente cargada; la cual puede ser mayor capacidad en versiones más equipadas. Se espera que, en el año 2023, inicien la producción anual con 40 mil unidades (Reuters, 2021).



Figura 2. Fila en la vía Interamericana, esperando por combustible (21/jul./2022).

El poder recargar un vehículo de este tipo con energía generada mediante los SFV, es otro beneficio que potencialmente representaría un ahorro en combustible de al menos un 50%; sumado a una disminución de contaminantes en el ambiente y a la posibilidad de invertir ese dinero ahorrado en mejorar el nivel tecnológico de la finca, con equipos de mayor eficiencia en cuanto al consumo energético. Por ejemplo, Arcia et al. (2019), desarrollaron un SFV con un mecanismo de rotación automática, para mejorar la eficiencia al captar perpendicularmente la luz solar en las fotoceldas de silicio; logrando un incremento de hasta 16,77% en la producción de energía.

Energía eólica

Por muchos siglos, la energía del viento ha sido aprovechada para múltiples labores, como moler granos y bombear agua de pozos. Si bien su uso fue menguado por dar pase a la energía eléctrica y los combustibles fósiles, en años recientes se ha incrementado el interés por las energías renovables; de la mano con una mayor preocupación por los impactos negativos en

el ambiente, derivados del uso de combustibles fósiles. Los agricultores y ganaderos con predios en áreas con vientos, pueden obtener cosechas y criar animales, mientras se genera energía mediante turbinas (Pace Law School, 2011).

La producción de energía eólica es relativamente económica y accesible. Los mantenimientos de los parques eólicos no son tan complejos y, dependiendo de los factores naturales donde se ubiquen, pueden garantizar suministro energético a largo plazo. El parque eólico de Penonomé, Provincia de Coclé, es el primero en Panamá y el más grande en Centroamérica, cuenta con 108 aerogeneradores capaces de generar 270 MW al año; lo cual equivale a satisfacer la demanda energética de 100 mil familias, es decir, más de medio millón de personas aproximadamente. Aunque la producción de energía es durante todo el año, el 75% de la misma se genera entre los meses de diciembre y mayo, que corresponde a la estación seca en Panamá (Loo, 2015; Bonilla, 2017).

La Secretaría Nacional de Energía (2016), citó estudios elaborados por ETESA (Empresa de Transmisión Eléctrica), los cuales estimaron el potencial eólico en Panamá en 7180 MW, con un área aprovechable de 897,71 km² (aproximadamente el 1,9% del territorio nacional). Entre las Provincias con mayor potencial eólico, están Bocas del Toro (840 MW), Coclé (940 MW), Colón (1557 MW) y Veraguas (704 MW).

La Asamblea Nacional, mediante la Ley No. 43 de lunes 25 de abril de 2011, establece en el artículo 2, que los objetivos estratégicos de la Secretaría Nacional de Energía son los siguientes:

- Promover una matriz energética capaz de disminuir costos, impacto, vulnerabilidad y dependencia, acorde con la demanda esperada.

- Promover políticas que aseguren la cobertura y la accesibilidad a la energía.
- Promover la optimización del uso de los recursos energéticos.
- Maximizar la eficiencia energética del país.
- Promover mercados competitivos.
- Propiciar un marco normativo que facilite las reglas para un sector energético moderno y eficiente.

Sumado a lo anterior, la Asamblea Nacional, mediante la Ley No. 44 de lunes 25 de abril de 2011, establece en el artículo 21 que, las centrales eólicas que se amparen en los incentivos establecidos en dicha ley, deberán cumplir con altos estándares técnicos y de desempeño, acordes con las últimas tecnologías y mejores prácticas de la industria.

La UCS (2003), estimó que el tiempo de vida útil de una turbina es de 30 años; con lo cual, con un adecuado mantenimiento y procurando que la mayor parte de la demanda energética de la vivienda y de las operaciones en la finca sean cubiertas con la energía eólica generada, se puede lograr conseguir un retorno completo de la inversión a mediano o largo plazo, dependiendo también del tamaño de la turbina y de que se logre ocupar toda la energía generada por la turbina tanto en la vivienda como en la finca.

Otro aspecto que preocupa a algunas personas es la posible afectación del valor de los terrenos en los cuales se instalan las turbinas. Según Sampson et al. (2020), las turbinas no afectan dicho valor, ya sea que estén instaladas dentro de la finca o en los alrededores. Por otro lado, los autores tampoco pudieron confirmar que el contar con una turbina incrementase el valor de la propiedad.

Si bien se han abordado los SFV y las turbinas por separado, en realidad son sistemas que en muchos casos se implementan de manera complementaria; debido a los cambios en las

corrientes de viento (como se explicó previamente, en estación seca son mayores) o a la variación de la luz solar durante el día o en periodos con lluvia, ya que en la noche no se genera energía fotovoltaica y las turbinas sí podrían generar energía aprovechando las corrientes eólicas nocturnas. En este sentido, Acosta-Silva et al. (2019), trabajaron sobre la aplicación de los sistemas de energía renovable eólica y solar aplicados en casas de vegetación (invernaderos), encontrando que representan un ahorro importante en combustible y, por ende, contribuyen con la sostenibilidad de dichos sistemas productivos.

Biogás y producción de abonos orgánicos

Los biodigestores son una tecnología que transforma, mediante fermentación anaeróbica, residuos orgánicos (estiércol, basura orgánica, aguas servidas, entre otros), en biogás y abono; contribuyendo con la producción de energía limpia, reduciendo los riesgos de contaminación ambiental y generando beneficios económicos, mediante el ahorro energético y el aprovechamiento de abonos. El biogás es un combustible cuya composición es de 50 a 80% metano, 30 a 40% CO₂, ácido sulfhídrico y trazas de otros elementos. El biogás es el mismo gas natural que se comercializa y es similar al propano o butano, utilizados para el funcionamiento de equipos (Guerrero et al., 2013; Martí et al., 2017).

Si bien en muchos casos los biodigestores son operados utilizando estiércol de res o de cerdo, en Perú se tiene el cuy o cobayo (*Cavia porcellus* (L., 1758)) (Figura 3A), el cual, además de servir como alimento, su estiércol se puede aprovechar para la obtención de biogás y biol (abono líquido). Ramírez (2017), entrevistó a la Dra. Carmen Felipe-Morales Basurto (Figura 3B), quien hace más de 25 años implementó en su finca "Bioagricultura Casa

Blanca", un biodigestor con 10 m³ de capacidad, el cual produce semanalmente 200 litros de biol (Figura 3C) y es abastecido cada semana con 200 litros de pre-compost. Además, este biodigestor utilizando estiércol de cuy, puede producir 3 m³ de biogás diarios (tres veces lo que se obtendría utilizando estiércol de res); suficiente para cuatro a cinco horas de uso en la cocina. Otro beneficio del biodigestor es un abono sólido (biosol).



Figura 3. Finca "Bioagricultura Casa Blanca": A) Cuy; B) Dra. Carmen Felipe-Morales explicando el funcionamiento del biodigestor; C) Biol. Fotos: R. Collantes.

El segundo autor tuvo oportunidad de conocer dicha finca, observándose como otro beneficio que se puede obtener de este tipo de emprendimientos, el desarrollo de agroecoturismo, dado que se reciben frecuentemente visitas de colegios, universidades y profesionales que desean ser capacitados sobre la materia, mediante cursos dictados por la Dra. Carmen Felipe-Morales y por su esposo, el Dr. Ulises Moreno. Sumado a ello, el cuy forma parte de la gastronomía tradicional de Perú, el cual también puede ser preparado y servido, a solicitud de los visitantes de la finca.

Alhassany et al. (2022), analizaron el potencial bioenergético que se podría producir en Irak, encontrando que, 10 millones de toneladas de rastrojos agrícolas podrían generar 115 PJ de energía por año; mientras que 10 millones de cabezas de ganado contribuirían con la producción de 72 millones de metros cúbicos de biogás por día, traducidos en 946 TJ por año, principalmente a base de estiércol. De acuerdo con información de INEC (2020), Panamá contaba con un total de 1 505 500 cabezas de ganado; con lo cual, tomando como referencia las estimaciones de Alhassany et al. (2022), representarían un potencial de alrededor de 10 millones de metros cúbicos de biogás por día. Considerando además la estimación de Iniciativa Panamá Sin Pobreza (2020), basados en información del INEC, se estima que actualmente en Panamá hay más de un millón de viviendas ocupadas; con lo cual, este potencial de biogás serviría virtualmente para satisfacer el consumo promedio de gas de cocina por vivienda, disminuyendo la dependencia de gas propano o butano.

Aunque estas proyecciones sean alentadoras, Varnero (2011), indicó como factores determinantes en la producción de biogás:

- Naturaleza y composición bioquímica de las materias primas.
- Relación carbono/nitrógeno de las materias primas.
- Niveles de sólidos totales y sólidos volátiles.
- Temperatura.
- Tiempo de retención hidráulico (TRH) y velocidad de carga orgánica.
- Rangos de pH y alcalinidad.
- Nutrientes (niveles de sales).
- Potencial Redox.
- Tóxicos e inhibidores de la metanogénesis.

- Promotores de metanogénesis (inoculantes biológicos).

Hidrógeno como combustible para el sector agropecuario

Hace más de una década, la empresa New Holland desarrolló un prototipo de tractor que funciona con hidrógeno, el cual es viable y funcional; contribuyendo con la sostenibilidad de la agricultura, al ser una alternativa frente a los tractores que funcionan con diésel. El tractor cuenta con autonomía y potencia para realizar las mismas labores que un vehículo con motor convencional. Como principal ventaja, el hidrógeno no genera emisiones de CO₂. Funciona mediante un sistema híbrido, en el cual un motor eléctrico desarrolla la propulsión mecánica y una pila de combustible hidrógeno genera la electricidad para alimentar el motor. El tamaño de la pila dependerá de la potencia requerida y la autonomía del tractor estará en función del tamaño del depósito de almacenamiento de hidrógeno a presión. Se estima que, para una jornada de trabajo de ocho horas, se requieren 50 kg de combustible de hidrógeno, siendo el tiempo de recarga estimado de una hora aproximadamente (Repuestos Fuster, 2021).

Por otro lado, recientemente se descubrió un nuevo método sostenible y práctico para producir hidrógeno a partir del agua. A diferencia de los métodos actuales, este método no requiere metales raros, que son caros o escasos. En cambio, ahora se puede producir hidrógeno para celdas de combustible, para la producción de fertilizantes agrícolas y para la industria (plásticos, químicos, medicinas, entre otros) (Figura 4); usando cobalto y manganeso, dos metales bastante comunes (Li et al, 2022; Riken, 2022).

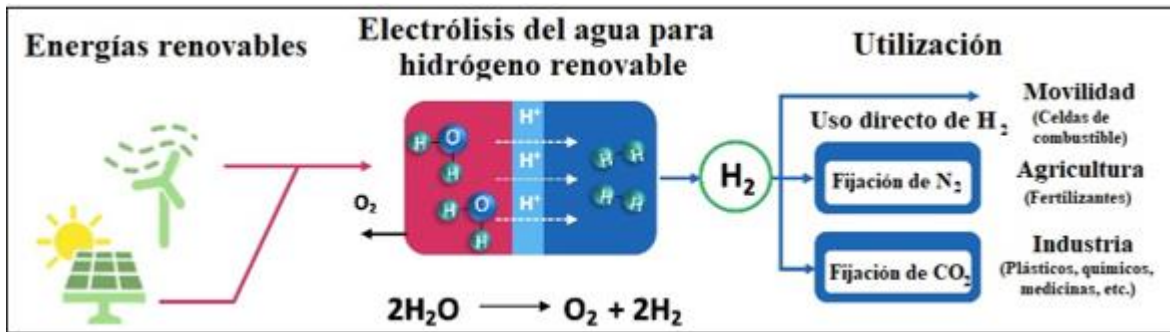


Figura 4. Producción sostenible de hidrógeno. Adaptado de Riken (2022).

La compañía Amogy, ha desarrollado el prototipo de un sistema de conversión para tractores de diésel, a fin de que utilicen amoníaco como combustible; el cual no genera gases contaminantes. Resulta apropiado para el uso agrícola, dado que el amoníaco está disponible en abundancia y ofrece una alta densidad energética. El sistema posee un tanque con amoníaco líquido, el cual se conecta a unos módulos que separan el nitrógeno del hidrógeno; este último alimenta una celda de combustible, que ofrece una densidad energética cinco veces superior a la de una batería de litio con más de 700 vatios-hora por kilo. Si bien existe una proyección para aplicar esta tecnología en otros tipos de vehículos, la producción de amoníaco sigue generando demasiado CO₂ (Kardoudi, 2022).

De manera similar a lo presentado en el caso anterior, el Proyecto Piloto H2Agrar, desarrollado en Alemania, pretende estudiar el uso y rendimiento potencial del hidrógeno para maquinaria agrícola; además evaluar las necesidades técnicas para una infraestructura de hidrógeno en la agricultura. Todo ello constituirá la base para futuras investigaciones sobre la reducción de las emisiones de CO₂ de los vehículos agrícolas (Fendt, 2022).

La Secretaría Nacional de Energía, mediante la Resolución No. MIPRE-2022-0002354, de 24 de enero de 2022, en los artículos 3 y 4, conforma el Comité de Alto Nivel de Hidrógeno Verde (CANHV) y el Comité Técnico de Hidrógeno Verde (CTHV) respectivamente. Considerando la importancia del hidrógeno en la agricultura, tanto para la producción de fertilizantes (amoníaco verde), como de combustible, es pertinente que a futuro se contemple en ambos equipos de trabajo, la participación del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y de la Universidad de Panamá, a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias; entidades insignes del sector que pueden contribuir sobre la materia.

Baterías utilizadas en sistemas energéticos renovables

Si bien se han abordado algunos de los principales sistemas energéticos renovables, un componente indispensable para el adecuado aprovechamiento de la energía eléctrica generada es la batería. Esto adquiere mayor relevancia, dado que al no contar con una batería que permita almacenar toda la energía generada mediante un SFV, una turbina o mediante biogás, se estaría desaprovechando toda esta riqueza energética. Investigadores de la Universidad Politécnica de Madrid, han desarrollado una batería termofotovoltaica, que permite almacenar cantidades considerables de electricidad renovable, además de suministrar electricidad y calor bajo demanda. Además, este sistema puede producir 100 veces más potencia que una planta de energía solar convencional, con una eficiencia entre 30 y 40%, según la temperatura de la fuente de calor; siendo el silicio y el ferrosilicio los materiales que pueden almacenar dicha energía a bajo costo (Híbridos y Eléctricos, 2022).

En la actualidad, diversos sistemas eléctricos e híbridos utilizan baterías de ion-litio; el cual representa el principal uso que se le da a este elemento. Bolivia, Chile y Argentina conforman el denominado "Triángulo del Litio", al concentrar alrededor del 67% de las reservas probadas de litio en el mundo y cerca del 50% de la oferta global. La demanda de litio para este rubro, pasó de 20 026 t LCE (carbonato de litio equivalente) en el año 2008 a 77 821 t en el año 2016; lo cual implica que el consumo de litio para construcción de baterías haya pasado de un 17% al 39% del total de la demanda durante este periodo. La cadena de valor en la fabricación de baterías de ion-litio, está conformada por seis eslabones: i) Materias primas; ii) Fabricación de componentes de las celdas (ánodo, cátodo, electrolito y separadores); iii) Fabricación de celdas; iv) Producción de baterías; v) Usos que se le dan a las baterías; vi) Reciclaje de las baterías (Figura 5) (López et al., 2019).

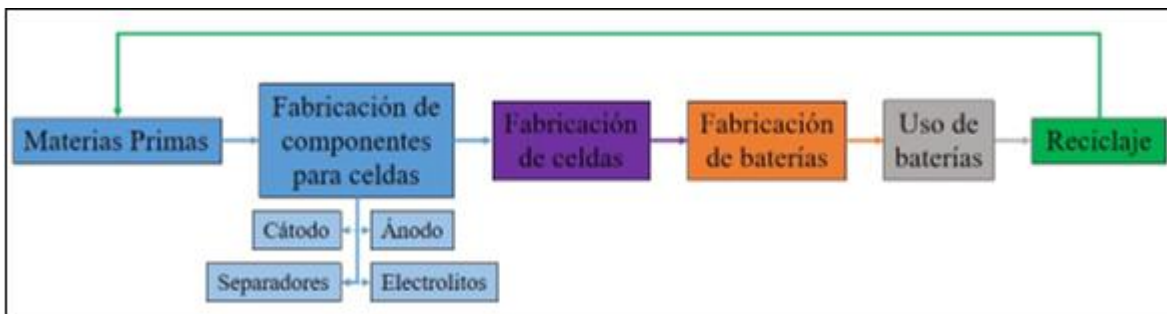


Figura 5. Cadena de valor en la fabricación de baterías. Adaptado de López et al. (2019).

Si bien la mayoría de sistemas ocupan en la actualidad baterías de litio, existe una creciente preocupación sobre el destino final. Se estima que para el año 2030, 11 millones de toneladas de baterías de ion-litio llegarán al final de su vida útil; lo cual exigirá esfuerzos en

la mejora de los sistemas de reciclaje de estos materiales. Esto, sumado a la escasez de algunos componentes como el cobalto, están obligando a innovar mediante la utilización de materiales más fáciles de encontrar, como silicio u oxígeno (Enel, 2022). Por su parte, Obaya y Céspedes (2021), afirmaron que el litio está entre los 25 elementos más abundantes del planeta, siendo una limitante encontrarlo en depósitos que permitan alcanzar niveles altos de concentración con procesos económicamente rentables. Del año 2010 al 2020, los recursos identificados de litio han aumentado en un 261%, pasando de 175 millones de toneladas de LCE a 457 millones de toneladas de LCE.

¿Biodiesel?

Si bien desde hace más de dos décadas se promocionó, como alternativa a los combustibles fósiles, el uso del biodiesel obtenido del cultivo de especies de alta densidad energética; este resulta ser un competidor directo con los sistemas agrícolas para la producción de alimentos. Panamá es uno de los países con baja disponibilidad de tierra arable para la expansión de la frontera agropecuaria, por lo que es mandatorio priorizar la producción de alimentos, en aras de contribuir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Sumado a esto, al considerar todo lo que conlleva la producción, recolección y refinado del biodiesel, este puede contaminar tres veces más que los combustibles fósiles. Adicionalmente, el biodiesel tiene menor capacidad energética, mayor degradación y puede provocar problemas en algunas maquinarias (Gazzoni, 2009; Cid, 2019; Zoilorios, 2020).

CONCLUSIONES

Del presente trabajo se puede concluir que, actualmente existen alternativas para el aprovechamiento sostenible de energías renovables, que pueden ser complementarias y adaptables para su utilización en la agricultura y la ganadería en Panamá y en otros países de América Latina y el Caribe (ALC). Sin embargo, el posible éxito de estos emprendimientos dependerá del nivel de compromiso, de la capacidad de gestión y de la adaptación de las tecnologías disponibles; lo cual a su vez debe estar respaldado con el desarrollo y fortalecimiento del talento humano. Si bien existen iniciativas de carácter legislativo en el país sobre la materia, estas merecen ser revisadas y actualizadas, a fin de que los entes del sector agropecuario cuenten con una participación plena en la planificación estratégica y la toma de decisiones respecto a investigación, innovación y desarrollo energético en Panamá.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo logístico brindado para la elaboración del presente trabajo.

REFERENCIAS

Acosta-Silva, Y., Torres-Pacheco, I., Matsumoto, Y., Toledano-Ayala, M., Soto-Zarazúa, G., Zelaya-Ángel, O., y Méndez-López, A. (2019). Applications of solar and wind renewable energy in agriculture: A review. *Science Progress*, 102(2), 127-140.
<https://doi.org/10.1177%2F0036850419832696>

- Alhassany, H., Abbas, S., Tostado-Véliz, M., Vera, D., y Kamel, S. (2022). Review of Bioenergy Potential from the Agriculture Sector in Iraq. *Energies*, 15, 2678. <https://doi.org/10.3390/en15072678>
- Arcia, A., Schlager, A., y Ramírez, M. (2019). Desarrollo de un sistema fotovoltaico de generación eléctrica acoplado a un mecanismo de rotación automático (resultados preliminares). *Investigación Y Pensamiento Crítico*, 7(2), 78-84. <https://doi.org/10.37387/ipc.v7i2.114>
- Asamblea Nacional, PA. (2011). Ley No. 43 de lunes 25 de abril de 2011, que reorganiza la Secretaría Nacional de Energía y dicta otras disposiciones. *Gaceta Oficial*, 26771. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26771/GacetaNo_26771_20110425.pdf
- Asamblea Nacional, PA. (2011). Ley No. 44 de lunes 25 de abril de 2011, que establece el régimen de incentivos para el fomento de la construcción y explotación de centrales eólicas destinadas a la prestación del servicio público de electricidad. *Gaceta Oficial*, 26771. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26771/GacetaNo_26771_20110425.pdf
- Bonilla, M. (2017). Desarrollo de la energía eólica en Panamá. *El Tecnológico*, marzo, 7-8. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/el-tecnologico/article/view/1284/1722>
- Cid, G. (2019). *El 'biodiésel' por el que apuesta la UE contamina 3 veces más que el diésel normal*. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/ciencia/2019-04-09/combustible-verde-aceite-palma-union-europea-contaminacion_1932978/
- Cooper, M. (2012). *Energías renovables no convencionales en la agricultura*. Ministerio de Agricultura, Oficina de Estudios y Políticas Agrarias, CL. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2012/07/6587_ArtEnerRenov072012.pdf
- Enel. (2022). *Sistemas de almacenamiento con baterías de litio*. <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/almacenamiento/baterias-de-litio>
- Fendt. (2022). *El proyecto piloto H2Agrar es premiado con el galardón DLG Agrifuture Concept 2022*. <https://www.fendt.com/es/proyecto-piloto-h2agrar>
- Fracastoro, G. V. (2014). The role of renewables in the energy crisis. *E3S Web of Conferences*, 2, 02003. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/20140202003>
- Gazzoni, D. (2009). *Biocombustibles y alimentos en América Latina y el Caribe*. IICA, CR. 118 p. <http://repiica.iica.int/docs/B1569E/B1569E.pdf>
- Guerrero, B., Ramos, D., y García, C. (2013). *Instalación de un biodigestor de polietileno de bajo costo*. Proyecto: Manejo Ambiental Integrado para el Mejoramiento y Competitividad de Micros, Pequeñas y Medianas Granjas Porcinas. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

<http://www.idiap.gob.pa/download/instalacion-de-un-biodigestor-de-polietileno-de-bajo-costo/?wpdmdl=1864>

- Híbridos y Eléctricos. (2022). *Baterías termofotovoltaicas: una solución barata para almacenar energía renovable*.
<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/tecnologia/baterias-termofotovoltaicas-solucion-barata-almacenar-energia-renovable/20220326194103056065.html>
- Huerga, I., y Venturelli, L. (s. f.). *Energías Renovables. Su implementación en la Agricultura Familiar de la República Argentina*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Instituto de Ingeniería Rural (IIR), ARG.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-energias_renovables.pdf
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2014). *Guía Metodológica: Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*. IICA – San José, CR. 48 p. <http://repiica.iica.int/B3661e/B3661e.pdf>
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA). (2020). *Existencia de ganado vacuno en la República, por provincia y comarca indígena: Año 2020*.
<https://www.inec.gob.pa/archivos/P0705547520210423113855EXISTENCIA%20D E%20GANADO2020.pdf>
- Iniciativa Panamá Sin Pobreza. (2020). *Situación Demográfica y de Vivienda: Situación Demográfica de Panamá*. <https://panamasinpobreza.org/situacion-demografica-de-panama/>
- Kardoudi, O. (2022). *La tecnología de amoníaco que puede eliminar el diesel*. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/novaceno/2022-06-05/primer-tractor-utiliza-amoniaco-combustible_3436099/
- Li, A., Kong, S., Guo, C., Ooka, H., Adachi, K., Hashizume, D., Jiang, Q., Han, H., Xiao, J., y Nakamura, R. (2022). Enhancing the stability of cobalt spinel oxide towards sustainable oxygen evolution in acid. *Nature Catalysis*, 5, 109–118.
<https://doi.org/10.1038/s41929-021-00732-9>
- Loo, K. (2015). *Parque Eólico de Penonomé generará 270 MW en 2015*. La Estrella de Panamá. [https://www.laestrella.com.pa/economia/150303/270-parque-eolico-penonome-generara#:~:text=Con%20una%20inversi%C3%B3n%20de%20%24570,\)%2C%20a%20cargo%20del%20proyecto.](https://www.laestrella.com.pa/economia/150303/270-parque-eolico-penonome-generara#:~:text=Con%20una%20inversi%C3%B3n%20de%20%24570,)%2C%20a%20cargo%20del%20proyecto.)
- López, A., Obaya, M., Pascuini, P., y Ramos, A. (2019). *Litio en Argentina: Oportunidades y desafíos para el desarrollo de la Cadena de Valor*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001553>

- Martí, J., Pino, M., y Viquez, J. (2017). *Biogás en el sector lechero en Chile*. Ministerio de Energía, CL / Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial / Global Environment Facility. <https://biogaslechero.minenergia.cl/wp-content/uploads/2018/06/Guia-Biogas-sector-lechero-2018.pdf>
- Medina, G. (2010). *El uso de las energías renovables en la agricultura*. https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/arti_289_12.%20Energ%C3%A4Das%20Renovables.pdf
- Obaya, M., y Céspedes, M. (2021). *Análisis de las redes globales de producción de baterías de ion de litio: implicaciones para los países del triángulo del litio*. Documentos de Proyectos (LC/TS.2021/58), Santiago, CL. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46943/S2100250_es.pdf
- Pace Law School. (2011). *Wind & Agriculture*. Pace Energy and Climate Center. https://law.pace.edu/sites/default/files/PECC/Wind_and_Agriculture_TOP_20OCT11.pdf
- Pascaris, A., Schelly, C., Burnham, L., y Pearce, J. (2021). Integrating solar energy with agriculture: Industry perspectives on the market, community, and socio-political dimensions of agrivoltaics. *Energy Research & Social Science*, 75, 102023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.erss.2021.102023>
- Perlman, G., y Pava, P. (2019). *Diversificación de la matriz energética en Panamá*. Centro de Incidencia Ambiental de Panamá (CIAM). https://www.mcgill.ca/pfss/files/pfss/diversificacion_de_la_matriz_energetica_de_panama.pdf
- Perpiñán, O. (2020). *Energía Solar Fotovoltaica*. <https://oscarperpinan.github.io/esf/ESF.pdf>
- Ramírez, G. (2017). *Biogás en Perú, energía limpia transformando guano de cuy*. Sur y Sur. <https://www.surysur.net/biogas-en-peru-energia-limpia-transformando-guano-de-cuy/>
- Repuestos Foster. (2021). *¿Qué es y cómo funciona el tractor de hidrógeno?* <https://www.repuestosfuster.com/blog/que-es-y-como-funcional-el-tractor-de-hidrogeno/>
- Reuters. (2021). *Ford Wires Its First Electric Trucks for Business Customers*. Farm Journal. <https://www.agweb.com/news/business/technology/ford-wires-its-first-electric-trucks-business-customers>
- Riken. (2022). *A new, sustainable way to make hydrogen for fuel cells and fertilizers*. https://www.riken.jp/en/news_pubs/research_news/pr/2022/20220215_1/index.html

- Sampson, G., Perry, E., y Taylor, M. (2020). The On-Farm and Near-Farm Effects of Wind Turbines on Agricultural Land Values. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 45(3), 410–427.
<https://econpapers.repec.org/scripts/redir.pf?u=https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.22004%252Fag.econ.302463;h=repec:ags:jlaare:302463>
- Secretaría Nacional de Energía, PA. (2016). *Plan Energético Nacional 2015-2050*. Aprobado por Resolución de Gabinete No. 34, del 29 de marzo de 2016. *Gaceta Oficial*, 28003-A.
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28003_A/GacetaNo_28003a_20160405.pdf
- Secretaría Nacional de Energía, PA. (2022). Resolución No. Mipre-2022-0002354, de lunes 24 de enero de 2022, que adopta las bases de la Fase 1 de la hoja de ruta de hidrógeno verde en la República de Panamá y crea los Comités al servicio del hidrógeno verde de Panamá. *Gaceta Oficial*, 29461-A.
https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/29461_A/GacetaNo_29461a_20220124.pdf
- UCS (Union of Concerned Scientists, US). (2003). *Farming the Wind: Wind Power and Agriculture*. https://www.ucsusa.org/sites/default/files/2019-09/agfs_wind_2003.pdf
- Vahedi, M., y Hosseini, A. (2017). The Application of Solar Energy in Agricultural Systems. *Journal of Renewable Energy and Sustainable Development*, 3(2), 234-240. <http://dx.doi.org/10.21622/RES.D.2017.03.2.234>
- Varnero, M. (2011). *Manual de Biogás*. Ministerio de Energía, CL / Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / Global Environment Facility.
<https://www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf>
- Zoilorios. (2020). *¿Qué es el biodiésel? Conoce las ventajas y desventajas de este combustible*. <https://www.zoilorios.com/noticias/que-es-el-biodiesel-ventajas-y-desventajas>

PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE BIOMASA DE LA MORERA (*Morus alba*) BAJO TRES DISTANCIAS DE SIEMBRA Y FRECUENCIAS DE PODA.

PRODUCTION AND QUALITY OF BIOMASS OF THE MORERA (*Morus alba*)
UNDER THREE PLANTING DISTANCES AND PRUNING FREQUENCY.

Edgar A. Polo.¹; Yaliska Moreno.²

¹Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela de Ciencias Pecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá.

epolo61@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1246-2355>

²Universidad de Panamá. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ciencias Pecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá.

yaliska.moreno@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-6643-7713>

Recepción: 4 de agosto de 2022

Aprobación: 30 de septiembre de 2022

Resumen

Se realizó un experimento en Naranjal distrito de Chepo, Panamá, República de Panamá. El objetivo de este experimento fue determinar los efectos nutricionales y productivos de las distancias de siembra y frecuencias de poda del arbusto Morera (*Morus alba*). El diseño experimental fue bloques completos al azar en un arreglo factorial 3x3 con tres repeticiones. La distancia entre plantas fue de 0.40, 0.50 y 0.60 m. La frecuencia de poda fueron a cada 8, 12 y 26 semanas de rebrote a una altura de 0.40 m del suelo. La altura media de las plantas y la producción de materia seca se incrementó conforme aumentó las frecuencias y las distancias de siembras. Las distancias de siembras y las frecuencias de poda resultaron altamente significativas ($P < 0.01$) sobre la producción de materia seca de la planta entera, tallos y hojas. Los valores de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* fueron significativos ($P < 0.05$) solo en las frecuencias de poda; disminuyendo sus contenidos al aumentar los intervalos de corte.

Palabras claves: Producción, calidad, Morera, *Morus alba*, distancias de siembra, frecuencia de poda.

Abstract

An experiment was carried out in Naranjal district of Chepo, Panama, Republic of Panama.

The objective was to establish the nutritional and productive effects of sowing distances and

prune frequencies upon morera shrub (*Morus alba*). Three replications in a complete block with a 3x3 factorial arrangement experimental design were used. Distances among plants were 0.4, 0.5 and 0.6 m, and prune frequencies from morera sprout were 8, 12 and 16 weeks at 0.4 m height. The mean plant height and dry matter forage yield were increasing as sowing distances and prune frequencies increased. Sowing distances and prune frequencies effects were highly significant ($P<0.01$) over whole plant, stalk and leave dry matter forage yield. Raw protein and *in vitro* digestibility values were significant ($P<0.05$) for the pruning frequencies only, were increases in the cutting intervals, diminish their contents.

Key words: Production, quality, Morera, *Morus alba*, planting distances, pruning frequency.

INTRODUCCIÓN

El uso de follaje de árboles y arbustos en la alimentación de rumiantes es una práctica conocida por los productores de América Central desde hace siglos y cuyo conocimiento empírico sobre las propiedades forrajeras de diferentes especies es de gran valor para la ciencia y la tecnología (Benavides, 1995).

Las leguminosas arbustivas, los árboles y arbustos ofrecen ventajas sobre las especies herbáceas teniendo como características positivas, mayor persistencia, producción de materia seca y una capacidad de retener follaje de alta calidad sobre condiciones de estrés. En su manejo deben ser consideradas diversos parámetros relacionados con la respuesta morfo-fisiológica y la sobrevivencia de las plantas siendo destacadas por Costas et al. (1991), el periodo de crecimiento y distancias de siembras las cuales afectan marcadamente el rendimiento y la calidad del forraje.

La morera es un árbol o arbusto de porte bajo con hojas verdes claras brillosas. Las especies más conocidas *Morus alba* y *Morus nigra*, parecen tener su origen al pie del Himalaya y a

pesar de que proviene de área templado se le considera “cosmopolita” por su capacidad de adaptación a diferentes climas y altitudes (Benavides, 1995). El follaje de morera tiene un alto contenido de proteína cruda (PC) y una elevada digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), con valores obtenidos en América Central por el rango de 15 y 25 % de PC y de DIVMS entre 75 y 90 %.

La PC de la hoja de morera tiene una digestibilidad in vivo de 90% (Jegou et al., 1994). El tallo no lignificado (tallo tierno) también tiene una buena calidad bromatológica, con valores entre 7 y 14 % de PC (Benavides y Col., 1994; Espinoza, 1996; Rojas y Col, 1994). La calidad del follaje se afecta por factores ambientales. En la Costa del Pacífico de Costa Rica, con alta luminosidad y elevadas temperaturas, la PC y la DIVMS de las hojas se reducen (15.1 y 71.5%, respectivamente) en comparación con sitios más elevados de mayor nubosidad y menor temperatura (24.8 y 74.9%, respectivamente) como en las zonas montañosas de Costa Rica (Espinoza, 1996).

Por otra parte, en Costa Rica utilizando tres variedades de morera en las ciudades de Puriscal, Coronado y Paquera, Espinoza (1996) reporta rendimientos de MS total de 14.1, 22.3 y 25.4 tn/ha/año para cada variedad respectivamente determinando diferencias en la producción a factores climáticos. En Paquera a pesar de sufrir un largo período de sequía, la producción promedio de todas las variedades (31.2 tn MS/ha/año), duplicó la de Coronado (15.5 tn MS/ha/año) a pesar de su mejor régimen de lluvias debido a la mayor luminosidad y temperatura de Paquera y la menor nubosidad y temperatura de Coronado ubicada en una zona montañosa.

En Centroamérica, se han informado de un rendimiento de 19 a 28 tn/ha/año de materia seca con plantas enteras, cosechadas a 60-80 cm sobre el nivel del suelo, en intervalos de poda de seis a doce semanas (Blanco, 1992; Rodríguez y Col. 1994).

El objetivo de este trabajo fue determinar los efectos de las distancias de siembra y frecuencias de poda del arbusto morera (*Morus alba*), a través de los aspectos productivos y nutritivos.

MATERIALES Y METODOS

El experimento fue desarrollado en la localidad de El Naranjal, corregimiento de Chepo, Provincia de Panamá, a 40 msnm, con precipitación media anual de 2475 mm y temperatura media anual de 32°C. El suelo del área se clasificó como fino, mezclado, isohipertérmico,

aquic hapludoll arcilloso, con ph de 5.0, contenido medio de materia orgánica (4.6%), bajo en fósforo (1.0 ug/ml), bajo en potasio (28ug/ml), bajo en calcio y en magnesio (0.02 y 0.08meq/100ml respectivamente) y alto en aluminio (1.8 meq/100ml). Fue utilizado un diseño experimental de bloques completos al azar en un arreglo factorial 3x3 con tres repeticiones. El factor A fue las distancias de siembras (0.40, 0.50 y 0.60m) y 8, 12 y 16 semanas de frecuencias de poda, el factor B. El tamaño de las parcelas experimentales fue de 12 m². La preparación del terreno consistió en dos pases de rastra usando un monocultivador. La siembra se realizó con estacas con tres yemas axilares enterrándose a 0.35m de profundidad. La fertilización a la siembra fue de 181.6 Kg./ha de la fórmula 12-24-12. Al segundo año se hizo la misma aplicación de fertilizantes en el mes de mayo. Se realizaron 10, 6 y 6 cortes a una altura de 0.40m del suelo para intervalos de 8, 12, y 16 semanas después del rebrote respectivamente. Se midió la altura de plantas y de cada parcela se tomo una muestra de forraje de aproximadamente 0.250 kg. para determinar el contenido de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y la digestibilidad *in vitro* (DIVMS). Fue realizado análisis de varianza y comparación entre medias a través de la prueba Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

ALTURA DE LAS PLANTAS (cm):

El análisis de varianza para la variable altura de plantas de la leguminosa Morera muestra diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), para las frecuencias de poda y distancias de siembra ($P < 0.05$) (Cuadro 1). La altura media de las plantas fue creciendo conforme aumentaron las frecuencias de poda y las distancias de siembra. Las mayores alturas de las plantas fueron obtenidas a las 16 semanas de poda y las menores a las 8 semanas. La *Morus alba* presento aumento en la altura media de las plantas en las mayores distancias de siembras entre plantas (0.50 - 0.60 cm) (Cuadro 2).

Cuadro 1.

Análisis de varianza para la variable altura de plantas de la morera *Morus alba*.

El Naranjal, Chepo. Panamá

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Cuadrado Medio	Fcal	Pr>F
Repeticiones	2	0.01411296	0.70	N.S.
Frecuencia de poda	2	3.39134537	168.91	XX
Distancia de siembra	2	0.08447963	4.21	X

N.S. = No hay diferencia significativa

XX = Hay diferencias significativas al 1% de probabilidad

X = Hay diferencias significativas al 5% de probabilidad

Cuadro 2.

Efecto de las distancias de siembras y frecuencias de poda sobre la altura de plantas de la Morera (*Morus alba*). El Naranjal. Chepo, Panamá.

Distancia de siembra (cm)	Frecuencia de Poda			
	Semanas <u>1/</u> (cm)			Promedio de frecuencia por distancia de siembra
8	12	16		
40	1.42 c	1.78 b	2.31 a	1.84 C
50	1.45 b	2.04 a	2.28 a	1.92 B
60	1.44 c	2.04 b	2.52 a	2.00 A
Promedio	1.44	1.95	2.37	
	C	B	A	

1/ Valores en la misma línea seguidos de la misma letra minúscula y en la columna seguido por letra mayúscula no difieren entre si por la prueba de Duncan ($P \leq 0.05$)

El mayor espaciamiento de siembra resultó en un mayor incremento de la altura de plantas; lo que permitió mayor penetración de luminosidad y actividad fotosintética, así como reducción en la competencia por nutrientes y agua.

Para que se pueda manejar adecuadamente una planta forrajera es necesario conocer el efecto del manejo (altura e intervalos de corte), sobre sus características morfológicas y fisiológicas que tienen efecto sobre la producción y calidad del forraje.

RENDIMIENTO DE MATERIA SECA (Kg/ha).

EL Cuadro 3 y 4 muestran los rendimientos promedio de materia seca total de morera (Kg./ha), sus tallos y hojas, obtenido en este estudio en cada una de las distancias de siembra y frecuencias de corte. Las distancias de siembra y las frecuencias de poda resultaron altamente significativas ($P < 0.01$) sobre la producción de materia seca en la planta entera en

tallos y hojas. La densidad de siembra tuvo un efecto sobre la producción de materia seca de las plantas. Conforme aumentó la distancia de siembra se observó que los rendimientos se incrementaron. En la distancia de 0.40 cm entre plantas, la producción de hojas y tallos fue muy similar.

Al aumentar la distancia de siembra a 0.50 y 0.60 cm. la producción de hojas aumento a razón de 3500-3800 Kg./ha/año. El forraje total producido a la distancia de siembra de 0.40 m era constituido por 48% de hojas indicando una característica negativa, relacionada a un mayor potencial de aprovechamiento por los animales, cuando comparada con las distancias de siembra a los 0.50 y 0.60 m, que presentaron mayor productividad de biomasa de hojas y planta entera. 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 incremento proporcionalmente en la planta entera. El rendimiento en la hoja, entre las 8 y 12 semanas creció a razón de 62 Kg./ha/día y entre 12 y 16 semanas fue de 89.61 Kg./ha/día. El tallo creció a una velocidad de 126.1 Kg./ha/día entre las frecuencias de poda de 12 y 16 semanas. En la primera frecuencia de poda la producción de hoja fue superior a la de tallo, y en las dos frecuencias finales a las 12 y 16 semanas esa tendencia se invirtió, obteniéndose promedios de 57-58% de tallos respectivamente.

A pesar de los cambios en las proporciones de hojas y tallos el rendimiento de materia seca anual en la planta entera, mostró un aumento de producción a medida que los intervalos de corte eran más espaciados. En experimentos realizados con anterioridad confirman que tanto la distancia de siembra como la frecuencia de poda tienen una gran influencia sobre el rendimiento de la morera (Benavides et al. 1986; Rodríguez y col., 1994 y Boschini y col., 1998).

Cuadro 3

Rendimiento de materia seca de morera (*Morus alba*), a diferentes distancias de siembra

(Kg./ha/corte) El Naranjal, Chepo. Panamá . 1/

Distancia de siembra (cm)	Hojas	%	Tallos	%	Promedio Planta Entera
40	2511 b	48	2691 b	52	5202 b
50	3568 ab	53	3172 ab	47	6740 ab
60	3803 a	50	3828 a	50	7631 a

1/ Promedios en la misma columna seguidos por letras diferentes, difieren entre sí, al nivel de 1% de significancia según la prueba de Duncan.

Cuadro 4

Rendimiento de materia seca de morera (*Morus alba*), a diferentes frecuencias de poda

(Kg./ha/corte) El Naranjal, Chepo. Panamá . 1/

Frecuencia de Poda Semanas	Hojas	%	Tallos	%	Promedio Planta Entera
8	1596 c	53	1391 c	47	2987 c
12	3319 b	43	43836 b	57	7702 b
16	5828 a	42	7914 a	58	13742 a

1/ Promedios en la misma columna seguidos por letras diferentes, difieren entre sí, al nivel de 1% de significancia según la prueba de Duncan.

Este trabajo nos demuestra que las forrajeras tienen su productividad disminuida cuando se realizan cortes muy frecuentes y bajos, relacionados esto con la eliminación de los meristemas apicales cuyo desarrollo varía de acuerdo con la precocidad de alargamiento del tallo.

CALIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los valores de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* se presentan en el Cuadro N° 3, para las fracciones hoja y tallo. El análisis de varianza mostró efectos significativos ($P < 0.05$) para el contenido de proteína bruta y digestibilidad *in vitro* en las frecuencias de poda. El contenido de proteína bruta (%) y digestibilidad *in vitro* disminuye con el aumento de la frecuencia de poda.

Cuadro 5

Contenido de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* de la morera (*Morus alba*) a diferentes frecuencias de poda. El Naranjal, Chepo. Panamá. 1/

Frecuencia de Poda	Proteína Cruda (%) Hoja	Proteína Cruda (%) Tallo	DIVMS (%) Hoja	DIVMS (%) Tallo ^{1/}
8 semanas	22.4 a	14.5 a	90.3 a	70.8 a
12 semanas	17.6 b	7.3 b	71.5 b	56.4 b
16 semanas	13.3 c	4.3 c	50.4 c	40.7 c

^{1/} Valores seguidos con las mismas letras no difieren entre si ($P>0.05$ y $P>0.01$).

El potencial de una forrajera no debe ser evaluado tomándose en consideración solamente datos cualitativos. El Cuadro 5 muestra que al realizar las podas a las 16 semanas, se presentó la mayor producción de materia seca tanto en hojas como en los tallos, sin embargo, se reportaron los menores porcentajes de proteína bruta y digestibilidad *in vitro*, presentando una baja calidad para una gran cantidad de materia seca producida. Los valores de proteína cruda y digestibilidad *in vitro* que se dieron en este trabajo indican una calidad igual o superior a datos de América Central encontrados por Benavides y col, 1994, Espinosa, 1996; Rojas y col, 1994; Jegou y col., 1994).

CONCLUSIONES

La altura media de las plantas aumenta con las mayores frecuencias de poda y distancias de siembra.

La producción de materia seca se incrementó en la medida que aumentaron las distancias de siembras y las frecuencias de poda. Sin embargo en la frecuencia de poda se manifestó un desmejoramiento en la relación de hoja-tallo al aumentarse. Se estimó que a partir del corte a las 12 semanas esa relación disminuyó y la planta de morera fue adquiriendo una formación leñosa indeseable perdiendo su valor como productora de forraje arbustivo.

El aumento de intervalos entre cortes acarrió una disminución significativa en los contenidos de proteína bruta y digestibilidad *in vitro* tanto en hojas como en los tallos.

RECOMENDACIONES

1. Establecer la Morera a distancia de siembra entre plantas a 0.40 y 0.50m.
2. Utilizar el forraje de la Morera preferiblemente a la 8^{va} semana de rebrote, ya que contiene los mayores niveles de nutrientes.

BIBLIOGRAFÍA

- Benavides, J. 1995. Manejo y Utilización de la Morera (*Morus alba*) como forraje. Agroforestería en las Américas. 2, (7) 27-30.
- Benavides, J. E.; Lachaux, M.; Fuentes, M. 1994. Efecto de la aplicación de estiércol de cabra en el suelo sobre la calidad y producción de biomasa de Morera (*Morus sp.*). En: J.E. Benavides. ed. "Árboles y arbustos forrajeros en América Central". Vol. II Serie técnica. Inf. Técnico N°236. Turrialba, C.R. CATIE. pp. 495-514.
- Benavides, J.; Borel, R.; Esnaola, M.A. 1986. Evaluación de la producción de forraje del árbol de Morera (*Morus sp*) sometida a diferentes frecuencias y alturas de corte. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñaza. Resumen de las Investigaciones realizadas con rumiantes menores en el Proyecto de Sistemas de Producción Animal. Serie Técnica. Informe Técnico N°67 pp. 74-76.
- Blanco, R. 1992. Distancia de siembra y altura de corte en la producción y calidad del forraje de Morera (*Morus sp*) en el parcelamiento Cuyunta, Escuintla, Guatemala. Guatemala. Universidad de San Carlos. 15 p.
- Boschini, C.; Dormond, H.; Castro, A. 1998. Producción de biomasa de la Morera (*Morus alba*) en la meseta Central de Costa Rica, establecida y cosechada a diferentes distancias de siembra, alturas y frecuencias de poda. Revista Agronomía Mesoamericana 9(2): 28-39.
- Costas, N. De L.; Paulino Y.T.; Yeasey, E.S.; Leonidas, F. Das C. 1991 Efect of cutting frequency on the productivity of leucaena. Leucaena Research Reports, 12: 14-16

- Espinoza, 1996. Efecto del sitio y de la fertilización nitrogenada sobre la producción y calidad de la biomasa de tres variedades de Morera (*Morus alba*). Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE. 86 p.
- Jegou, D.; Waelput, J. J.; BRUNSCHWIG, G. 1994. Consumo y digestibilidad de la materia seca y del nitrógeno del follaje de Morera (*Morus sp.*) y Amapola (*Malvabiscus arboreus*) en cabras lactantes. In: J. E. Benavides ed. Arboles y Arbustos forrajeros en América Central”. Vol.I. Serie técnica. Informe técnico N° 236, Turrialba, C.R. CATIE pp. 155-162.
- Rodríguez, C.; Arias, R.; Quiñones, J. 1994. Efecto de la frecuencia de poda y el nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento y calidad de la biomasa de Morera (*Morus sp.*) en el trópico seco de Guatemala. Arboles y arbustos forrajeros en América Central. Serie Técnica. CATIE. Informe Técnico N° 236. Volumen II pp.515-528.
- Rojas, H.; Benavides, J. E.; fuentes, m. 1994. Producción de leche de cabras alimentadas con pastos y suplementadas con altos niveles de Morera. En: J. E.
- Benavides ed. “Arboles y arbustos forrajeros en América Central”.Vol. II. Serie técnica. Informe N° 236. Turrialba, C.R. CATIE pp 305-320.

**AFINIDAD MORFOMÉTRICA EN LA TRIBU COCCINELLINI (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) DE LA COSTA PERUANA**

**MORPHOMETRIC AFFINITY IN THE COCCINELLINI TRIBE (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) OF THE PERUVIAN COAST**

Rubén D. Collantes G. ¹; Diego R. Perla G. ²; Alexander R. Rodríguez B. ³

¹Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí. Panamá. rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

²Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Escuela de Posgrado. Perú. diego_perla_g@yahoo.com.pe <https://orcid.org/0000-0003-2856-4433>

³Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Facultad de Agronomía, Departamento de Entomología. Perú. arodriber@lamolina.edu.pe <https://orcid.org/0000-0001-6052-7160>

Recepción: 25 de agosto de 2022

Aprobación: 26 de septiembre de 2022

Resumen

Los insectos son bioindicadores importantes de calidad ambiental; destacando depredadores como las mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae). El objetivo del estudio fue emplear la morfometría para diferenciar especies de la tribu Coccinellini de la costa centro y sur de Perú. Para ello, se colectaron especímenes en los Departamentos de Lima e Ica y se identificaron en laboratorio. Se seleccionaron 42 individuos, midiéndose la longitud y ancho del cuerpo, pronoto y élitros; para desarrollar un análisis de conglomerados jerárquico, Método de Ward y distancia euclidiana cuadrada fijada en 8. De acuerdo con los resultados, se conformaron tres grupos de especies, siendo el tercero conformado únicamente por *Neda ostrina* Mulsant, 1850. En conclusión, la morfometría es útil para separar grupos de especies de Coccinellini.

Palabras clave: Bioindicador, Coccinellidae, mariquita, morfometría, taxonomía.

Abstract

Insects are important bioindicators of environmental quality; highlighting predators such as ladybugs (Coleoptera: Coccinellidae). The objective of this study was to use morphometry to differentiate species of the tribe Coccinellini (Coleoptera: Coccinellidae) from the central and southern Peruvian coast. For this, specimens were collected in the Lima and Ica Departments and identified in the laboratory. A total of 42 individuals were selected, measuring length and width of the body, pronotum and elytra; to develop a hierarchical cluster analysis, Ward's method and square Euclidean distance fixed in 8. According to the results, three groups of species were formed, the third being conformed only by *Neda ostrina* Mulsant, 1850. In conclusion, morphometry is useful to separate Coccinellini species groups.

Keywords: Bioindicador, Coccinellidae, lady beetle, morphometry, taxonomy.

INTRODUCCIÓN

Los insectos son un grupo diverso y numeroso en la naturaleza, sirviendo en muchos casos como bioindicadores de la calidad ambiental (Pérez et al., 2020). Si bien el color es un carácter relativamente confiable para facilitar la identificación y diagnóstico de algunos grupos de insectos; en muchas familias de escarabajos (Coleoptera), la coloración por sí sola no es suficiente, requiriéndose las disecciones de genitalia de machos para poder diferenciar especies crípticas (Collantes y Barrios, 2021). En el caso de las mariquitas (Coleoptera: Coccinellidae), son depredadores de varias especies de insectos plaga. Su abundancia y diversidad están en función de la disponibilidad de presas; habiendo especies generalistas y otras que se alimentan de un tipo particular de presas (D'Hervé et al., 2018).

También puede ocurrir que, dentro de una misma especie de mariquita se dé polimorfismo; como lo observado en la tribu Coccinellini (Coleoptera: Coccinellidae: Coccinellinae). Chura (2020), estudió el polimorfismo y dimorfismo sexual de *Hippodamia variegata* (Goeze, 1777); encontrando que las hembras poseían un mayor grado de pigmentación oscura en el rostro y pronoto, siendo más grandes que los machos y también reportó dos patrones bien definidos, de seis y cuatro manchas en el élitro, pudiendo variar en forma, tamaño y en algunos casos estar fusionadas. Por su parte, Collantes et al. (2021), identificaron en *Harmonia axyridis* Pallas, 1773 cuatro variantes de color de pronoto, dos posibilidades de mancha “M” (completa o incompleta), cinco variantes de color de élitros y el número de manchas por élitro variable entre 1 y 10; todo ello generando un total de 400 posibles combinaciones en una misma especie.

Como parte de los recursos que pueden emplearse en taxonomía, la morfometría, que consiste en estudiar la variación y cambio de estructuras de un organismo en forma y tamaño, facilita la identificación de especies, como lo observado por Collantes (2021), en la tribu Xyleborini (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio fue determinar si la morfometría permite diferenciar especies de la tribu Coccinellini, taxón que comprende depredadores importantes de insectos plaga en el agroecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió al Departamento de Lima: La Molina (12°04'48" S 76°57'05" O), Cañete (12°58'36" S 76°21'09" O), Huarochirí (12°08'20" S 76°13'40" O), Huaura (11°04'09" S 77°36'49" O) y Huaral (11°29'50" S 77°12'24" O); y al Departamento de Ica: Los Aquijes (14°05'59" S 75°41'21" O) (Figura 1).



Figura 1. Sitios de colecta en la costa peruana. Fuente: Google Earth Pro (2021).

Se realizaron colectas manuales, mediante red entomológica, bolsas plásticas, viales de vidrio con tapa rosca, cámara letal con acetato de etilo y etanol al 70%. En el laboratorio, se procedió con el montaje, rotulado e identificación de los especímenes colectados, para lo cual se consultó los trabajos de González (2007), Miró-Agurto y Castillo-Carrillo (2010), Castillo-Carrillo y Miró-Agurto (2013; 2020) y Perla (2018). Con ayuda de una micro escala, se midió la longitud y ancho del cuerpo, pronoto y élitros; escogiéndose al azar seis especímenes por cada una de las siete especies identificadas, dando un total de 42 especímenes revisados, para obtener un valor promedio por dimensión. Se realizó un análisis de conglomerados jerárquico, mediante el programa SPSS, utilizando el Método de Ward con una distancia euclidiana cuadrada de 8.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, las siete especies identificadas de Coccinellini correspondieron a: *Harmonia axyridis* Pallas, 1773; *Paraneda pallidula guticollis* (Mulsant, 1850); *Cycloneda sanguinea* (L., 1763); *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842; *Coleomegilla maculata* De Geer, 1775; *Eriopis connexa* Germar, 1842; y *Neda ostrina* Mulsant, 1850 (Figura 2). El análisis de conglomerados jerárquico, mediante el método de vinculación de Ward y a una distancia euclidiana cuadrada fijada en 8, conformó tres conglomerados: 1) *H. axyridis*, *P. pallidula guticollis* y *C. sanguínea*; 2) *H. convergens*, *C. maculata* y *E. connexa*; 3) *N. ostrina* (Figura 3).

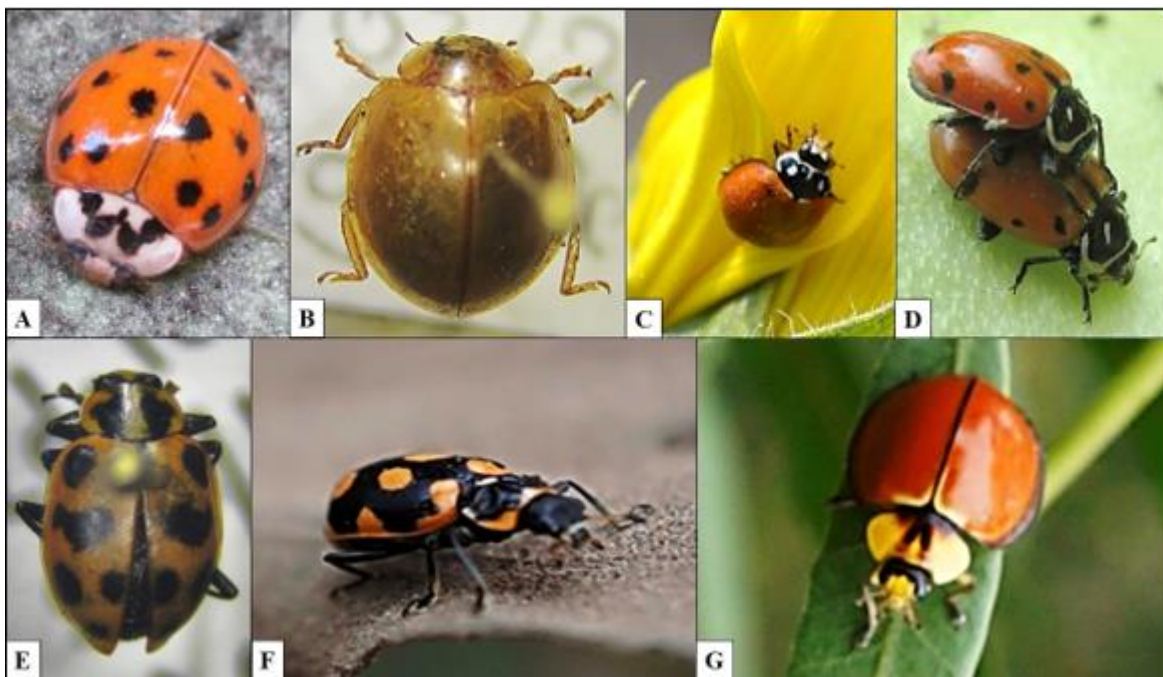


Figura 2. Especies de Coccinellini identificadas: A) *H. axyridis*; B) *P. pallidula guticollis*; C) *C. sanguinea*; D) *H. convergens*; E) *C. maculata*; F) *E. connexa*; G) *N. ostrina*.

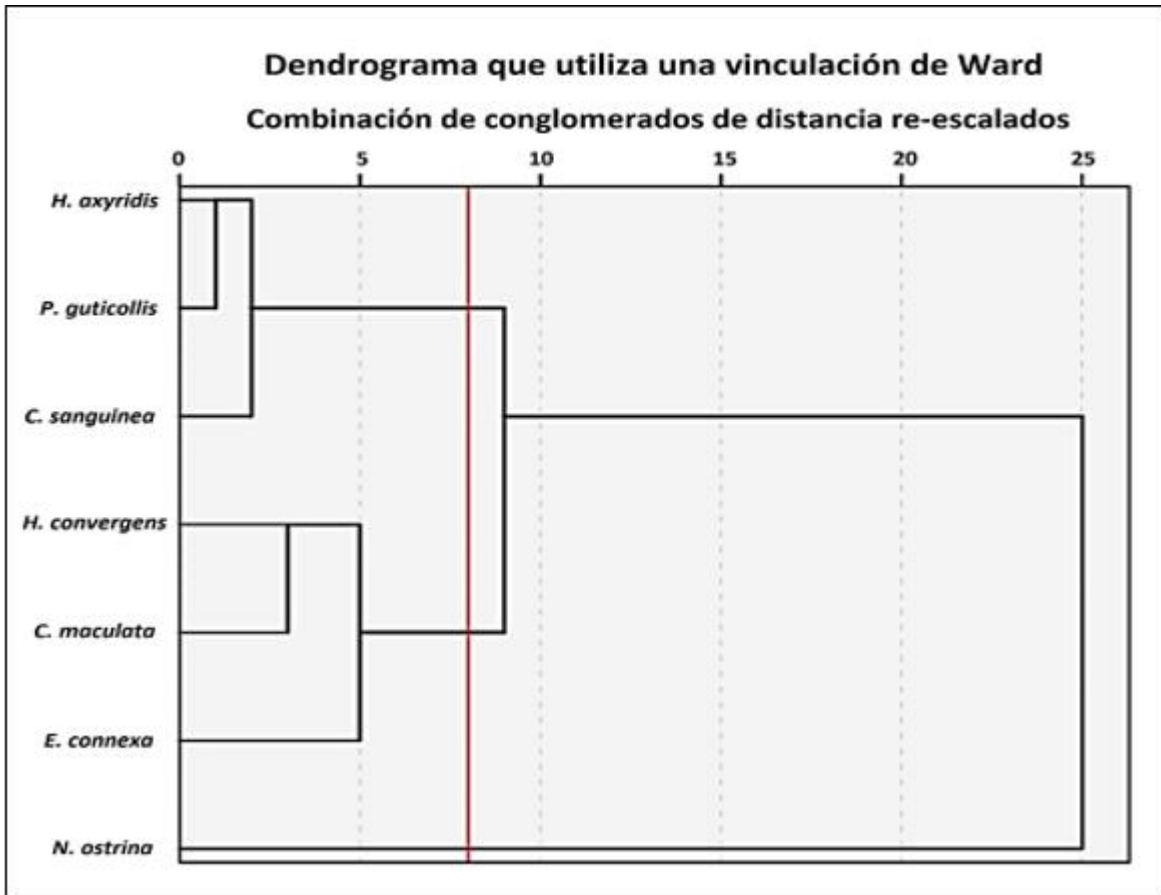


Figura 3. Análisis de conglomerados jerárquicos de la tribu Coccinellini, en Lima e Ica.

El análisis de conglomerados jerárquicos resultó útil para vincular especies con caracteres morfométricos similares, sin discriminar por pigmentación, la cual es muy variable en estos taxa, acorde con lo señalado por Chura (2020) y Collantes et al. (2021). Estos principios han sido utilizados por otros autores, como Reichardt (1971); quien desarrolló un sistema de clasificación de grupos de especies del género *Camarotus* Germar, en función principalmente del desarrollo de la expansión de los élitros, aunque otros caracteres complementarios apoyan esta división. Esto concuerda también con lo expuesto por Collantes (2021), dado que la morfometría requiere apoyarse en otros caracteres de diagnóstico, mas no reemplazarlos.

Según Perla (2018), aún no existe un consenso en la clasificación de subfamilias dentro de la familia Coccinellidae; dado que algunos autores han propuesto clasificaciones basadas en estudios morfológicos (como el presente trabajo) y otros basados en estudios moleculares. Además, muchas clasificaciones y descripciones son de carácter regional, lo que dificulta la homologación de criterios y caracteres con especies presentes en otras latitudes. Frente a esto, el poder desarrollar este tipo de análisis ayuda a comprender mejor la complejidad que representan estos taxa ricos en especies y sus posibles variantes. Adicionalmente, los avances que logren desarrollarse en sistemas de clasificación taxonómica, contribuyen a mejorar los posibles estudios sobre biodiversidad o calidad ambiental; en los cuales los insectos sean ocupados como bioindicadores, como la propuesta de Collantes y Rodríguez (2015), que contempla los artrópodos benéficos como indicadores en la dimensión ambiental.

CONCLUSIONES

De la presente investigación, se puede concluir que, la morfometría aplicada para diferenciar especies de la tribu Coccinellini (Coleoptera: Coccinellidae), en la costa peruana, ha resultado ser de utilidad, al conformarse tres grupos de especies diferenciados, en función de los caracteres evaluados. Sin embargo, este tipo de análisis es preferible desarrollarlo sólo a nivel de taxa menores (tribus, subtribus y géneros), debido a que algunos caracteres morfométricos podrían ser similares entre especies situadas en taxa diferentes y distantes.

Se sugiere, además el uso de esta técnica, complementarla con otras herramientas para la adecuada identificación de especies y morfotipos; con lo cual se puede mejorar potencialmente el desarrollo de estudios sobre biodiversidad y calidad ambiental, en los que se ocupen los insectos como indicadores.

AGRADECIMIENTOS

Al museo de Entomología Dr. Klaus Raven B., por el apoyo logístico brindado. A los agricultores visitados, por facilitar el acceso a sus fincas. Al Dr. Pedro Castillo y a la Dra. Norma Nolazco (Sociedad Entomológica del Perú), por la revisión y recomendaciones dadas al presente documento.

REFERENCIAS

- Castillo-Carrillo, P. S., y Miró-Agurto, J. J. (2020). *Coccinéllidos en cultivos de Tumbes*. Manual, Tercera edición. Universidad Nacional de Tumbes, PE.
https://www.researchgate.net/publication/350355077_Manual_de_coccinelidos_en_cultivos_de_Tumbes-Tercera_edicion
- Castillo-Carrillo, P. S., y Miró-Agurto, J. J. (2013). *Coccinéllidos en cultivos de Tumbes*. Manual, Primera edición. Universidad Nacional de Tumbes, PE. 104 p.
- Chura, A. (2020). Polimorfismo y dimorfismo sexual de *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) en la Región Arequipa, Perú. *Revista Chilena de Entomología*, 46(1), 5-14. <http://dx.doi.org/10.35249/rche.46.1.20.01>
- Collantes, R. (2021). Aplicación de la morfometría en la identificación de especies de la tribu Xyleborini (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Aporte Santiaguino*, 14(1), 92-103. <https://doi.org/10.32911/as.2021.v14.n1.772>
- Collantes, R., y Barrios, H. (2021). Descripción de la genitalia masculina de catorce especies de *Camarotus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Scientia*, 31(2), 49-67. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/scientia/article/view/2287>
- Collantes, R., Perla, D., y Rodríguez, A. (2021). Polimorfismo de *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) en la costa centro y sur de Perú. *Tecnociencia*, 21(2), 46-53. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/2267>
- Collantes, R., y Rodríguez, A. (2015). Sustentabilidad de agroecosistemas de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima – Perú. *Tecnología & Desarrollo*, 13(1), 27-34.
https://www.researchgate.net/publication/304580657_Sustentabilidad_de_agroecosistemas_de_palto_Persea_americana_Mill_y_mandarina_Citrus_spp_en_Canete_Lima_-_Peru
- D'Hervé, F., González, G., Dapoto, G., Olave, A., y Pisano, L. (2018). *Coccinellidae: Ocho nuevos registros de especies en la región del Alto Valle de Río Negro y Neuquén*.

[Conferencia, X Congreso Argentino de Entomología, Mendoza, ARG].
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.18605.03049>

Miró-Agurto, J. J., y Castillo-Carrillo, P. S. (2010). Especies de “mariquitas” (Coleoptera: Coccinellidae) en los frutales de Tumbes. *Revista Peruana de Entomología*, 46(1), 21-29. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/226>

Pérez, J., Martínez-Romero, L., Castellanos-Guerrero, L., Mora-Parada, A., y Rocha-Gil, Z. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Boyacá, Colombia. *Revista Producción + Limpia*, 15(1), 35-48. <https://doi.org/10.22507/pml.v15n1a3>

Perla, D. (2018). *Diversidad y distribución de la familia Coccinellidae (Coleoptera: Cucujoidea), en un gradiente altitudinal, en la cuenca del río Cañete, Perú (2009-2010)*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Ricardo Palma, Perú].
https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/1688/Perla_d.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Reichardt, H. (1971). The Camarotine weevils (Coleoptera, Attelabidae). *Archivos De Zoología*, 20(2), 97-189. <https://doi.org/10.11606/issn.2176-7793.v20i2p97-189>

PRIMER REGISTRO PARA PANAMÁ DE LA AVISPA *Hymenoepimecis argyraphaga* (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) PARASITANDO ARAÑAS *Leucauge argyra* y *L. venusta* (ARACHNIDA: TETRAGNATHIDAE)

FIRST RECORD FOR PANAMA OF THE WASP *Hymenoepimecis argyraphaga* (HYMENOPTERA: ICHNEUMONIDAE) PARASITIZING SPIDERS *Leucauge argyra* y *L. venusta* (ARACHNIDA: TETRAGNATHIDAE)

Alonso Santos-Murgas¹; Maricsa Jerkovic²; Ronald Zúñiga³; Darwin D. Díaz⁴

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild. Departamento de Zoología. Panamá. santosmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

(autor de correspondencia)

² Fundación Hrvatska. Croacia. maricsajerkovic@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0982-9088>

³ Museo Nacional, San José. Costa Rica. polycyrtus@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-5619-5279>

⁴ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild. Departamento de Fisiología y Comportamiento Animal. Panamá. dardiam31@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1118-6299>

Recepción: 30 de septiembre de 2022

Aprobación: 10 de octubre de 2022

Resumen

Estudios recientes manifiestan que la conservación de la diversidad de las poblaciones de arañas en los campos agrícolas conlleva grandes beneficios para los agricultores; lo que podría ayudar a minimizar el daño causado por las plagas y conducir potencialmente a

mayores rendimientos para los agricultores. El objetivo de esta investigación es reportar el parasitismo de la avispa *Hymenoepimecis argyraphaga* Gauld, 2000 (Hymenoptera:

Ichneumonidae), parasitando arañas *Leucauge argyra* (Walckenaer, 1842) y *Leucauge venusta* (Walckenaer, 1841) (Arachnida: Tetragnathidae). Para ello, se colectaron en huertos de traspatio y jardines arañas araneomorfas del género *Leucauge* en dos sitios de la República de Panamá: Provincia de Chiriquí, Tolé, Veladero; y en la provincia de Los Santos, Tonosí, Búcaro. Todas las arañas colectadas mostraban signos de estar parasitadas o con la presencia de larvas en la parte dorsal del abdomen; las arañas fueron llevadas al laboratorio para que el parasitoide culminara su desarrollo y realizar las observaciones conductuales de la araña y la avispa parasitoide. Se colectaron cinco individuos de la araña *Leucauge venusta* en la provincia de Chiriquí, Tolé, Veladero; estas arañas se encontraban asociadas a cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum* L. 1794) de traspatio, de tres casas en la comunidad. También, se colectaron siete arañas de *Leucauge argyra* en la provincia de Los Santos, Tonosí, Búcaro, asociadas al Jardines de tres residencias de la comunidad. De acuerdo con los resultados y las observaciones realizadas en campo y laboratorio; obtuvimos un total 12 hembras de *Hymenoepimecis argyraphaga*, procedentes de cinco arañas de *L. venusta* y de siete arañas de *L. argyra*. Podemos concluir que, efectivamente las larvas de la avispa parasitoide *H. argyraphaga*, inducen a cambios de comportamiento en la confección de la tela de las arañas parasitadas, en las dos especies de *Leucauge* colectadas. También, se puede evidenciar que *H. argyraphaga* es un parasitoide genero/específico de *Leucauge*. Adicionalmente, podemos manifestar que a pesar de que las arañas sean agentes beneficiosos de control biológico, mantienen sus enemigos y controladores naturales, lo que evidencia el equilibrio natural que puede existir en estos sistemas de cultivos agrícolas y jardines.

Palabras clave: Arañas, avispas parasitoides, arañas zombis, control biológico, cultivos agrícolas, cultivos tras patio, jardines.

Abstract

Recent studies show that the conservation of spider populations diversity in agricultural fields brings great benefits to farmers, which could help minimize pest damage and potentially lead to higher crop yields. The objective of this research is to report the parasitism of the wasp *Hymenoepimecis argyraphaga* Gauld, 2000 (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitizing spiders *Leucauge argyra* (Walckenaer, 1842) and *Leucauge venusta* (Walckenaer, 1841) (Arachnida: Tetragnathidae). For this, araneomorphic spiders of the genus *Leucauge* were collected in backyard crops and gardens in two sites in the Republic of Panama: province of Chiriquí, Tolé, Veladero; and in the province of Los Santos, Tonosí, Búcaro. All the collected spiders showed signs of being parasitized or with the presence of larvae in the dorsal part of the abdomen; Spiders were taken to the laboratory for the parasitoid to complete its development and to carry out the behavioral observations of the spider and the parasitoid wasp. Five individuals of the spider *Leucauge venusta* were collected in the province of Chiriquí, Tolé, Veladero, the spiders were associated with tomato backyard crops (*Solanum lycopersicum* L. 1794), of three houses in the community. Also, seven *Leucauge argyra* spiders were collected in the province of Los Santos, Tonosí, Búcaro, associated with gardens of three residences. According to the results and observations made in the field and laboratory, we obtained a total of 12 females of *Hymenoepimecis argyraphaga*, from five *L. venusta* spiders and seven *L. argyra* spiders. We can conclude that, indeed, the larvae of the parasitoid wasp *H. argyraphaga* induce behavioral changes in the making of the web of the

parasitized spiders, in the two collected species of *Leucauge*. Also, it can be shown that *H. argyraphaga* is a genus-specific parasitoid of *Leucauge*. Additionally, we can state that, despite the fact that spiders are beneficial biological control agents, they maintain their enemies and natural controllers, which shows the natural balance that can exist in these agricultural systems and gardens.

Keywords: Agricultural crops, backyard crops, biological control, gardens, parasitoid wasps, spiders, zombie spiders.

INTRODUCCIÓN

Las arañas son un grupo diverso, muy antiguo, han existido durante 300 millones de años; se tienen aproximadamente más de 45 000 especies de arañas identificadas en todo el mundo. Desde los glaciares hasta las selvas tropicales, las arañas habitan en todos los ecosistemas terrestres del planeta. Algunas incluso pueden vivir en zonas intermareales y al menos una especie habita en agua dulce (CIMMYT, 2019).

Muchos piensan que todas las arañas confeccionan telas y es solo el 50 % de las especies que tienen la capacidad de elaborar sus telas y son utilizadas para capturar a sus presas. Es así que el resto de las arañas deben cazar y ubicarse estratégicamente en sitios donde puedan pasar sus presas, como en las plantas, en el suelo o debajo de él, utilizando una variedad de tácticas como acechar, apuñalar con sus fuertes quelíceros e incluso seducir. Cada especie de araña se adapta a un nicho distinto (Jerardino et. al., 1991; Navarro, 2019).

Algunas especies de arañas se encuentran en peligro de extinción, debido a la pérdida y la fragmentación del hábitat. Las reducciones drásticas en la vegetación, ya sea por el aumento de construcciones o edificaciones, además la ampliación de la frontera agrícola sin un

control; todo esto trae como consecuencia la eliminación de las fuentes de alimento que atrae a sus presas. Según Samu et al. (1999) y Navarro (2019), las actividades antropogénicas tienen un efecto sobre la abundancia de las arañas. Esto dependerá mucho del nivel de perturbación que se le dé a un sitio determinado. La aplicación de agroquímicos disminuye la cantidad de alimento y refugio para las arañas, además inciden directamente en la mortalidad de arañas. Las arañas son vulnerables a algunas actividades antropogénicas, lo cual reduce el número de individuos en determinadas zonas (Samu et al., 1999; Navarro, 2019). Adicionalmente, las poblaciones de arañas se ven disminuidas por depredadores como aves, anfibios y algunos reptiles (Claussen, 1986; Navarro, 2019).

El género *Leucauge* está compuesto actualmente por 174 especies con una distribución mundial (World Spider Catalog, 2016). En condiciones de campo, las especies de este género de arañas generalmente tejen redes orbe inclinadas, con un número variable de radios y líneas de marco y los bucles centrales son seguidos por una espiral temporal y la espiral pegajosa (Eberhard, 1987). Pertenecen a la familia Tetragnathidae, del orden Araneae. Son consideradas un buen agente biológico de control de plagas. Se encuentran en la mayoría de los casos ubicadas en el centro de la telaraña que construyen, generalmente de cabeza, dejando el vientre hacia arriba (Ballesteros y Hormiga, 2021).

En cuanto a la avispa parasitoide del género *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae), presenta especies con distribución neotropical desde México hasta el sur de Brasil y Cuba (Gauld 1991, Gauld 2000). De las 20 especies válidas dentro de *Hymenoepimecis*, unas diez tienen registros bien documentados de sus huéspedes (Padua et al., 2016).

Hymenoepimecis argyraphaga es una avispa parasitoide, de la familia Ichneumonidae y subfamilia Pimplinae; descrita por primera vez para Costa Rica, cuyo huésped principal

conocido es la araña *Leucauge argyra*. Esta especie de avispa ectoparasitoide koinobionte, presenta un comportamiento muy inusitado, al modificar el comportamiento de construcción de la telaraña para hacer una telaraña hecha de líneas muy fuertes diseñadas para sostener el capullo de la avispa sin romperse bajo la lluvia; también la protege de las fuertes brisas y de cualquier depredador.

En el Phylum Arthropoda, el control del comportamiento del hospedante por parásitos es un fenómeno extensivo en estos invertebrados (Holmes & Betel, 1972; Barnard y Behnke, 1990; Toft et al., 1991; Godfray, 1994; McLachlin, 1999; Poulin, 2000; Eberhard, 2001), pero la mayoría de los trabajos sobre modificaciones conductuales del hospedante, principalmente de aquellas causadas por insectos parasitoides en otros insectos, implican sólo patrones de comportamiento simples tales como el movimiento de un hábitat a otro, la adopción de posturas para dormir o consumo alimenticio (Wickler 1976; Godfray 1994; McLachlan 1999; Eberhard, 2001).

El objetivo de este trabajo es reportar para Panamá la avispa *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera: Ichneumonidae), como parasitoide de dos especies de arañas *Leucauge argyra* y *Leucauge venusta* (Arachnida: Tetragnathidae).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a la provincia de Chiriquí, distrito de Tolé, corregimiento de Veladero (8°13'59,4" N 81°39'12" O); y la provincia de Los Santos, distrito de Tonosí, corregimiento de Búcaro (7°20'24,1" N 80°21'15,5" O) (Figura 1). Para la confección del mapa, se utilizaron los datos cartográficos de SimpeMappr (www.simplemappr.net) Shorthouse, (2010).



Figura 1. Sitios de colecta en la costa peruana. Fuente: Shorthouse, David P. 2010. SimpleMappr.

Se realizaron colectas manuales, mediante red entomológica, envases plásticos, viales de vidrio con tapa a presión de 30 ml. Cada sitio de colecta fue georreferenciado con GPS. Para la colecta en el sitio Veladero, Chiriquí, se escogieron tres casas que tuvieran cultivos agrícolas de traspatio de tipo arbustivo, y se hicieron recorridos por toda la periferia e interior de los cultivos.

Los cultivos encontrados correspondieron a tomate (*Solanum lycopersicum* L. 1794) y ají (*Capsicum annum* L., 1753). Para la colecta en el sitio Búcaro, Los Santos, se escogieron tres casas que contenían jardines y se recorrieron, tanto en la periferia como en la parte interior, de tal forma de divisar las telas de las arañas *Leucauge*.

Las muestras vivas fueron llevadas al laboratorio y colocadas en jaulas de mayas para que las arañas pudieran construir su red y la larva del parasitoide continuara su desarrollo. Las arañas en el laboratorio fueron alimentadas con moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster* Meigen, 1830); traídas de campo y se alimentaban con sustratos de frutas de guajaba (*Psidium guajava* L. 1754). Se tomaron imágenes con cámara Nikon 7000 de todo el proceso

en campo y laboratorio. Los especímenes adultos eclosionados del parasitoide fueron montados, rotulados e identificados, para lo cual se consultó los trabajos de Gauld (2000) y Pádua et al., (2020); adicionalmente, se comparó con especímenes del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá, (MIUP) y el Museo Nacional de Costa Rica. Para la identificación de las especies de *Leucauge*, se revisó el trabajo de Ballesteros y Hormiga (2021) y se comparó con especímenes identificados de la colección nacional de referencia del Laboratorio de Artrópodos Venenosos, (MIUP) de la Universidad de Panamá.

RESULTADOS

De acuerdo con los resultados, se recolectaron cinco individuos de la araña *Leucauge venusta* (Figura 2 A-B), en la provincia de Chiriquí, Tolé, Veladero; estas arañas se encontraban asociadas a cultivos de traspatio de tomate (*Solanum lycopersicum* L. 1794), en una de las tres residencias muestreadas en la localidad. Las cinco arañas se encontraban en cinco plantas distintas de tomate; las telas orbiculares de las arañas se encontraban separadas entre ellas a una distancia aproximada de 3-5 m. Las otras dos residencias que contenían cultivos de tomate se encontraban separadas por una distancia aproximadamente entre 100-150 m, pero no se observó arañas ni insectos en las plantas de tomate (*S. lycopersicum*). De acuerdo a los propietarios de las casas, los cultivos fueron tratados con plaguicidas, lo cual explicaría la ausencia de estos organismos.

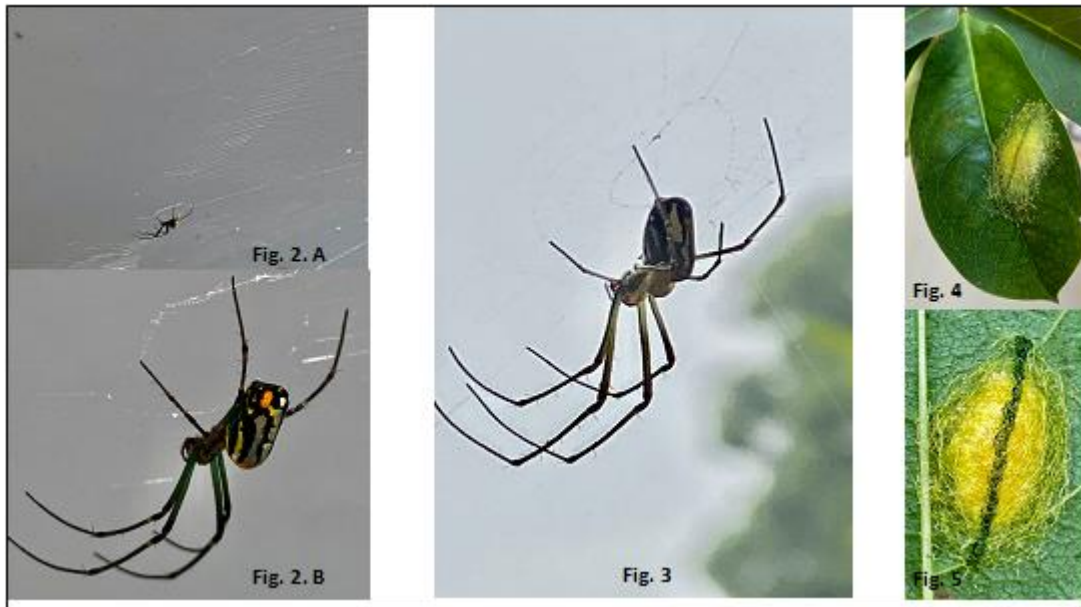


Figura 2A. *Leucauge venusta* en red orbicular sin signos de parasitismo. **Figura 2B.** *Leucauge venusta* acercamineto sinsignos de parasitismo. **Figura 3.** *Leucauge argyra* con signos de estar parasitada, con larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* en sus primeros estadios. **Figura 4.** Saco de huevo de *L. venusta*. **Figura 5.** Saco de huevo de *L. argyra*.

También, se recolectaron siete arañas de *Leucauge argyra* (Figura 3), en la provincia de Los Santos, Tonosí, Búcaro, asociadas a un jardín de una de las residencias muestreadas en la localidad. No se encontraron arañas en las otras dos residencias a ambos lados de la casa donde se encontraban las arañas parasitadas. Los jardines de estas casas no eran tan densos en vegetación como el de la residencia donde habitaban las arañas parasitadas. En ambos sitios de estudio se realizaron observaciones en la vegetación circundante y se localizaron cuatro sacos de huevos de *L. venusta* en el sitio, Veladero de Tolé, (Figura 4). En el sitio Búcaro, Tonosí, se localizaron seis sacos de huevos de *L. argyra* (Figura 5). Cabe mencionar que ambas especies de arañas colocan sus sacos de huevo fuera de la tela orbicular, los ubica en vegetación cercana a donde se encuentra.

De acuerdo con los resultados y las observaciones realizadas en campo y laboratorio, se obtuvo un total 12 hembras de *Hymenoepimecis argyraphaga*, procedentes de cinco arañas de *L. venusta* (Figura 6) y de siete arañas de *L. argyra* (Figura 7).



Figura 6. Araña *Leucauge venusta*, con larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* en el dorso anterior del abdomen, larva en su ultimo estadio. **Figura 7.** Araña *Leucauge argyra*, con larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* en el dorso anterior del abdomen, larva en su último estadio.

Las larvas de la avispa matan a la araña entre 2-3 días después de haber sido capturada en campo (12 observaciones) (Figura 8). Se observó que la larva permaneció adherida a la superficie anterodorsal del abdomen de la araña durante su desarrollo, alimentándose de su hemolinfa (Figura 9).



Figura 8. Larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* mata a la araña *Leucauge argyra*.

Figura 9. Larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* adherida a la superficie anterodorsal del abdomen de la araña durante su desarrollo, alimentándose de su hemolinfa.

Luego de extraer toda la hemolinfa de la araña hasta matarla, la larva de parasitoide inicia la confección del cocón para pupar; pegando una línea en el centro de la red, previamente construida por la araña y se suspende sobre la red, para proceder a cerrar y construir un capullo amarillo en forma de saco con dos puntas en cada extremo (Figuras 10 A-B-C). Los adultos emergen rompiendo el capullo por la parte superior (Figura 11).



Figura 10 A. Larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* despues de matar a la araña *Leucauge argyra*, inicia el proceso de empupar. **Figura 10 B.** Larva de *Hymenoepimecis argyraphaga* se lanza y suspende sobre la red, inicia a cerrar y construir su capullo. **Figura 10 C.** Capullo “Pupa” de *Hymenoepimecis argyraphaga*, en forma de saco con con extremos terminan en punta, el color del capullo es amarillo.

Los adultos hembra de *H. argyraphaga* (Figura 12), emergieron del capullo después de 10 a 13 días de haber pupado. Esta misma posición de las larvas, de la avispa parasitoide sobre el abdomen de las arañas hospedantes ya había sido observada por varios autores en varias especies de *Hymenoepimecis*; *H. bicolor* (Brullé, 1846) sobre *Nephila clavipes* (Linnaeus, 1767) (Gonzaga et al., 2010), en *H. japi* Sobczak et al., 2009 sobre *L. roseosignata* Mello-Leitão, 1943 (Sobczak et al., 2009), en *H. sooretama* Sobczak et al., 2009 sobre *Manogea porracea* (Koch, 1838; Sobczak et al. 2009), y *H. veranii* Loffredo & Penteado-Dias, 2009 sobre *Araneus orgaos* Levi, 1991 en Sudamérica (Sobczak et al., 2014; Pádua et al., 2016). Se realizar ensayos en el laboratorio colocando dentro de las jaulas de malla fina, arañas *L.*

venusta y hembras de *H. argyraphaga* para observar el comportamiento de la araña y el parasitoide, y ver si la avispa parasitaba la araña, pero no se obtuvo resultados (Figura 13).



Figura 11. Adultos *Hymenoepimecis argyraphaga*, emergen rompiendo del capullo por la parte superior. **Figura 12.** Hábitus y vista lateral de *Hymenoepimecis argyraphaga*. **Figura 13.** Ensayos en el laboratorio colocando dentro de las jaulas de malla fina, arañas *L. venusta* y hembras de *H. argyraphaga* para observar el comportamiento de la araña y el parasitoide.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la acción ectoparasítica y koinobionte de la avispa *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitando exclusivamente a dos especies de arañas *Leucauge*, lo que indica que este parasitoide tiene preferencia en parasitar arañas género/específica. También, se confirma su selectividad en escoger como hospedantes arañas subadultas de la familia Tetragnathidae.

Se confirma la conducta que realizan las especies del genero *Hymenoepimecis* antes de matar a la araña hospedante; las larvas de *H. argyraphaga* inducen a las arañas hospedantes, *L. venusta* y *L. argyra* a construir una estructura de telaraña completamente modificada, llamada “telaraña de capullo”; estas mismas conductas fueron descritas previamente (Finke et al., 1990; Eberhard, 2000a,b; Eberhard, 2001, Gonzaga y Sobczak, 2007; Gonzaga et al., 2010; Sobczak et al., 2009; Sobczak et al., 2014; Pádua, et al., 2016).

Es conocido que el primer caso de *H. argyraphaga* parasitando especies de *Leucauge* fue reportado en Costa Rica por Eberhard (2000a), Eberhard (2000b), Eberhard (2001), quienes registraron *H. argyraphaga* Gauld, 2000 parasitando a *Leucauge argyra* (Walckenaer, 1841) (Pádua, et al., 2016). En esta interacción avispa-araña, la red es modificada hasta formar algunos pocos rayos y una reducción significativa en la parte de la órbita espiral. En la órbita de la red, la larva de la avispa construye un hilo para unir el capullo y mantenerlo suspendido en el aire.

El segundo caso de esta interacción se registró en Brasil, São Paulo, por Sobczak et al. (2009), con la avispa *Hymenoepimecis japi* parasitando a *L. roseosignata* Mello-Leitão, 1943. En este estudio, los autores observaron que la construcción de tela modificada por la araña también mostró una reducción en el número de rayos y espirales, el capullo unido por un hilo de seda y suspendida en el aire, siendo muy similar a la observada por Eberhard en Costa Rica (Eberhard, 2000a; Eberhard, 2000b; Pádua et al., 2016). En estos dos casos, las redes modificadas construidas por las arañas se reducen drásticamente a unos pocos radios reforzados y un centro que sostiene el capullo de la avispa (Pádua, et al., 2016). El tercer caso fue registrado nuevamente por Eberhard (2013), en Costa Rica, en donde a *Hymenoepimecis tedfordi* Gauld, 1991 parasita a *Leucauge mariana* (Taczanowski, 1881), siguiendo los mismos patrones de reducción de números de líneas radiales pero reforzadas; e igualmente

el capullo de la larva parasitoide colgando de un hilo de seda. En el cuarto caso fue encontrado por Gonzaga et al. (2015), en donde colectaron adultos y subadultos de *Leucauge volupis* (Keyserling, 1893), parasitadas por *Hymenoepimecis jordanensis* Loffredo & Penteado-Dias, 2009 en Brasil, Minas Gerais. En este cuarto caso, según los autores se evidenciaron pequeñas modificaciones a las redes, presentaban varias líneas radiales reforzadas y la ausencia de la parte orbicular. Además, la larva de la avispa confeccionó un hilo que colgaba y se suspendía de un cable de protección tridimensional. Pádua et al., (2016) publicó el quinto caso de manipulación del comportamiento en la araña *Leucauge henryi*, por la avispa parasitoide *Hymenoepimecis manauara*, y describió la interacción hospedante-parasitoide en Brasil, Manaus. Al igual que los casos anteriores, la larva del parasitoide *H. manauara* indujo una reducción en el número de hilos de la red, en los que la larva construyó la línea de suspensión del capullo.

De acuerdo con Eberhard (2013), estas variaciones en la forma de telas modificadas y las pequeñas variaciones en la confección del capullo por parte del parasitoide, se debe probablemente a la respuesta del hospedante a las diferentes sustancias inyectadas por las larvas de las avispas al momento que se encuentra en el dorso de las arañas.

CONCLUSIONES

Como conclusión de esta investigación, se reporta el sexto caso de manipulación del comportamiento en arañas *Leucage*. Adicionalmente, representa el primer registro de *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera: Ichneumonidae), como parasitoide de la araña *Leucauge venusta* (Arachnida: Tetragnathidae). También, se registró la interacción hospedante-parasitoide en dos provincias de la República de Panamá.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer al Dr. Alfonso Jaen por patrocinar la visita a Búcaro, provincia de Los Santos, Tonosi. Al Dr. Rubén D. Collantes G., por la revisión y recomendaciones dadas al presente trabajo.

REFERENCIAS

- Ballesteros J. A., Hormiga G. (2021). Filogenia molecular del género de arañas tejedoras de orbes *Leucauge* y las relaciones intergenéricas de *Leucauginae* (Araneae, Tetragnathidae). *Invertebrate Systematics* 35, 922-939.
<https://doi.org/10.1071/IS21029>
- Barnard, C.J., y Behnke, J. M. (1990). *Parasitism and Host Behaviour*. Taylor & Francis, London.
- CIMMYT. (2019). International Maize and Wheat Improvement Center. La araña, un pequeño super héroe que lucha contra las plagas agrícolas.
<https://www.cimmyt.org/es/uncategorized/la-arana-un-pequeno-superheroe-que-lucha-contra-los-plagas-agricolas/> (última visita septiembre 2022)
- Eberhard, W. G. (1987). Effects of gravity on temporary spiral construction by *Leucauge mariana* (Araneae: Araneidae). *Journal of Ethology* 5: 29-36.
<https://doi.org/10.1007/BF02347892>
- Eberhard, W. G. (2000a) Spider manipulation by a wasp larva. *Nature* 406: 255 - 256.
<https://doi.org/10.1038/35018636>
- Eberhard, W. G. (2000b). The natural history and behavior of *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera: Ichneumonidae) a parasitoid of *Plesiometa argyra* (Araneae, Tetragnathidae). *Journal of Hymenoptera Research* 9: 220 - 240. URL:
[http:// biostor.org/reference/271](http://biostor.org/reference/271)
- Eberhard, W. G. (2001). Under the influence: webs and building behavior of *Plesiometa argyra* (Araneae, Tetragnathidae) when parasitized by *Hymenoepimecis argyraphaga* (Hymenoptera, Ichneumonidae). *Journal of Arachnology* 29: 354-366.
[https://doi.org/10.1636/0161-8202\(2001\)029\[0354:utiwab\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1636/0161-8202(2001)029[0354:utiwab]2.0.co;2)
- Eberhard, W. G. (2013). The Polysphinctine Wasps *Acrotaphus tibialis*, *Eruga ca. gutfreundi*, and *Hymenoepimecis tedfordi* (Hymenoptera, Ichneumonidae, Pimplinae) Induce Their Hosts Spiders to Build Modified Webs. *Annals of the*

- Entomological Society of America* 106 (5): 652 - 660.
<https://doi.org/10.1603/an12147>
- Finke, O. M., Higgins, L., y Rojas, E. (1990). Parasitism of *Nephila clavipes* (Araneae, Tetragnathidae) by an Ichneumonidae (Hymenoptera, Polysphinctini) in Panama. *Journal Arachnology* 18: 321 - 329.
- Gauld, I. D. (1991). The Ichneumonidae of Costa Rica I. *Memoirs of the American Entomological Institute*. 47: 1-589.
- Gauld, I. D. (2000). The re-definition of Pimplinae genus *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) with a description of a plesiomorphic new Costa Rica species. *Journal of Hymenoptera Research* 9: 213-219.
- Godfray, H. C. J. (1994). *Parasitoids Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Gonzaga, M. O., y Sobczak, J. F. (2007). Parasitoid-induced mortality of *Araneus omnicolor* (Araneae, Araneidae) by *Hymenoepimecis* sp. (Hymenoptera, Ichneumonidae) in southeastern Brazil. *Naturwissenschaften* 94: 223 - 227.
<https://doi.org/10.1007/s00114-006-0177-z>
- Gonzaga, M. O., Sobczak, J. F., Penteado-Dias, A. M., y Eberhard, W. G. (2010). Modification of *Nephila clavipes* (Araneae: Nephilidae) webs induced by the parasitoids *Hymenoepimecis bicolor* and *H. robertsae* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Ethology Ecology and Evolution* 22: 151-165.
<https://doi.org/10.1080/03949371003707836>
- Gonzaga, M. O., Moura, R. R., Pêgo, P. T., Bang, D. L., y Meira, F. A. (2015). Changes to web architecture of *Leucauge volupis* (Araneae: Tetragnathidae) induced by the parasitoid *Hymenoepimecis jordanensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Behaviour* 152: 181 - 193. <https://doi.org/10.1163/1568539x-00003238>
- Holmes, J. C., y Bethel, W. M. (1972). *Behavioural aspects of parasite transmission*. Eds: Channing, E. U. & Wright, C. A. 123-149. Academic, London. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://stri-apps.si.edu/docs/publications/pdfs/06_2000_Nature_Spanish.pdf
- Jerardino, M., Urones, C., y Fernández, J. L. (1991). Datos ecológicos de las arañas epigeas en dos bosques de la región mediterránea. *Orsis*, 6, 141-157.
- McLachlan, A. (1999). Parasites promote mating success: the case of a midge and a mite. *Animal Behaviour* 57:1199–1205.
- Navarro, T. D. A. (2019). *Comparación de biodiversidad de arañas en cultivos y bosques de Zamorano, Honduras*. [Tesis de Licenciatura, Zamorano, Honduras]. 32 p.

- Pádua, D. G., Salvatierra, L., Sobczak, J. F., y Oliveira, M. L. (2016). Parasitism of *Hymenoepimecis manauara* Pádua & Oliveira (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) on *Leucauge henryi* Mello-Leitão (Araneae: Tetragnathidae) in Brazilian Amazonian. *Biodiversity data journal*, (4), e11219. <https://doi.org/10.3897/BDJ.4.e11219>
- Pádua D. G., Sääksjärvi I. E., Monteiro R. F., y Oliveira M. L. (2020). Seven new species of spider-attacking *Hymenoepimecis* Viereck (Hymenoptera, Ichneumonidae, Pimplinae) from Ecuador, French Guiana, and Peru, with an identification key to the world species. *ZooKeys* 935: 57-92. <https://doi.org/10.3897/zookeys.935.50492>
- Poulin, R. (2000). Manipulation of host behaviour by parasites: a weakening paradigm? *Proceedings of the Royal Society of London, Series B* 267:787–792.
- Samu, F., Sunderland, K. D., y Szinetár, C. (1999). Scale-dependent dispersal and distribution patterns of spiders in agricultural systems: a review. *The Journal of Arachnology*, 27, 325-332.
- Shorthouse, David P. (2010). SimpleMappr, an online tool to produce publication-quality point maps. [Retrieved from <https://www.simplemappr.net>. Accessed October 07, 2022].
- Sobczak, J. F., Loffredo, A. P., Pentead-Dias, A. M., y Gonzaga, M. O. (2009). Two new species of *Hymenoepimecis* (Hymenoptera: Ichneumonidae: Pimplinae) with note on their spider hosts and behavior manipulation. *Journal of Natural History* 43 (43): 2691-2699. <https://doi.org/10.1080/00222930903244010>
- Sobczak, J. F., Sobczak, J. C., Messas, Y. F., Souza, H. S., y Vasconcellos-Neto, J. (2014). A New Record of a Host-Parasitoid Interaction: *Hymenoepimecis veranii* Loffredo & Pentead-Dias, 2009 (Hymenoptera: Ichneumonidae) Parasitizing *Araneus orgaos* Levi, 1991 (Araneae: Araneidae). *Journal of Insect Behavior* 27: 753-758. <https://doi.org/10.1007/s10905-014-9467-z>
- Toft, C. A., Aeschlimann, A., y Bolis, L. (1991). *Parasite Host Associations*. Oxford University Press, New York.
- Wickler, W. (1976). Evolution-oriented ethology, kinselection, and altruistic parasites. *Zeitschrift für Tierpsychologie* 42:200–214.
- World Spider Catalog. (2016). World Spider Catalog. <http://www.wsc.nmbe.ch/>. Último acceso: 04 October 2022.

INFLUENCIA DE SUSTRATOS ORGÁNICOS, SOBRE VARIABLES DE CRECIMIENTO DE *Phaseolus vulgaris* L.

INFLUENCE OF ORGANIC SUBSTRATES ON GROWTH VARIABLES OF *Phaseolus vulgaris* L.

Navarro, Carlos¹, Urriola, Leanne², Rubatino, Lourdes³, Barba, Anovel⁴, Vasquez, Jesús⁵, Barahona, Luis Alberto⁶

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. krlos26navarro@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1131-1440>

² Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. leanne.urriola@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9858-4985>

³ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. lourdes.rubatino@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2744-8414>

⁴ Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero Panamá. anobel.barba@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0001-5182-1667>

⁵ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. jssvsqz88@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-0294-0293>

⁶ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá. alberline@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-5824-7688>

Recepción: 26 de septiembre de 2022

Aprobación: 7 octubre de 2022

Resumen

El presente proyecto fue desarrollado con el objetivo de evaluar diversos materiales orgánicos, utilizados para la elaboración de sustratos y su influencia sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. Para ello fueron establecidos durante 67 días, en los invernaderos de la cooperativa El Progreso R.L ubicada en la Provincia de Los Santos (Panamá), diferentes sustratos utilizando como base aserrín y virutas de madera y una mezcla de compost (modalidades organopónicas). Estos sustratos fueron comparados con un testigo y con un tratamiento en donde se evaluó el cultivo de la habichuela realizado en forma hidropónica.

El ensayo conto con un diseño experimental completamente al azar, conformado por cinco (5) tratamientos y ocho (8) repeticiones. Se evaluó la cantidad de habichuelas producidas por planta y el rendimiento por tratamiento, obteniendose que la modalidad organopónica 2 (t3) (Composta 25% y aserrín y viruta 75%) obtuvo excelentes resultados, generando un buen rendimiento utilizando materiales que presentan un bajo costo. Se concluye que el uso de sustratos orgánicos como el aserrín y la viruta, en combinación con composta, provee al cultivo de la habichuela un medio de crecimiento y las condiciones adecuadas para garantizar un rendimiento del cultivo similar al de las producciones hidropónicas.

Palabras claves: Producción orgánica, compost, aserrín, fertilización, residuos orgánicos.

Abstract

The present project was developed to evaluate various organic materials used for substrates processing and their influence on the growth of *Phaseolus vulgaris* L. For 67 days, there were established different substrates using sawdust and wood chips as a base and a mixture of compost (organoponic modalities), in the greenhouses of the El Progreso R.L cooperative located in the Province of Los Santos (Panama). These substrates were evaluated comparing them with a control and with a treatment where the cultivation of the bean carried out hydroponically. The trial had a completely randomized experimental design, consisting of five (5) treatments and eight (8) repetitions. The amount of beans produced per plant and the yield per treatment were evaluated, obtaining that the organoponic modality 2 (t3) (Compost 25% and sawdust and shavings 75%) had excellent results, generating a good yield using materials at a low cost. It is concluded that the use of organic substrates such as sawdust and wood chips, in combination with compost, provides the cultivation of beans with a growing

medium and adequate conditions to guarantee a crop yield similar to that of hydroponic production.

Keywords: Organic production, compost, sawdust, fertilization, organic waste.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de sustratos orgánicos aplicables a la producción agrícola se ha ido convirtiendo en una valiosa alternativa con la cual se puede mejorar el rendimiento de distintos cultivos como es el caso de la habichuela (*Phaseolus vulgaris* L.). Con estos sistemas se busca reducir costos de producción sin afectar el rendimiento y la calidad de los cultivos (Vallverdú-Queralt, 2012). Teniendo en cuenta que en los últimos años en la República de Panamá y a nivel mundial, se ha dado un incremento en el costo de los fertilizantes de origen químico, el uso de estos sustratos orgánicos representa una oportunidad para el productor agropecuario, como insumos que presenten una posible solución al alza de los fertilizantes, a un bajo costo de inversión, iniciativa que ha sido fuertemente apoyada por las autoridades del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de este país.

El uso de diversos sustratos orgánicos ha cobrado mayor importancia gracias a los beneficios que brindan, entre los que destacan el aporte de nutrientes y un sistema poroso adecuado para el desarrollo de los cultivos. La aplicabilidad de estos productos ha sido fomentada por la agricultura orgánica, como apoyo a las prácticas agrícolas (Nieto, 2002; Márquez, 2008; Fortis-Hernández, 2012). La calidad de estos sustratos orgánicos dependerá de la materia prima utilizada y del proceso de preparación del mismo (Terés, 2001; Abad y Noguera, 2005). Los diversos componentes de estos sustratos orgánicos y su aporte en el contenido de nutrientes, pueden llegar a promover un mayor desarrollo en las plantas, promoviendo un

aumento en el crecimiento de la raíz, tallo y hasta en el rendimiento del cultivo (Silva et al. 2017; Pérez-Cabrera, C. A., et al. 2021).

Además de aportar nutrientes, los sustratos orgánicos pueden generar efectos positivos sobre las propiedades físicas de los suelos, al mejorar la porosidad, lo que contribuye a un adecuado drenaje y aireación (Morales y Casanova, 2015). Es importante recordar que la estructura tanto del suelo, como de cualquier sustrato, tiene influencia en la mayoría de los factores de crecimiento de las plantas; en consecuencia, en determinados casos puede ser el factor limitante para la producción (Ziranda, P., y Paloma, M. 2022). Una adecuada estructura permite que se optimicen los factores de crecimiento y se aumente el rendimiento de los cultivos. (UNLP, 2019).

En ese sentido, el objetivo de este trabajo fue el de evaluar diversos materiales orgánicos, utilizados para la elaboración de sustratos y su influencia sobre el crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto tuvo una duración de 67 días y se desarrolló en los invernaderos (casa de cultivo) de la cooperativa El Progreso R.L, ubicados en el corregimiento de Tres Quebradas, distrito de los Santos, Provincia de Los Santos, República de Panamá (Figura 1). Se utilizó aserrín y viruta como materiales, para la creación de los sustratos utilizados en la modalidad organopónica del proyecto. Esta fue comparada con la modalidad de cultivo hidropónica y

un testigo. La modalidad organopónica contó con un sustrato conformado por Compost compuesto por tierra negra 45%, estiércol animal (caprinaza 28%, estiércol de conejo 7%), cascarilla de arroz 20%, aserrín y viruta descompuesta. La modalidad hidropónica conto con fibra de coco (100%) como sustrato y fue irrigada por una solución nutritiva (Mix de fertilizantes sintéticos y agua). El testigo mantuvo un sustrato de fibra de coco (100%). Se utilizarón semillas de habichuela (*Phaseolus vulgaris*) para evaluar su crecimiento. La fertilización, para la modalidad hidropónica, se dio a través de la aplicación de una solución nutricional, directamente al agua de riego (Solución Steiner). En el caso de la modalidad organopónica, la fertilización se hizo de la siguiente manera: se aplicó al sustrato y a través de un sistema de riego por goteo, dosis de fertilizantes adecuadas a los requerimientos del cultivo dependiendo de cada etapa fenológica de desarrollo.

En ese sentido, enumeramos los tratamientos establecidos a continuación:

- Organopónico 1 (Composta 50% y aserrín y viruta 50%)
- Organopónico 2 (Composta 25% y aserrín y viruta 75%)
- Organopónico 3 (Composta 75% y aserrín y viruta 25%)
- Hidropónico
- Testigo

Las variables medidas fueron: cantidad de habichuelas cosechadas por planta, rendimientos por tratamiento.



Figura 1. Ubicación Geográfica de la Cooperativa El Progreso, R. L. Fuente: Google Maps (2022).

Análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, conformado por cinco (5) tratamientos y ocho (8) repeticiones. Para el análisis estadístico de las variables evaluadas se empleó la prueba de comparación de medias de Duncan y el análisis de varianza, con un nivel de significancia de 5%. Los análisis fueron procesados con el software estadístico InfoStat (Dirienzo et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados mostrados en la Figura 2, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, cuando fue evaluada la cantidad de vainas producidas por planta, sobresaliendo del valor de la media (38,1) el tratamiento hidropónico (t1) y el tratamiento organopónico 2 (t3). Por debajo del valor de la media establecida, se encontró el tratamiento organopónico 3 (t4), el testigo y por ultimo el tratamiento organopónico 1 (t2). La producción de vainas por planta permitio evaluar la efectividad de los sustratos establecidos, y los beneficios obtenidos de la implementación de los tratamientos, lo cual puede traducirse en una respuesta positiva en cuanto al rendimiento de la planta, deseados para la producción establecida (Infoagro, 2018). En el caso del tratamiento organopónico 2, la utilización de una combinación de 75% de aserrin y viruta y un 25 % de composta, proveen al cultivo de una adecuada porosidad, retención de humedad y aireación, mismas que benefician y contribuyen al rendimiento del cultivo, lo cual se observa en la cantidad de vainas producidas en cada tratamiento. Resultados beneficos sobre el uso de aserrin como sustrato para el crecimiento de los cultivos tambien fueron encontrados por Maher et al., 2008 y Pineda-Pineda et al., 2012.

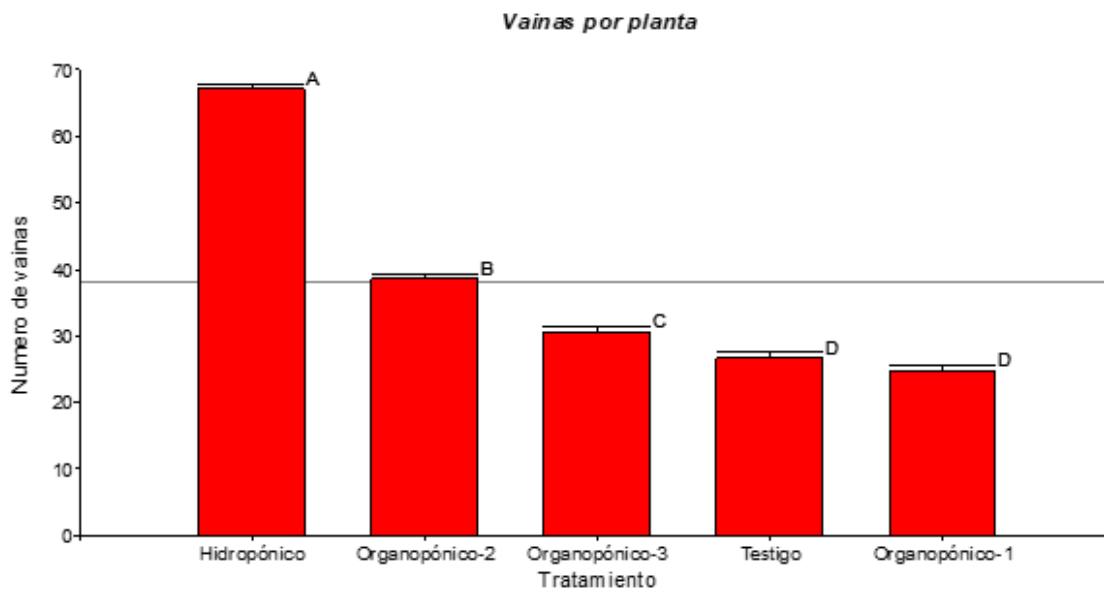


Figura 2. Evaluación de la producción de vainas por planta, para cada uno de los tratamientos establecidos. Columnas con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas ($p>0,05$).

Cuando fue evaluado el rendimiento por planta (Figura 3), se obtuvo que los tratamientos Hidropónico (t1) y organopónico 2 (t3) fueron los que presentaron el mejor rendimiento, resultados que se pueden observar por encima de la media establecida (364,0 g), mientras que los otros tratamientos presentaron valores por debajo de la media. Además de proveer una adecuada porosidad para el crecimiento del cultivo, el uso de aserrín contribuye a una mejor retención de nutrientes, esto debido a la estabilidad térmica que presenta este material (Barker y Pilbean, 2010). Esta mayor retención de nutrientes se traduce en un mejor desarrollo del cultivo y un mayor rendimiento del mismo, resultados que pueden observarse en la figura 2. Una respuesta similar fue encontrada por Flores-Pacheco et al., 2016 quienes también utilizaron aserrín como sustrato para el crecimiento de tomate.

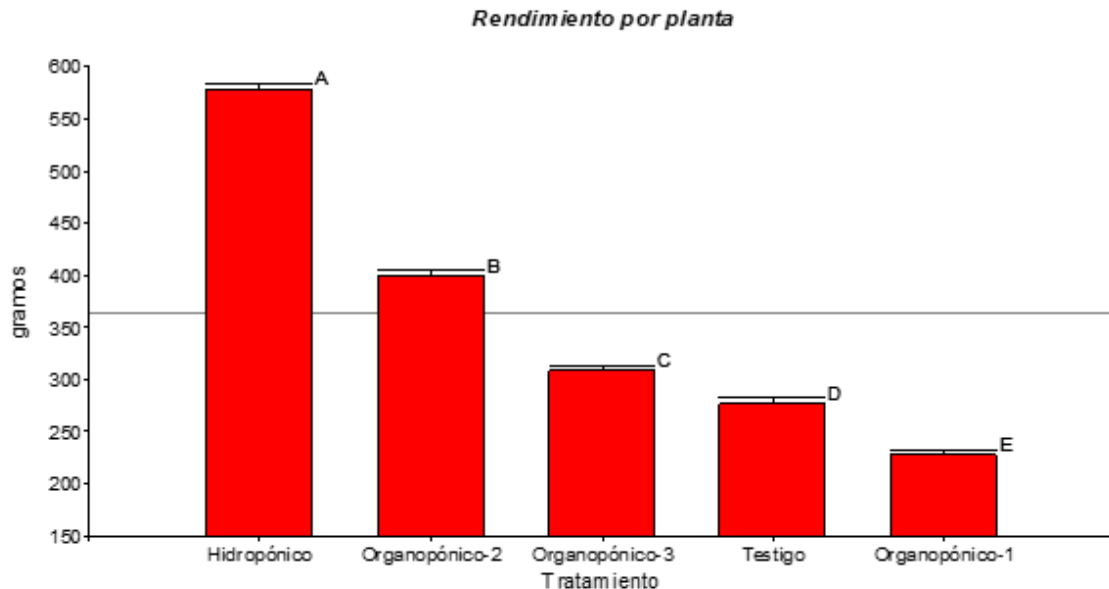


Figura 3. Evaluación del rendimiento por planta, para cada uno de los tratamientos establecidos. Columnas con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas ($p > 0,05$).

CONCLUSIÓN

De la presente investigación, se concluye que el uso de sustratos orgánicos como el aserrín y la viruta, en combinación con composta, proveen al cultivo de la habichuela un medio de crecimiento y las condiciones adecuadas para garantizar un rendimiento similar al de las producciones hidropónicas, utilizando materiales comunmente considerados como desechos y que presentan un bajo costo de inversión para el establecimiento de cualquier cultivo agrícola.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barker, A.; Pilbean, D. (2007). Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis Group. pp 622.

Flores-Pacheco, J. A., Pacheco, C. F., Murillo, Y., Oporta, R., & Alemán, Y. (2016). Producción hidropónica de tomate (*Solanum lycopersicum*) y chiltoma (*Capsicum annuum*) con sustratos inertes. Revista Científica de FAREM-Estelí, (20), 73-81. <https://revistasnicaragua.cnu.edu.ni/index.php/RCientifica/article/view/2730/2665>

- Fortis-Hernández, M., Preciado-Rangel, P., García-Hernández, J. L., Navarro Bravo, A., Antonio-González, J., & Omaña Silvestre, J. M. (2012). Sustratos orgánicos en la producción de chile pimiento morrón. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(6), 1203-1216.
- Google Maps. (2022). Ubicación de la Cooperativa El Progreso, R. L., Los Santos, Panamá. Recuperado el 10 de octubre de 2022.
- Infoagro. (2018). El cultivo de la judía, habichuela o frijol (Parte I). Obtenido de: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_judia__habichuela_o_frijol__parte_i_.asp
- Maher, M.; Prasad, M.; Raviv, M. (2008). Organic Soilless Media Components. In *Soiless Culture: Theory and Practice*. Raviv, M.; Lieth J. H. (Eds.). Editorial Elsevier. United States of America 459–504 pp.
- Morales, E., Casanova, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*. Universidad de Costa Rica. 26(2), 365-372. Recuperado el 10 de marzo del 2022, de : <https://www.redalyc.org/pdf/437/43738993018.pdf>
- Pérez-Cabrera, Carlos Alberto, Juárez-Lopez, Porfirio, Anzaldo-Hernández, José, Alia-Tejacal, Irán, Salcedo-Pérez, Eduardo, & Balois-Morales, Rosendo. (2021). Beneficios potenciales del biocarbón en la productividad de cultivos agrícolas. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 713-725. Epub 21 de febrero de 2022: <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i4.2542>
- Salas-Pérez, L., González Fuentes, J. A., García Carrillo, M., Sifuentes-Ibarra, E., Parra-Terrazas, S., & Preciado-Rangel, P. (2016). Calidad biofísica y nutracéutica de frutos de tomate producido con sustratos orgánicos. *Nova scientia*, 8(17), 310-325.
- Silva, I. C. B.; Fernandes, L. A.; Colen, F. and Sampaio, R. A. (2017). Growth and production of common bean fertilized with biochar. *Ciência Rural*. 47(11):1-8.
- Universidad Nacional de la Plata. (2019). Estructura y Estabilidad Estructural del Suelo. Argentina: Departamento de Ambiente y Recursos Naturales Facultad de Ciencias Agraria y Forestales U.N.L.P. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/42966/mod_resource/content/1/tema%206%20-%20estructura%20y%20estabilidad%20estructural%202026-3-19.pdf
- Vallverdú-Queralt A; Medina-Remón A; Casals-Ribes I; Lamuela-Raventos RM. (2012). Is there any difference between the phenolic content of organic and conventional tomato juices? *Food Chemistry* 130: 222-227.

Ziranda, P., y Paloma, M. (2022). Insumos Orgánicos Y Sustratos En El Comportamiento Vegetativo De Stevia (Stevia rebaudiana). Tesis de Licenciatura. Tecnológico Nacional de México. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4452>

EFFECTO FITOTÓXICO DE EXTRACTOS DILUIDOS DE ABONOS ORGÁNICOS EN SEMILLAS DE LECHUGA

PHYTOTOXIC EFFECT OF DILUTED EXTRACTS OF ORGANIC FERTILIZERS ON LETTUCE SEEDS

Urriola, Leanne^{1*}, Montes Castillo, Katherine², Díaz Vergara, Maira^{3*}

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá. *Autor para correspondencia: leanne.urriola@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-9858-4985>

² Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Zootecnia. Panamá. Email: katherine.montes@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-2308-883X>

³ Universidad Especializada de las Américas, Facultad de Biociencias y Salud Pública. Panamá. maira.diaz.852@udelas.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0614-8463>

Recepción: 20 de septiembre de 2022

Aprobación: 10 de octubre de 2022

Resumen

El uso de materiales orgánicos como abono y su grado de madurez, puede generar efectos positivos o negativos sobre la germinación y crecimiento de los cultivos. La maduración y estabilización de estos materiales orgánicos puede evitar que se generen efectos fitotóxicos sobre las semillas, además de ello el empleo de diluciones para estos abonos orgánicos puede reducir grandemente estos efectos negativos sobre la germinación y el crecimiento de las semillas. Con el objetivo de estudiar el efecto fitotóxico de extractos diluidos de abonos orgánicos utilizando la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga como planta bioindicadora, fue establecido, en el laboratorio de Criobiología de la Universidad de Panamá, un ensayo de evaluación de tres abonos orgánicos comerciales, con distintos componentes y grados de estabilización y sus diluciones, sobre el porcentaje de germinación

relativo, el crecimiento radicular relativo y el índice de germinación de plantas de lechuga. Los resultados obtenidos, mostraron que el abono orgánico proveniente del estiércol de ave con aserrín no estabilizado (T3) diluido al 25 % fue el de mejor respuesta para las variables de crecimiento evaluadas en la planta, seguido del abono peletizado de estiércol de ave y bovino (T2) diluido al 25%. Esto indica que la dilución al 25% de los abonos orgánicos inmaduros, reduce el efecto fitotóxico de éstos al disminuir la presencia de compuestos nocivos sobre las semillas sensibles como la lechuga. Este procedimiento de evaluación de los abonos orgánicos es rápido y económico y permite el uso seguro de los productos de compostaje disponibles en el mercado.

Palabras clave: Bioindicadora , diluciones, estabilización, madurez.

Abstract

The use of organic materials as fertilizer and their degree of maturity can generate positive or negative effects on the germination and growth of crops. The maturation and stabilization of these organic materials can avoid the generation of phytotoxic effects on the seeds. In addition to this, the use of dilutions for these organic fertilizers can greatly reduce these negative effects on the germination and growth of the seeds. An evaluation trial of three commercial organic fertilizers was established at the Cryobiology Laboratory of the University of Panama, to study the phytotoxic effect of diluted extracts from organic fertilizers using the phytotoxicity test on lettuce seeds as a bioindicator plant and using different components and degrees of stabilization and their dilutions on the relative germination percentage, the relative root growth and the germination index of lettuce plants. The results obtained showed that the organic fertilizer from poultry manure with non-stabilized sawdust (T3) diluted to 25% was the best response for the growth variables

evaluated in the plant, followed by the pelletized fertilizer from poultry and bovine manure (T2) diluted to 25%. This indicates that the 25% dilution of immature organic fertilizers decreases their phytotoxic effect by reducing the presence of harmful compounds on sensitive seeds such as lettuce. This evaluation procedure for organic fertilizers is fast, economical and allows the safe use of composting products available on the market.

Keywords: Bioindicator, dilutions, stabilization, maturity.

INTRODUCCIÓN

La madurez y estabilidad de un abono orgánico está ligada al grado de descomposición del material orgánico, el cual es influenciado por la actividad microbiana ejercida sobre los productos orgánicos. Esta madurez puede ser definida como el grado de descomposición de los compuestos fitotóxicos orgánicos, los cuales se producen durante la fase del compostaje y puede ser evaluada con la implementación de bioensayos, utilizando plantas indicadoras (Wu *et al.* 2000; CCREF 2001; Adani *et al.* 2006; Gómez Brandon *et al.* 2008; Artavia, *et al.* 2010).

Los efectos fitotóxicos que pueden generar los materiales orgánicos que se encuentran inmaduros, en altas concentraciones, afectan desde la germinación de las semillas, hasta el correcto desarrollo de los cultivos. Los mismos están relacionados con el contenido de amonio, metales pesados, sales y algunos ácidos volátiles orgánicos presentes en los materiales inmaduros (Varnero *et al.*, 2007; Huerta Muñoz *et al.*, 2015).

La realización de bioensayos utilizando semillas sensibles a la presencia de fitotoxinas, ha sido investigado por algunos autores (Zucconi *et al.* 1981; Huerta Muñoz *et al.*, 2015), en especial en aquellas especies como la lechuga (*Lactuca sativa*), que son sensibles a la

presencia de elementos tóxicos y a variaciones en la cantidad y dilución del extracto necesario para la germinación de las semillas (Huerta Muñoz *et al.*, 2015; Urriola *et al.*, 2021). Esta especie ha demostrado una mayor sensibilidad a sustancias fitotóxicas presentes durante la fase termofílica del compostaje de residuos agroindustriales (Varnero *et al.*, 2006; Varnero *et al.*, 2007).

Autores como Bagur-González *et al.*, (2011) y Rodríguez Romero *et al.*, (2014); indican que esta prueba permite evaluar los efectos fitotóxicos de abonos, diluciones o mezclas de estos sobre el desarrollo de las plántulas en los primeros días de crecimiento, ya que de haber sustancias fitotóxicas en el producto aplicado podría afectar el proceso de elongación radicular y del epicótilo.

La incorporación de abonos orgánicos en campo puede ser de forma directa o, mediante diluciones o mezclas del producto; que en ocasiones el fabricante recomienda en la etiqueta del producto. Las diluciones del producto permiten reducir los efectos negativos en la germinación y crecimiento de plantas sensibles, siendo atribuido al tipo de material utilizado en el proceso, al grado de madurez, de humificación y estabilidad de los abonos (Cruz - Hernández *et al.*, 2015).

Por lo cual, el empleo de parámetros como las pruebas de germinación y evaluación del crecimiento de las plantas, en especies sensibles a la presencia de elementos tóxicos, han mostrado los resultados más adecuados para la evaluación del efecto fitotóxico de un compuesto (Lisaridi y Stentiford, 1998; Emino y Warman, 2004; Celis-Hidalgo *et al.*, 2007; Varnero *et al.*, 2007; Estévez-Schwartz *et al.*, 2009; Huerta Muñoz *et al.*, 2015;). Trabajos como Urriola *et al.*, 2021 permiten observar como los abonos orgánicos con diferentes

materias primas y procesos de compostaje pudieron causar efectos fitotóxicos sobre bioensayos de germinación con plantas indicadoras, utilizados directamente en la semilla. Estos efectos fitotóxicos no solo pueden llegar a afectar el crecimiento del cultivo, sino que también sus componentes pueden llegar a contaminar el suelo. Entre estos componentes destacan el contenido de amonio, de ácidos volátiles orgánicos, de metales pesados y de sales (Varnero *et al.*, 2007)

Es por esta razón que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto fitotóxico de extractos diluidos de abonos orgánicos utilizando la prueba de fitotoxicidad en semillas de lechuga como planta bioindicadora. Es importante generar más información respecto al tema, ya que a pesar de que ha sido investigado por algunos autores, todavía existen aspectos que requieren respuesta y para los cuales no hay información que aporte a su resolución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Utilizando las instalaciones del Centro de Investigación en Criobiología (CIC), Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología - Universidad de Panamá, se eligieron tres abonos orgánicos comerciales, empacados en bolsa plástica y recomendados para todo tipo de cultivos, sobre los cuales fue evaluado, previamente, su efecto fitotóxico¹. Uno de ellos, compuesto de estiércol de ave y de bovino peletizado (T2) y los otros dos de estiércol de ave con aserrín no estabilizado y estabilizado por un mes, (T3) y (T4) respectivamente. Para el desarrollo de los extractos de los abonos orgánicos utilizados en el ensayo, se pesaron 10 g de cada muestra y se disolvieron en 100 ml de agua destilada (relación 1:10). Luego se

¹ El tratamiento (T1) no fue considerado en este estudio, debido a que no presentó efecto fitotóxico en la primera fase del experimento realizado con bioensayos de germinación con semillas de pepino (*Cucumis sativus*) y lechuga (*Lactuca sativa*) (Urriola et al., 2021).

mezclaron durante 1 hora y se centrifugaron a 4°C durante 15 minutos a 3000 rpm. Se midió el pH y la conductividad eléctrica de cada extracto. El ensayo fue realizado en plato Petri, cubriendo el fondo con tres capas de papel filtro Whatman No. 1. En cada plato Petri, se colocaron 10 semillas de lechuga, de manera que quedaran separadas. Los ensayos se compararon con el tratamiento testigo, a los cuales se le agregó 4 ml de agua destilada. Para determinar el efecto fitotóxico de cada dilución se muestreó la longitud de la raíz y porcentaje de germinación durante los tres días, los resultados fueron presentados por Urriola et al., (2021).

Dilución de los extractos

Se diluyeron extractos de cada abono orgánico, preparándose en proporciones porcentuales de (25, 50, 75, 100%), en relación 1:10, es decir se diluyeron 4g de las muestras, en 40 ml de agua destilada. Por ejemplo, para preparar la dilución de abono al 25%; se pesó 1 g del abono y 3 g de tierra negra que se mezclaban para ser diluidos en 40 ml de agua destilada, y así respectivamente para las demás proporciones. En el caso de la dilución al 100% (tratamiento testigo), se utilizaron los abonos orgánicos, en agua destilada, luego se mezclaron durante 1 hora y se centrifugaron a 4°C durante 15 minutos a 3000 rpm. Se comparó los tratamientos con los abonos orgánicos al 100%, para observar el efecto fitotóxico de los mismos con distintas diluciones y conocer la posibilidad de uso agrícola al ser mezclados con tierra o con otros subproductos agrícolas para la preparación de sustratos.

Las placas se mantuvieron a temperatura ambiente durante 10 días. Se observaron y contabilizaron las semillas germinadas cada día. Al tercer día de iniciado el ensayo, se registró el porcentaje de germinación. Si la semilla no germinaba, la longitud de la raíz no se tomaba en cuenta. Se evaluó el porcentaje de germinación relativo, el crecimiento radicular relativo y el índice de germinación, según metodología descrita por Tiquia (2000).

$$CRR = \frac{\text{elongación deradículas en extracto}}{\text{elongación deradícula en el testigo}} \times 100$$

$$PGR = \frac{\text{nº de semillas germinadas en extracto}}{\text{nº de semillas germinadas en el testigo}} \times 100$$

$$IG = \frac{PGR \times CRR}{100}$$

Donde,

CRR: Crecimiento Radicular Relativo

PGR: Porcentaje de Germinación Relativo

IG: Índice de Germinación

Análisis estadístico

El diseño experimental empleado fue un bloque completamente al azar, con tres tratamientos y cuatro repeticiones. En el caso de los datos utilizados para la determinación de la fitotoxicidad de los extractos diluidos de los abonos orgánicos, se empleó la prueba de comparación de medias por LSD Fisher, con un nivel de significancia de 5%. Los análisis fueron procesados en el software estadístico InfoStat (Dirienzo et al., 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las variables de longitud radicular, crecimiento radicular relativo (CRR) e índice de germinación (IG) presentaron diferencias significativas para el efecto de abonos orgánicos (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para el efecto de los tratamientos sobre variables de germinación en la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*)

Variable	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F-valor	Pr > f
Longitud radicular	0.97	0.48	17.94	<0.0001
Porcentaje de Germinación relativo	3832.14	1916.07	5.80	0.0088
Crecimiento radicular relativo	10492.72	5246.36	18.05	<0.0001
Índice de germinación	9310.17	4655.08	16.02	<0.0001

La evaluación del crecimiento radicular de *Lactuca sativa*, cuando se da el agregado de cuatro tipos diferentes de diluciones de los abonos orgánicos evaluados (Figura 1), muestra que el mayor crecimiento radicular se presenta cuando la dilución del abono de estiércol de ave con aserrín no estabilizado es de un 25% (1 g de abono + 3 g de tierra negra), en donde se alcanzó un crecimiento promedio de 1,38 mm. Seguidamente se observa que este mismo abono, también presenta un crecimiento considerable bajo la dilución al 50% (2 g de abono + 2 g de tierra negra), obteniendo un crecimiento promedio de 1,07 mm.

Cuando fueron evaluados el abono compuesto de estiércol de ave y de bovino peletizado (T2) y el abono de estiércol de ave con aserrín estabilizado por un mes (T4), en las 4 diluciones, los resultados obtenidos no se diferenciaron entre sí, presentando un crecimiento radicular intermedio. El abono T2, cuando fue utilizado sin presentar ninguna dilución, obtuvo el menor crecimiento radicular, con un crecimiento promedio de 0,02 mm.

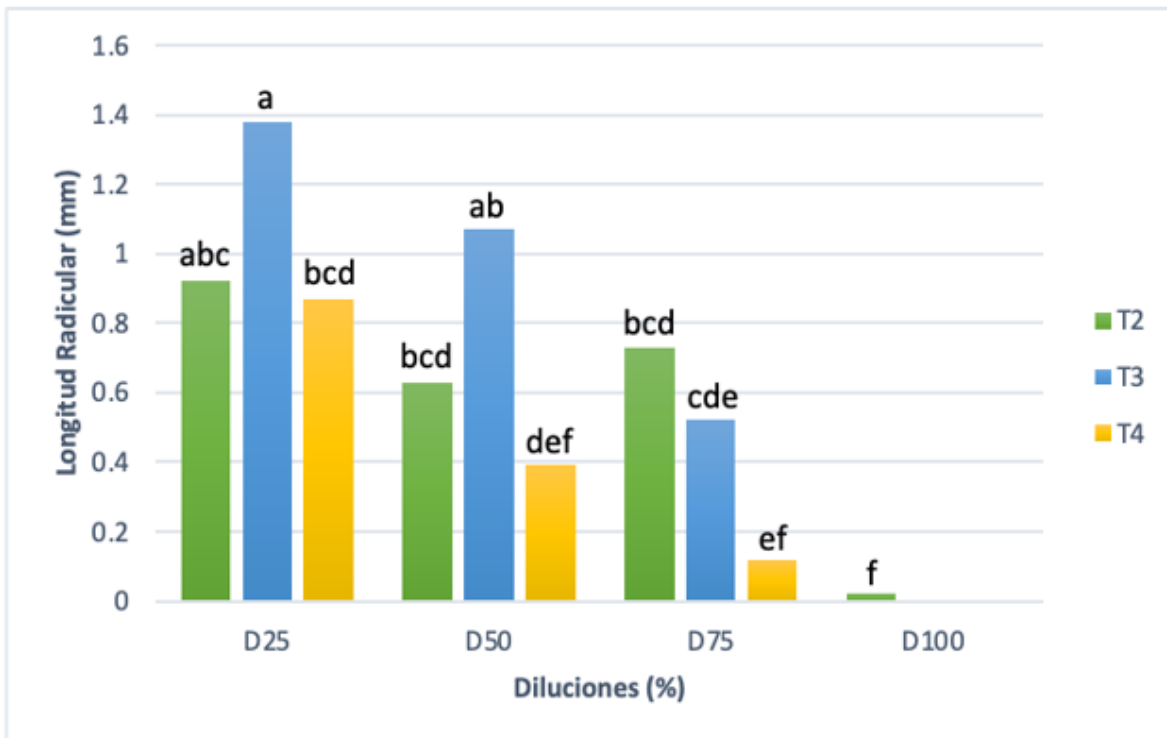


Figura 1. Evaluación del crecimiento radicular de *Lactuca sativa* evaluada utilizando 3 tipos de abonos orgánicos (T2, T3, T4), bajo 4 diferentes de diluciones (D25, D50, D75, D100). Columnas con la misma letra indican que no hay diferencias estadísticas ($p > 0,05$)

Es conocido que esta especie actúa como un indicador sensible, ante el grado de madurez de los abonos orgánicos (Wang, 1991; Emimo, & Warman, P. 2004; Lallana, et al. 2013). La respuesta de crecimiento radicular estuvo condicionada al grado de dilución del abono y la composición y grado de estabilización de este (Ortega-Martinez, et al. 2010; Acevedo-Alcalá, et al. 2020) demostrando que, entre más diluido, menor fitotoxicidad generará sobre la planta y se dará un mayor crecimiento radicular en esta.

En cuanto a la variable de porcentaje de germinación relativo (PGR), no mostró diferencias estadísticamente ($p=0,0088$); sin embargo, se pudo observar un comportamiento variable entre los abonos y distintas diluciones. Los abonos T2 y T3 diluidos al 25% presentaron valores de 86,66 y 76,67%, respectivamente (Tabla 2). En contraste, se encontró que ambos abonos orgánicos al no ser diluidos afectaron el proceso de germinación de la planta. Para el

tratamiento 4, se registraron los valores de PGR más bajos en las diferentes de diluciones con porcentajes máximos de 51%. Esto indica que existe la presencia de residuos orgánicos inmaduros que, aún siendo diluidos, afectan el proceso germinativo de la planta (Varnero et al., 2007).

Tabla 2. Efecto fitotóxico de los tres de abonos orgánicos en diferentes diluciones en variables de germinación en la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*)

Tratamiento	Dilución	PGR ¹	CRR ²	IG ³
2	25	86.66 a	96.00 ab	83.67 ab
2	50	56.67 ab	65.00 ab	37.67 bc
2	75	57.78 ab	76.00 ab	46.33 bc
2	100	2.22 c	1.67 c	0.00 c
3	25	76.67 a	143.67 a	112.33 a
3	50	65.55 ab	111.33 a	73.00 ab
3	75	34.44 abc	54.67 ab	20.00 c
3	100	0.00 c	0.00 c	0.00 c
4	25	51.11 abc	90.33 ab	47.33 bc
4	50	15.56 bc	40.33 abc	5.33 c
4	75	7.78 c	12.33 abc	1.33 c
4	100	31.11 bc	0.00 c	0.00 c

Medias con grupo de letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas, según la prueba LSD Fisher ($P \leq 0.05$). ¹Porcentaje de germinación relativo (%), ²Crecimiento radicular relativo (%), ³Índice de germinación (%). El tratamiento 2 corresponde a abono peletizado de estiércol de ave y bovino, tratamiento 3 = abono sin estabilizar de estiércol de ave, aserrín y astillas de madera, y tratamiento 4 = abono estabilizado de estiércol de ave y aserrín.

La evaluación del IG indicó que el T3 y T2 en la dilución de 25% obtuvieron valores de 112,33 y 83,67%, respectivamente (Tabla 2). Para las diluciones al 50% y 75% de abono estudiado, exceptuando el T3 al 50%, se registraron valores por debajo del 80%, lo cual representa efectos fitotóxicos para la planta según Emino y Warman (2004). Por otro lado, el T3 al 50% al presentar 73% en IG indica que su nivel fitotóxico es moderado según el criterio de evaluación de los autores Emino y Warman (2004). Esta variable es un indicador de gran importancia ya que expresa la interacción de los factores que promueven o inhiben la

germinación, así como de los respectivos factores que favorecen o impiden el crecimiento de la radícula (Rodríguez-Romero et al., 2014).

CONCLUSIÓN

Del presente estudio, se concluye que los abonos orgánicos de estiércol de ave con aserrín (no estabilizado) (T3) diluido al 25% muestra los valores más altos para las variables de germinación y crecimiento utilizando la semilla bioindicadora de lechuga (*Lactuca sativa*), seguido del abono peletizado de estiércol de ave y bovino (T2) diluido al 25%. Es importante resaltar que en el caso del T3, según los criterios de IG; se considera apto para uso en diluciones máximas de 50% presentando niveles de fitotóxicos moderados. Esto indica que los efectos fitotóxicos generados por el uso de abonos orgánicos inmaduros se reducirán al usar diluciones del 25%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo-Alcalá, P., Cruz-Hernández, J., & Taboada-Gaytán, O. R. (2020). Abonos orgánicos comerciales, estiércoles locales y fertilización química en la producción de plántula de chile poblano. *Revista fitotecnia mexicana*, 43(1), 35-44. <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.35>
- Artavia, Silvia, Uribe, Lidieth, Saborío, Francisco, Arauz, Luis Felipe, Castro, Leida. (2010). Efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la supresión de *Pythium myriotylum* en plantas de tiquisque (*Xanthosoma sagittifolium*). *Agronomía Costarricense*, 34(1), 17-29. Retrieved July 20, 2022, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100002&lng=en&tlng=es.
- Bagur-González, M. G., Estepa-Molina, C., Martín-Peinado, F., & Morales-Ruano, S. (2011). Toxicity assessment using *Lactuca sativa* L. bioassay of the metal (loid) s As, Cu, Mn, Pb and Zn in soluble-in-water saturated soil extracts from an abandoned mining site. *Journal of soils and sediments*, 11(2), 281-289.
- Celis-Hidalgo, J., M. Sandoval-Estrada y M. Briones-Luengo. (2007). Bioensayos de fitotoxicidad de residuos orgánicos en lechuga y ballica anual realizados en un suelo Alfisol degradado. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*. 7: 51-60.

- Composting Council Research and Education Foundation (CCREF) 2001. Test Methods for the Examination of Composting and Compost (TMECC). Disco compacto. Houston, USA. United States Composting Council (USCC), USDA. 2001, August 21.
- Cruz-Hernández, J., Acevedo-Alcalá, P., & Báez-Cruz, G. (2015). Fitotoxicidad de abonos orgánicos líquidos en especies hortícolas indicadoras, un método de pre-selección. *Revista Científica Biológico Agropecuario*. Tuxpan, 3, 964-971.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., & Robledo, C. W. (2011). InfoStat. versión 24-03-2011. Retrieved from <http://www.infostat.com.ar/>
- Emino, E. R. and P. R. Warman. 2004. Biological assay for compost quality. *Compost Sci. Util.* 12: 342-348. DOI: [10.1080/1065657X.2004.10702203](https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702203)
- Estévez-Schwartz, I., S. Seoane, A. Núñez, and M. E. López-Mosquera. 2009. Characterization and evaluation of compost utilized as ornamental plant substrate. *Compost Science & Utilization*. Util.17: 210-219.
- Gómez-Brandón M., Lazcano C., Domínguez J. 2008. The evaluation of stability and maturity during the composting of cattle manure. *Chemosphere* 70:436-444.
- Huerta Muñoz, Elena, Cruz Hernández, Javier, Aguirre Álvarez, Luciano, Caballero Mata, Raymundo, & Pérez Hidalgo, Luis Felipe. (2015). Toxicidad de fertilizantes orgánicos estimada con bioensayo de germinación de lechuga. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 179-185. Recuperado en 20 de julio de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200179&lng=es&tlng=es.
- Lallana, M. D. C., Foti, M. N., Lallana, V. H., Elizalde, J. H., & Billard, C. E. (2013). Determinación de reducción del crecimiento radical (CE50) por una formulación de glifosato utilizando lechuga y trigo como especies bioindicadoras. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, 45(1), 0-0.
- Lisaridi, K. E. and E. I. Stentiford. 1998. Biological parameters for compost stability assessment and process evaluation. *Acta Horticultural*. 469: 119-128.
- Ortega-Martínez L. D., J. Sánchez-Olarte, R. Díaz-Ruiz y J. Ocampo-Mendoza (2010) Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Ra Ximhai* 6:365-372.
- Rodríguez Romero, A. J., Robles Salazar, C. A., Ruíz Picos, R. A., López López, E., Sedeño Díaz, J. E., & Rodríguez Dorantes, A. (2014). Índices de germinación y elongación radical de *Lactuca sativa* en el biomonitorio de la calidad del agua del río Chalma. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(3), 307-316.
- Varnero, MT., Orellana, R., Rojas, C., Santibañes, C. 2006. Evaluación de especies sensibles a metabolitos fitotóxicos mediante bioensayos de germinación. *El Medioambiente en*

Iberoamérica: Visión desde la Física y la Química en los albores del Siglo XXI. Editor Juan F. Gallardo Lancho. Sociedad Iberoamericana de Física y Química Ambiental. Badajoz, España. Tomo III, 363-369.

Varnero, M. T., C. Rojas y R. Orellana. 2007. Índices de fitotoxicidad en residuos orgánicos durante el compostaje. *Revista de la Ciencia del Suelo y Nutrición Vegetal*.7: 28-37.

Wang, W. (1991). Literature review on higher plants for toxicity testing. *Water, Air, and Soil Pollution*, 59(3), 381-400.

Wu L., Ma L.Q., Martinez G.A. 2000. Comparison of methods for evaluating stability and maturity of biosolids compost. *Journal of Environmental Quality* 29:424-429.

Zucconi, F., A. Pera, M. Forte, and M. de Bertoli. 1981. Evaluations toxicity in immature compost. *BioCycle* 22: 54-57.

**AISLAMIENTO E IDENTIFICACIÓN DE HONGOS CON CAPACIDAD
 ENTOMOPATÓGENA EN EL CULTIVO DE YUCA CONTRA EL CHINCHE
 Cyrtomenus bergi, FROESCHNER (CYDNIDAE) EN LAS PROVINCIAS DE
 COCLÉ Y HERRERA**

ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FUNGI WITH ENTOMOPATHOGENIC
CAPACITY IN CASSAVA CULTIVATION AGAINST THE BUG *Cyrtomenus bergi*,
FROESCHNER (CYDNIDAE) IN THE PROVINCES OF COCLÉ AND HERRERA

Rito Herrera ¹; Martha de Von Chong ²; Ana Bethancourt ³; Fermín Mejía ⁴; Ricardo
Hernández ⁵; Irving Carrasco ⁶

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá. rito.herrera@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

² Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá.
martha.chaves@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

³ Universidad de Panamá. Escuela de Biología. Panamá. ana85estela@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2874-4533>

⁴ Universidad de Panamá. Departamento de Microbiología. Panamá.
fermejia25@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-1455-1474>

⁵ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá.
ricahernandezr@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-7256-1101>

⁶ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Panamá.
irvingivan1989@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-4608-8330>

Recepción: 15 de septiembre de 2022

Aprobación: 8 de octubre de 2022

Resumen

Cyrtomenus bergi es el agente causal de la lesión en la yuca, en donde está plaga subterránea ataca por medio de su estilete, perfora la cutícula y corteza de la raíz. Se observan manchas oscuras alrededor del tubérculo, lo que es indicativo que el chinche se alimentó de

esa raíz. Estas manchas no se perciben a simple vista, sino hasta que se cosecha la yuca, ya que esta plaga es muy común observarla en la lluviosa, pues la humedad la atrae hasta la superficie, y es común encontrarla en las hojas y en el tallo; mientras que en la estación seca es más difícil localizarle. Con el propósito de localizar hongos con posible capacidad entomopatógena que pudieran controlar al chinche de la viruela, en los suelos de cultivo de yuca en las provincias de Herrera (Ocú) y Coclé (Antón), se llevaron a cabo bioprospecciones de hongos nativos de ambas localidades en un intento de minimizar el uso de plaguicidas. En la bioprospección se realizaron diluciones seriadas de (10^{-1} a la 10^{-7}) para aislar la mayor cantidad posible de hongos, lográndose obtener principalmente los géneros *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium sp.* como los más prevalentes, además las diluciones que se tomaron en cuenta fueron de 10^{-5} hasta la 10^{-7} . Paralelamente, se realizaron pruebas bioquímicas de actividad enzimática (deshidrogenasa y respiración microbiana) para determinar la actividad biológica en el suelo y poder orientar nuestra estrategia de bioprospección; elucidándose una mayor actividad microbiana en la finca de Coclé. De acuerdo con los análisis obtenidos de la actividad biológica contra el chinche *C. bergi* se obtuvo una mayor actividad biológica en la muestra CH5 (*Aspergillus sp.*).

Palabras clave: hongos, yuca, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *C. bergi*, suelos

Abstract

Cyrtomenus bergi is the causal agent of the lesion in cassava, where this subterranean pest attacks through its stylet, piercing the cuticle and root bark. Dark spots are observed around the tuber, which is indicative that the bug fed on that root. These spots are not visible to the naked eye, but until the cassava is harvested, since this plague is very common to observe in the rainy season, since the humidity attracts them to the surface, and it is common to find them on the leaves and stem; while in the dry season it is more difficult to locate it. To locate fungi with possible entomopathogenic capacity that could control the smallpox bug, bioprospecting of native fungi from both provinces was carried out in cassava soils in the provinces of Herrera (Ocú) and Coclé (Antón). localities to minimize the use of pesticides. In the bioprospecting, serial dilutions of (10^{-1} to 10^{-7}) were made to isolate the greatest possible number of fungi, obtaining mainly the genera *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* and *Fusarium sp.* as the most prevalent, in addition the dilutions that were considered were from

10-5 to 10-7. At the same time, biochemical tests of enzymatic activity (dehydrogenase and microbial respiration) were carried out to determine the biological activity in the soil and to guide our bioprospecting strategy, elucidating a greater microbial activity in the Coclé farm. According to the analyzes obtained of the biological activity against the *C. bergi* bug, a greater biological activity was obtained in the CH5 sample (*Aspergillus* sp.).

Keywords: Fungi, yucca, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *C. bergi*, soils

INTRODUCCIÓN

La yuca (*Manihot esculenta*), es uno de los cultivos más adaptados a las condiciones climáticas en diferentes regiones tropicales, donde la raíz de yuca es utilizada para el consumo humano y la alimentación animal. Una de las razones que impulsan la siembra de ese cultivo es la posibilidad de utilizarlo como sustituto de los cereales, como el maíz y el trigo. El alto costo de los cereales, generalmente importados, genera al país dependencia y aumento en los costos de producción, se ha venido utilizando desde hace siglos debido a sus altos beneficios nutricionales (Aguilar *et al.*,2017).

La principal característica de la yuca son sus raíces gracias a su alto contenido de almidón, lo que le da su gran valor económico (Ospina y Ceballos ,2012). Las características morfológicas, permiten tipificar las especies dentro del género *Manihot*, pero al ser afectadas por el ambiente puede llevar a una sobre estimación en el número de especies. El efecto que ejerce el ambiente sobre la morfología y arquitectura vegetal en cada variedad de yuca puede ser bastante drástico (Suárez y Mederos, 2010).

Este producto era poco conocido fuera de las regiones tropicales, en parte porque sus productos no eran exportados y porque la especie no se adapta a los climas templados, además el valor económico que brindan los productos y subproductos que se obtienen de la yuca, ofrece ventajas como: tolerancia a la sequía, capacidad de producción de suelos degradados resistente a plagas y enfermedades entre otras (Ospina y Caballos, 2012). Una opción viable consiste en la incorporación al sistema productivo de controles biológicos. En Panamá la mayor parte de la yuca es producida por pequeños agricultores en suelos marginales e infértiles y con un nivel tecnológico bajo. Una de las áreas de mayor producción es Ocú, con suelos ultisoles en su mayoría (Name y Villarreal, 2003).

Entre las principales plagas de la yuca se encuentran la chinche subterránea de la viruela (*C. bergi*) hay otras plagas que podemos mencionar, pero en este caso solamente se hablara de este en específico, que es una plaga chupadora y cavadora polífaga (tabla 1). En el cultivo de la yuca, el daño causado por el chinche se detecta al momento de la cosecha, y sólo al pelar las raíces se observan las lesiones de pudrición que aparecen como puntos negros y marrones en el parénquima de la raíz. Este daño es causado tanto por ninfas como por adultos, al introducir su estilete en la epidermis y corteza de la raíz del tubérculo, permitiendo indirectamente la entrada de microorganismos del suelo. Las lesiones no son detectadas en el momento, sino después que las raíces son cosechadas y peladas, los productores pueden perder su inversión en el cultivo, el tiempo y uso de la tierra. *C.bergi* tiene cinco estadios ninfales; ninfas y adultos pueden vivir más de un año alimentándose de las raíces de las yucas (Bellotti *et al.*, 2007).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de *C. bergi*. (Marrero, 2012).

Nombre científico	<i>Cyrtomenus bergi</i> Froeschner
Reino:	<i>Animalia</i>
Filo:	<i>Artrópoda</i>
Clase	<i>Insecta</i>
Orden:	<i>Hemíptera</i>
Familia:	<i>Cydnidae</i>
Género:	<i>Cyrtomenus</i>

MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras utilizadas, fueron colectadas de la raíz de la yuca (*Manihot esculenta*), en dos fincas localizadas en La Menchaca, Ocú, Herrera y Los Torres de Cabuya, Antón, Coclé (figura 1). Se tomaron muestras de la yuca específicamente de la lesión donde el chinche, introduce su estilete en la epidermis y corteza de la raíz, así como del suelo circundante.

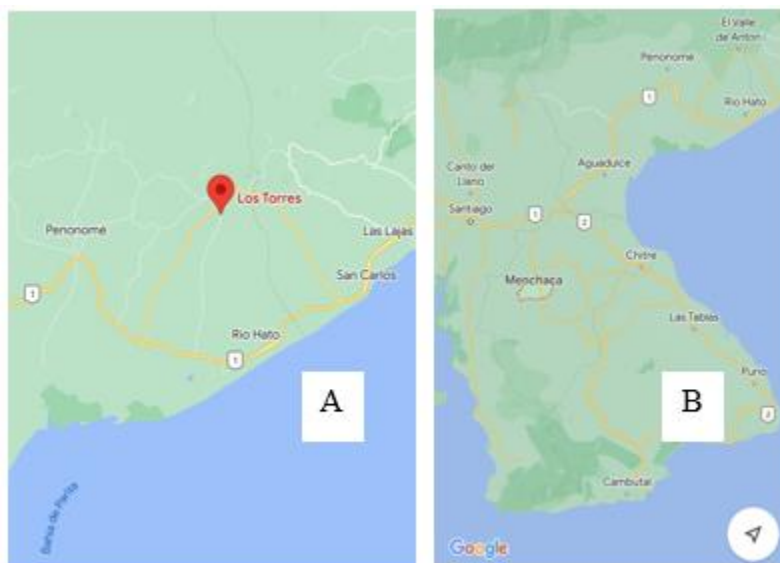


Figura 1. Ubicación geográfica de las áreas de colecta: A) Antón; B) Ocu. Fuente: Google Maps (2022).

Actividad deshidrogenasa

Se utilizó el método de Casida (Małachowska y Matyja, 2019) en donde los suelos procedentes de cada una de las muestras se le realizó la actividad enzimática de la deshidrogenasa con el objetivo de determinar la actividad microbiana. Se colocaron 6 g de cada muestra de suelo húmedo, en tubos de ensayo al cual se le agregó alrededor de 50 mg de glucosa a cada uno para acelerar el proceso de activación de los microorganismos, luego se añadió 2 ml de agua destilada más 1 ml de 2, 3,5- trifeniltetrazolium cloruro (TTC) al 3% (Małachowska y Matyja, 2019). La mezcla se homogenizó con ayuda del vórtex, hasta tener una consistencia lodosa. Los tubos fueron cubiertos con papel aluminio e incubados en la oscuridad a 28°C por 8 días. Después de 8 días de incubación, a cada tubo se le agregó 25 ml de metanol, se homogenizó la muestra y se dejó precipitar el suelo. Posteriormente, se filtró el sobrenadante con el sistema de filtrado al vacío; el filtrado se colocó en un matraz volumétrico de 50ml, hasta obtener un volumen de 25ml. Para calibrar el espectrofotómetro se utilizó como blanco 2ml de agua, 1ml de TTC y 25 ml de etanol. Se concluyó con la lectura de la absorbancia de cada una de las muestras a (A485 nm y 100 % de transmitación).

-Respiración microbiana

Para esta prueba se determinó mediante el método de Anderson (1982), la muestra de suelo debe estar seca a temperatura ambiente y pulverizada evitando que tenga residuos ajenos a esta. Se hará el montaje de cada una de las muestras, el cual consiste en utilizar

frascos de vidrio con boca ancha y cierre hermético, en estos se introducirá 25g de suelo. En un envase plástico más pequeños se colocará 10ml de NaOH 0.1M y en otro envase 10 ml de agua destilada, estos se pondrán dentro del frasco de vidrio que contiene el suelo y este se humedecerá con ayuda de un gotero. De la misma manera se montará en otro frasco de vidrio con NaOH, pero sin suelo (blanco). Todas incubadas en la oscuridad.

Posteriormente los días 1º, 2º, 4º, 7º, y 10º de la incubación, se procederá a titular, se tomará 2ml de cada tratamiento de NaOH 0.1M del frasco de vidrio y se agregará agua destilada (1-2ml aproximadamente), 1ml de BaCl₂ al 20% y azul de timol al 1% como indicador, titulando con HCl 0.1 M presente en una bureta hasta que cambie de color, se procederá a anotar. Lo mismo se hará con el tratamiento control.

-Aislamiento de los hongos:

Una vez recolectadas las muestras de yuca y suelo circundante se procedió a realizar diluciones seriadas. Para este proceso se pesaron 25 g de cada una de las muestras, luego se diluyeron en 60 ml de agua peptonada, y se agitaron vigorosamente. Posteriormente, se realizó una dilución seriada; de la cual se tomó 1 ml de la muestra del tubo madre y se procedió a diluir en tubos de ensayo con 9 ml de agua peptonada cada uno. Se hicieron diluciones seriadas (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} , 10^{-6} y 10^{-7}). Luego se tomaron 30µL de cada una de las diluciones y se sembrarán en platos con PDA debidamente rotulados y se incubarán a temperatura ambiente por cinco días (aproximadamente 28°C).

Para la obtención del hongo se procedió a su aislamiento con una pinza estéril, colocándose un fragmento de 2x2 mm de cada hongo aislado sobre la superficie de un plato Petri conteniendo agar papa dextrosa (PDA) y se incubaron entre 25-28°C.

-Obtención del insecto

El chinche *C. bergi* es una plaga chupadora y cavadora polífaga, que ha sido reportada haciendo daño en cultivos de yuca. Este se obtuvo con más facilidad en épocas de lluvia. En temporada seca fue más difícil capturarlo, ya que se interna a mayor profundidad en el suelo. Se crearon las condiciones necesarias en el laboratorio a fin reproducir las condiciones generales de vida de este insecto y realizar posteriormente las pruebas de actividad biológica utilizando hongos del suelo.

-Método de aplicación de los hongos del suelo contra el insecto.

Se procedió a colocar los chinches en una caja con ventilación (mallas de ventilación), con suelo procedente de la zona de su aislamiento (manteniendo su humedad) y se le agregó restos de yuca como alimento para el insecto, de manera que mantuviera su viabilidad y no se fuera interrumpido su ciclo biológico (Figura 2).



Figura 2. Recolecta de chinches, limpieza, conteo y preparación para llevarlos al laboratorio.

El método de aplicación de los hongos del suelo consiste en la aspersión que es la dilución de los hongos obtenidos en la yuca y el tweek a -20% al 0.05 μ l diluido en 50 ml de agua destilada cada uno en platos Petri, se tomó el chinche con una pinza estéril y se sumergió de manera rápida para luego colocarlos en platos con sustratos estériles debidamente rotulados y se le colocaran mayas para evitar que se salgan del mismo. Se realizaron observaciones periódicas por día para verificar la viabilidad de los chinches y determinar la capacidad entomopatógena de los aislados fúngicos. Las cepas fúngicas con actividad biológica antagonista contra *C. bergi*, fueron reconocidas en base a claves taxonómicas y utilizando la técnica de micro cultivo para la inducción de estructuras reproductivas.

La cámara Neubauer fue utilizada para el conteo de esporas en este caso el de los hongos aislados, las mismas son contadas por cuadrantes con una medición de 0.1 mm de profundidad y cinco cuadrantes medios que corresponden a 0.2 mm, para realizar el conteo, se toman las esporas más definidas o solas de cada cuadrantes, este a su vez se dividen por

0.02 mm que es la multiplicación de la profundidad por los cuadrantes y el valor obtenido es la cantidad de esporas por 20 μ l de la dilución, nos da la cantidad de esporas obtenidas de cada hongo aislado.

Las cepas fúngicas con características macroscópicas similares se agruparán en morfotipos para su identificación taxonómica, se empleó la técnica de microcultivo en cámara húmeda incubándose a 28 °C, alternando 16 h de luz y 8 h de oscuridad, para favorecer el crecimiento de estructuras características de los hongos. Se observaron las estructuras microscópicas y se clasificaron por géneros. Posteriormente, para su identificación molecular se amplificarán por PCR convencional los genes ribosomales 16S (ITS1 5' TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (50 -TCCTCCGCTTATTGATATGC-3').

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respiración microbiana en los suelos en los cultivos yuca en dos fincas

Los resultados obtenidos de la respiración microbiana ($\text{mg CO}_2 \cdot 100 \text{g}^{-1} \text{s}^{-1}$) en los suelos de las distintas fincas de yuca se presenta en la figura 3.

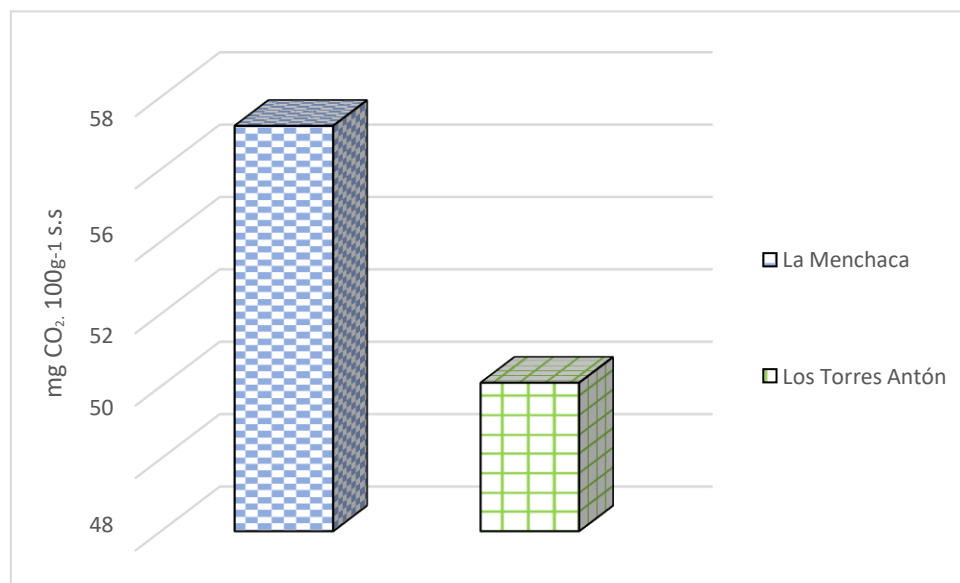


Figura 3. Valores de la respiración (producción de CO₂) en suelos de finca convencional (La Menchaca. Ocú) y agroecológica (Los Torres, Antón) de la raíz de la yuca.

El suelo con la mayor tasa de respiración resultó ser el de la finca tradicional (La Menchaca), mostrando una tasa de producción de CO₂ de 57.2 mg CO₂.100g⁻¹, mientras que el suelo de la finca agroecológica presentó una tasa de respiración de 50.1 mg CO₂.100g⁻¹. Estos datos pueden explicarse en función de que fueron tomados en estación lluviosa, registrándose una mayor humedad del suelo en La Menchaca en comparación con la finca de Los Torres, es decir las condiciones aeróbicas (oxígeno disponible en suelo) en La Menchaca fueron superiores al suelo de Los Torres (zona Húmeda de montaña).

Actividad Deshidrogenasa en suelos de dos fincas de yuca

El ensayo realizado, para evaluar el efecto de la actividad de la enzima deshidrogenasa en las muestras de suelo de cada una de las fincas de yuca se presenta en la tabla 2.

Tabla 2. Valores de Absorbancia (A485nm) de las muestras de suelo.		
Sitio	Absorbancia (A485nm)	X= μg ml ⁻¹ TPF
La Menchaca	0.158	3.69
Los Torres Antón	0.315	7.44

La Finca agroecológica Los Torres en Antón finca presentó una mayor cantidad de Trifenil formazán (TPF) en comparación con la finca convencional La Menchaca (Ocú), como medida de la actividad enzimática de la deshidrogenasa. Esto pudiera explicarse por su mayor contenido de materia orgánica en torno al 3,5% en el análisis físico químico del suelo (Los Torres), mientras que La Menchaca presentó un 1,2%. Algunas propiedades fisicoquímicas del suelo como el pH, carbono orgánico, nitrógeno total, fósforo total y la distribución del tamaño de las partículas son factores importantes en la actividad enzimática de los microorganismos. La actividad deshidrogenasa (DHA) está relacionada con el contenido de materia orgánica en el suelo: cuanto mayor sea el contenido de materia orgánica, mayor es la actividad microbiana (Małachowska y Matyja, 2019).

Las principales especies fúngicas encontradas en las fincas analizadas en esta investigación se presentan en la tabla 3 (localización geográfica) y corresponden a los géneros *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium sp.* En la tabla 4 se presentan las principales características macroscópicas de estos aislamientos fúngicos (morfotipos), los cuales corresponden a la


finca de manejo convencional La Menchaca en el distrito de Ocú, provincia de Herrera.


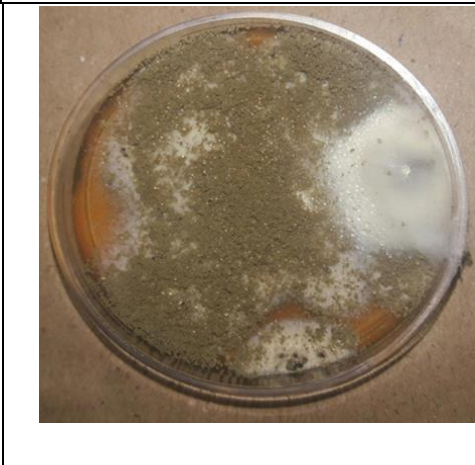
Tabla 3. Hongos Filamentosos encontrados en las muestras de yuca y el chinche *C. bergi* por lugar de muestreo (finca tradicional Menchaca – Ocú (FMO) y finca agroecológica, Los Torres-Antón (FLT)).


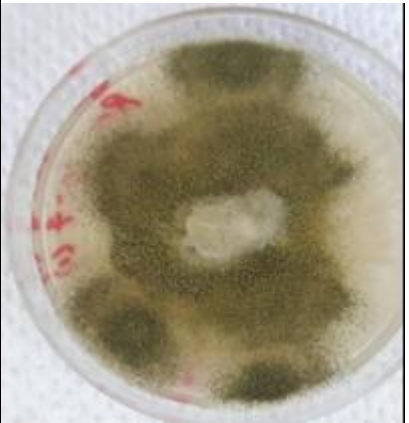
SIGLAS	Hongos filamentosos	Lugar de muestreos
R1	<i>Penicillium sp.</i>	FMO
R2	<i>Aspergillus sp.</i>	FLT
CH2	<i>Fusarium sp.</i>	FMO
CH5	<i>Aspergillus sp.</i>	FMO
CH6	<i>Aspergillus sp.</i>	FMO.

En este ensayo se logró obtener, principalmente los géneros *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* como los más prevalentes. Además, se encontró en menor proporción y también aislado, *Fusarium sp.* En este sentido, los hongos del suelo de regiones áridas, semiáridas y en regiones tropicales no han sido estudiados ampliamente en zonas áridas son característicos los hongos de los géneros *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* (Bellotti *et al.*, 2007).

Tabla 4. Descripción macroscópica de los Hongos Filamentosos
SISTEMA TRADICIONAL FINCAS DE OCÚ

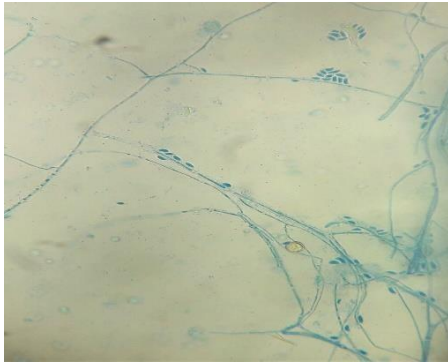
N° DE PLATO	HONGO FILAMENTOSO	GÉNERO	CARACTERÍSTICAS ACROSCÓPICAS (ANVERSO)
1.CH2		<i>Fusarium sp.</i>	Colonia con crecimientos rápido de color blanco alrededor, hacia el centro una textura rugosa de color amarilla. Forma y textura algodonosa densa.

2.CH6		<i>Aspergillus sp.</i>	<p>Colonias de bordes redondeados suave, superficie aterciopelada, decolor blanco con el centro ligeramente de color verde con blanco, De crecimiento rápido.</p>
3.CH5		<i>Aspergillus sp.</i>	<p>Colonias de bordes irregulares suave, superficie de color amarilloso con los bordes ligeramente de color blanco, De crecimiento rápido. Pulverulento.</p>

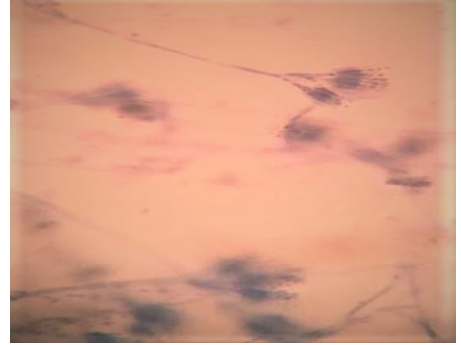
SISTEMA AGROECOLÓGICO			
N° DE PLATO	HONGO FILAMENTOSO	GÉNERO	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS (ANVERSO)
4.R1		<i>Penicillium sp.</i>	Colonia de margen redondeado suave, borde blanco con un aro de color verde claro, presenta hacia el centro un color blanco con verde con moderado crecimiento y textura un poco algodonosa.
5.R2		<i>Aspergillus sp.</i>	Colonias con crecimiento rápido de 3 a 4 días, son de color verde, blanco, amarillo alrededor con bordes irregulares granulados y pulverulentos.

En relación a las características macroscópicas se hicieron placas de cada aislamiento para la observación de estructuras reproductivas (esporas), observándose al microscopio: forma, tamaño, agrupamiento, color, etc; aplicándose la de tinción con azul de lactofenol (ver figura 4).

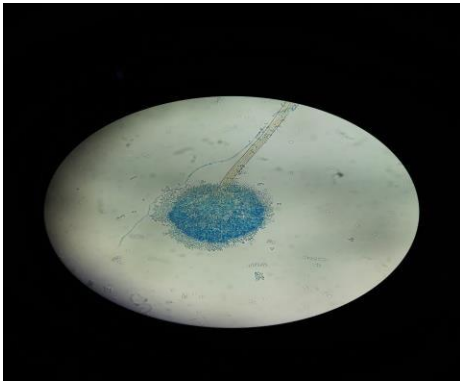
Técnica de micro cultivos



CH2
Fusarium sp.



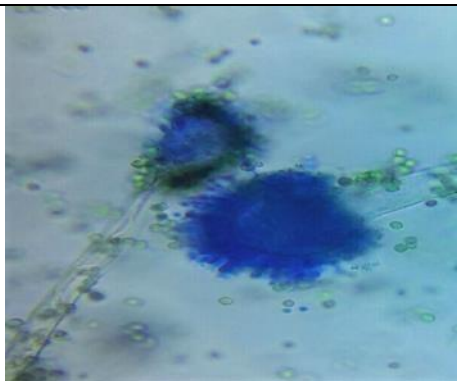
R1
Penicillium sp.



CH5
Aspergillus sp.



R2
Aspergillus sp.



CH6
Aspergillus sp.

Figura 4. Observaciones microscópicas de *Fusarium*, *Penicillium*, *Aspergillus*, obtenida de la técnica de micro cultivo (objetivo de 40x).

Conteo de esporas con la cámara Neubauer

Al observar la tabla 5 se muestran diferencias en cuanto a las cantidades de esporas encontradas y contadas en la cámara, siendo los géneros más prevalentes *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* y *Fusarium sp.* Los resultados obtenidos indican que el género con mayor cantidad de esporas es *Penicillium* con 823,000 esporas / 20 µl obtenido en Menchaca-Ocú, seguido de *Aspergillus sp* con 561,000 esporas/ 20 µl de Menchaca-Ocú aislado del suelo, siendo este último hongo el que dio mayor actividad biológica contra el chinche *C. bergi*. la cantidad de esporas por 20 µl de la dilución nos dió el valor obtenido en la cantidad de esporas cada hongo aislado. este método microscópico fue de gran ventaja ya que puede brindar información adicional sobre el tamaño y la morfología de los objetos contados en este ensayo.

Tabla 5. Conteo de esporas de la cámara Neubauer de los hongos aislados.

Hongos aislados	Conteo con la cámara Neubauer	Fincas
<i>Fusarium sp</i>	285,000 esporas/20 µl	Menchaca-Ocú
<i>Aspergillus sp</i>	561,000 esporas / 20 µl	Menchaca-Ocú
<i>Aspergillus sp</i>	465,000 esporas / 20 µl	Menchaca-Ocú
<i>Penicillium sp</i>	823,000 esporas / 20 µl	Menchaca-Ocú
<i>Aspergillus sp</i>	123,980 esporas / 20 µl	Los Torres-Antón.

En relación con la prueba de actividad biológica contra *C bergi*, la cepa CH5 de *Aspergillus sp* presentó una mayor tasa de mortalidad en relación con el número de insectos muertos en siete días (disminución de insectos por día) (figura 5).

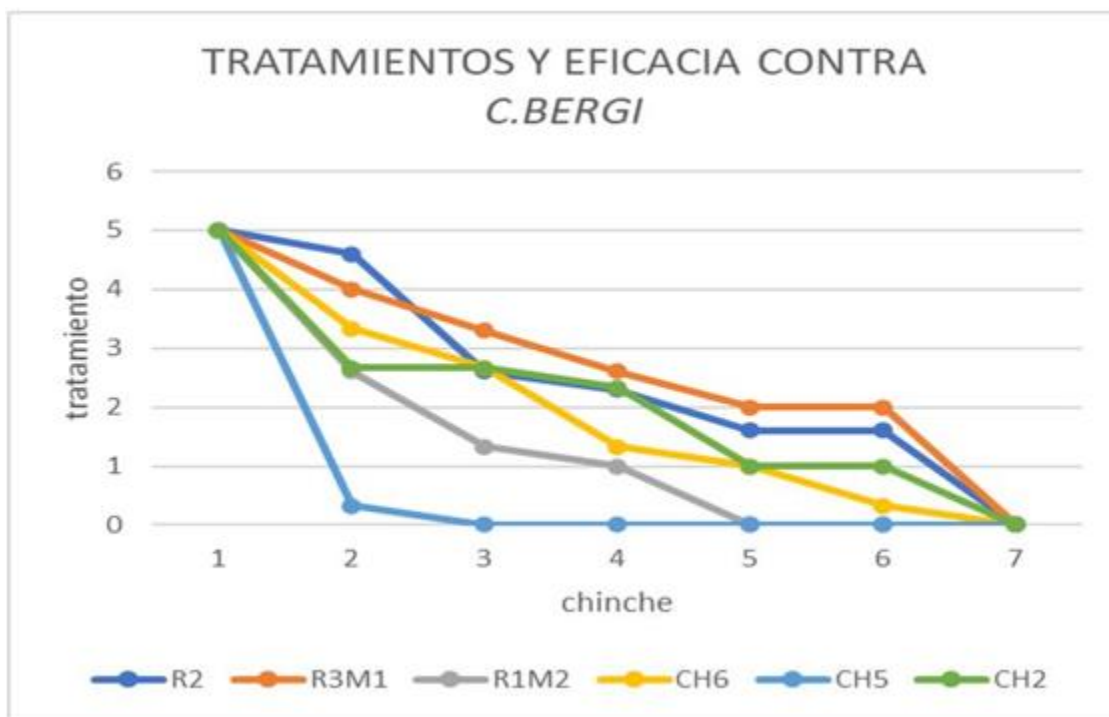


Figura 5. Tratamientos utilizados contra el chinche *C. bergi*. **R2** (*Aspergillus sp*-Finca Los Torres), **R3M1**(*Aspergillus sp*-Finca La Menchaca), **R1M2**(*Penicillium sp*-Finca La Menchaca), **CH6** (*Aspergillus sp*-Finca La Menchaca), **CH5** (*Aspergillus sp*-La Menchaca), **CH2** (*Fusarium sp*-La Menchaca). El eje X corresponde a días.

En los primeros ensayos preliminares con el chinche se utilizaron platos Petri esterilizados sin el sustrato (suelo), y la aspersión del hongo en el insecto dando como resultado la mortalidad total de los chinches en los estados adulto al siguiente día de su revisión, esto nos indica que es necesario que el insecto tenga su sustrato para movilidad y subsistencia en el medio por lo que se procedió a realizar nuevamente ensayos con los chinches, la aspersión y su sustrato. La cepa CH5 fue capaz de crecer sobre el insecto tal como se observa en la figura 6. El crecimiento del hongo en el ensayo da como evidencia de la patogenicidad es la capacidad de un agente infeccioso de producir enfermedad en un huésped susceptible. Por lo que es necesario establecer la causalidad del hongo como responsable de la micosis en el tejido de la planta. (Grant y Long, 2017).



Figura 6. Cepa CH5 (*Aspergillus sp*) creciendo sobre *C. bergi* luego de 6 días de inoculación.

Los anteriores resultados coinciden con los obtenidos por Suárez y Mederos, (2010) en donde hace una comparación de resultados en la efectividad de los tratamientos utilizados en el ensayo donde los hongos utilizados para control biológico de *C. bergi* pertenecen a los géneros *Fusarium sp*, *Aspergillus sp* y *Metarhizium anisopliae* fueron estadísticamente las mejores cepas para el control del chinche siendo *Aspergillus* uno de los más efectivos bajo condiciones del laboratorio para estadios adulto del chinche. Los géneros *Aspergillus sp* y *Penicillium sp* han sido reportados con efectos entomopatógenos en bioensayos sobre triatomíneos (*Triatoma infestans* y *Panstrongylus megistus*) causantes de enfermedad de Chagas (Lara Da Costa *et al.*, 2003). Alrededor de 100 géneros y 1000 especies de hongos entomopatógenos han sido reportados en el mundo incluyendo *Bauveria*, *Metarhizium*, *Penicillium* y *Fusarium* (Mascarin *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

- Los aislamientos de hongos obtenidos se basaron en géneros, características morfológicas y microscópicas y moleculares, prevaleciendo los géneros *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp* y *Fusarium sp.*
- La Cepa CH5 fue la que presentó mayor actividad biológica contra *C. bergi*.
- Los ensayos de respiración microbiana y actividad deshidrogenasa nos permitieron comprender como el contenido de materia orgánica puede orientarnos sobre la bioprospección de microorganismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Brenes, E. (2017). Manual del Cultivo de yuca *Manihot esculenta* Crantz. Sector agroalimentario- Inta Costa Rica, 9-17:27-34.
- Anderson, J., Page, A., Miller, Keeney, D. (1982) Soil Respiration Methods of Soil Analysis, 831-871.
- Bellotti, A., Arias, B., Herrera, C., Holguín, C. (2007). Manejo Integrado de Moscas Blancas Asociadas al Cultivo de Yuca. Cali, Colombia: CIAT.
- Grant, W., Long, P. (2017). Micología. En: Microbiología Ambiental. Editorial Acribia: 6-10.
- Lara Da Costa, G., Lage de Moraes, A., Galvao, K. (2003). Efecto entomopatógeno de *Aspergillus giganteus* y *Penicillium corylophyllum* sobre dos vectores triatominos de la enfermedad de Chagas. *Journal of Basic Microbiology* 43:1.
- Małachowska-Jutysz, A., Matyja, K. (2019). Discussion on methods of soil dehydrogenase determination. *International Journal of Environmental Science and Technology*,16:7777–7790.
- Mascarin, G.M.; Lopes, R.B.; Delalibera, I., Jr.; Fernandes, E.; Luz, C.; Faria, M. (2019) Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. *J. Invertebr. Pathol.* 165, 46–53.
- Marrero, L. (2012). Chinchas subterráneas (Hemiptera: Cydnidae) asociadas a hospedantes de interés económico en la provincia de Matanzas. *Protección Veg.*, pp. Vol. 27 No. 3 : 194-196.
- Name, B., Villarreal, J. (2003). Efecto de diferentes niveles de silicio en el cultivo de arroz en suelos ultisoles y alfisoles. Calabacito, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, Panamá.
- Ospina, B., Caballos, H. (2002). La yuca en el tercer milenio: sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. CIAT, Cali, Colombia.
- Suárez Guerra, L. Mederos Vega, V. (2010). Apuntes sobre el Cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* crantz) tendencias actuales. *cultivos tropicales*. INCA (Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas), 32: 27- 35.

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y FACTORES QUE LIMITAN LA PRODUCCIÓN DE SANDÍA EN ALANJE Y PROGRESO, CHIRIQUÍ, PANAMÁ

SOCIOECONOMIC ASPECTS AND FACTORS THAT LIMIT WATERMELON PRODUCTION IN ALANJE AND PROGRESO, CHIRIQUÍ, PANAMA

Ana J. Jaén V. ¹; Luis Samaniego ²; Ángel Villarreal ³

¹Grupo Cano S.A., Departamento de Contabilidad. Panamá. ajjaen1079@gmail.com

²Instituto de Mercadeo Agropecuario, Departamento Técnico Agropecuario. Panamá.
luissamaniego158@gmail.com

³Banco Nacional de Panamá, Departamento de Soporte al crédito Banca Corporativa.
Panamá. aavillarreal@hotmail.com

Recepción: 18 de septiembre de 2022

Aprobación: 11 de octubre de 2022

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar los aspectos socioeconómicos y factores limitantes en la producción de sandía (*Citrullus lanatus*), en Alanje y Progreso, Chiriquí, Panamá. Para lo cual, se realizó una encuesta, a partir de una muestra estimada de productores, basada en preguntas abiertas y cerradas, para determinar las limitaciones que confrontan los productores. Con la información obtenida, se determinó que, los factores que se muestran como limitantes importantes en la producción de sandía en esta región, son la falta de tecnología con que cuentan los productores de Alanje y Progreso, Chiriquí, Panamá, el alto costo de los insumos agrícolas, plagas como la mosca blanca, los áfidos o pulgones, el tizón

gomoso del tallo; además, se demarcaron los factores limitantes en el cultivo para la exportación.

Palabras clave: Chiriquí, factores limitantes, plagas, productores, sandía.

Abstract

The aim of the study was to determine the socioeconomic aspects and factors that limit watermelon (*Citrullus lanatus*) production in Alanje and Progreso, Chiriquí, Panama. For which, a survey was carried out, based on an estimated sample of producers, considering open and closed questions, to determine the limitations that they face. With the information gathered, we determined that the most significant factors that limit watermelon production in Alanje and Progreso, are the lack of use of technology by producers, the high cost of supplies, pests such as whitefly, aphids, gummy stem blight. In addition, the limiting factors in the cultivation for export were demarcated.

Keywords: Chiriquí, limiting factors, pests, producers, watermelon.

INTRODUCCIÓN

La sandía (*Citrullus lanatus*), es una cucurbitácea originaria de África tropical y subtropical. En los mercados internacionales, también es conocida como chicayote, patilla, melón de agua, sandilla. La textura de la pulpa de la sandía es no harinosa, más del 90% de ella es agua, es rica en fructuosa y baja en calorías (Crawford, 2017).

Se comercializa para consumo local y para exportación, con destino para Europa y los Estados Unidos de América. Las normas y estándares internacionales, que se aplican para estos destinos son: FSMA (Ley de Seguridad de salud pública y preparación de Respuesta al Bioterrorismo (FDA, 2022), Global G. A. P. (2022) y Rainforest Alliance (2022). Por lo cual,

el objetivo de esta investigación fue determinar los aspectos socioeconómicos y factores que limitan la producción de sandía en Alanje y Progreso, Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a las localidades de Alanje (8°24' N 82°32' O) y Progreso (8°27'05" N 82°50'10" O), Chiriquí, Panamá (Figuras 1 y 2). La población objetivo fueron 55 productores de sandía (30 de Alanje y 25 de Progreso), según MIDA (2021). Mediante la aplicación Survey Monkey (2022), considerando una confianza de 85% y un margen de error de 10%, se obtuvo una muestra de 27 productores (15 de Alanje y 12 de Progreso). Se realizó una encuesta estructurada a los productores, considerando aspectos socioeconómicos como edad, género, experiencia en la producción, tenencia de la parcela, si recibe asistencia técnica y si pertenece a grupos de productores. Además, se les preguntó sobre los principales factores que consideran limitantes para la producción y comercialización del rubro. Los datos fueron tabulados, analizados y graficados, con ayuda del programa Microsoft Excel.

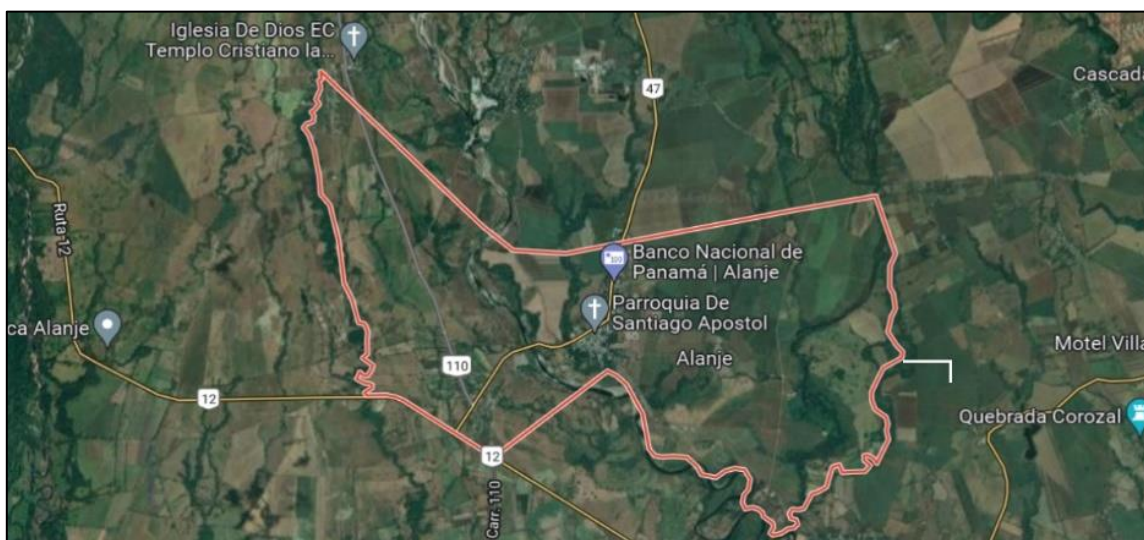


Figura 1. Ubicación geográfica de Alanje, Chiriquí. Fuente: Google Earth (2022).

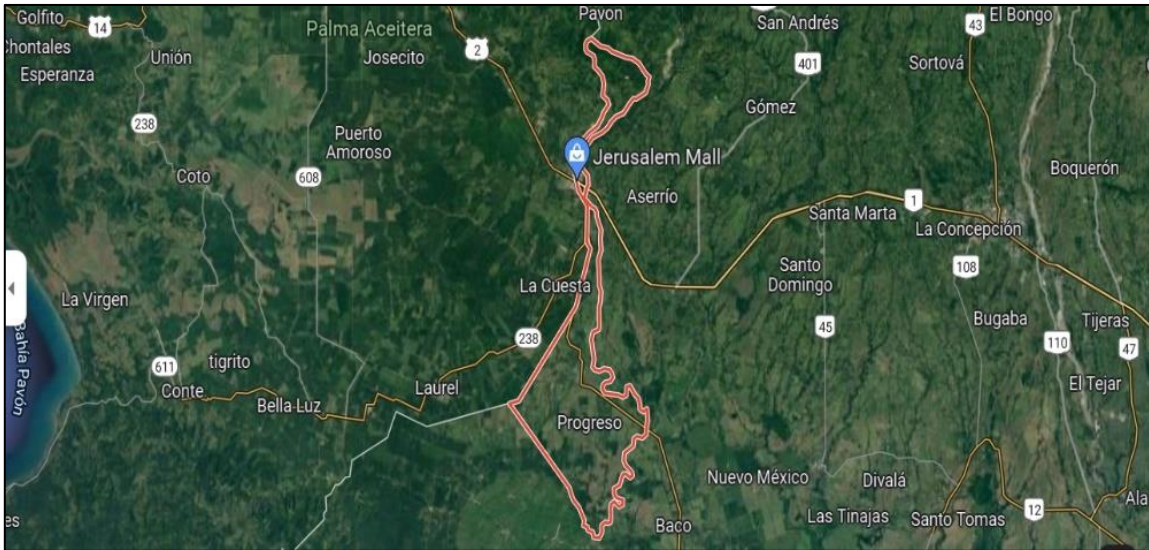


Figura 2. Ubicación geográfica de Progreso, Chiriquí. Fuente: Google Earth (2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aspectos socioeconómicos de los productores de sandía de Alanje y Progreso, Chiriquí.

El 100% de los encuestados fueron varones, con una edad promedio de 45 años y la diferencia entre la edad promedio con respecto al resto de productores es de 8 años. Los productores más jóvenes, menores de 40 años de edad, representan un 12,5% del total. La experiencia promedio de los productores se ubica entre los 3 y 8 años. El 70% es propietario de sus parcelas y 30% alquilan; mientras que el 100% reciben asistencia técnica y sólo el 30% es miembro de alguna asociación (Tabla 1). Entre los principales factores que los productores consideraron limitantes para la producción y comercialización de la sandía, se encontró en primer lugar el costo de los insumos agrícolas (27), seguido por la disponibilidad de mano de obra (24), la falta de tecnología como semilla de mejor calidad (22), las plagas (21), el clima (20) y dificultades para obtener financiamiento (15) (Figura 3).

Tabla 1. Características socioeconómicas de los productores de sandía en Alanje y Progreso.

Variable	Descripción	Total
Edad (años)	40 – 50	87,5%
Género	27	100%
Experiencia (años)	3 – 8	100%
Parcela propia	19	70%
Parcela alquilada	8	30%
Asistencia técnica	27	100%
Pertenecen a asociaciones	8	30%

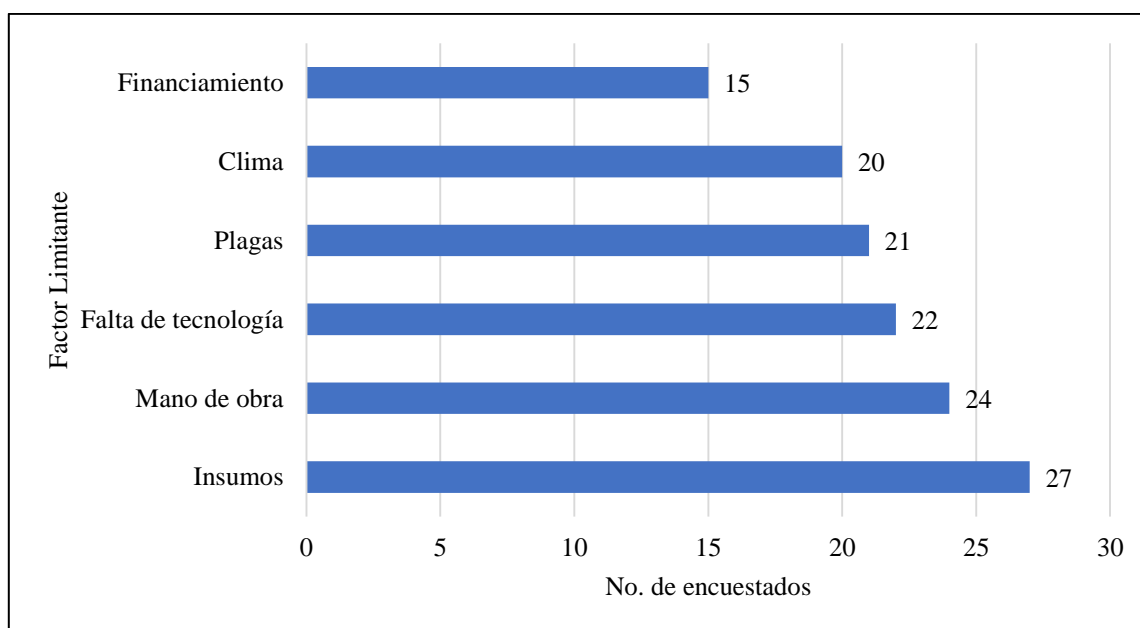


Figura 3. Factores limitantes para la producción de sandía en Alanje y Progreso, Chiriquí.

Entre las plagas más importantes mencionadas por los productores, se tuvieron mosca blanca, los áfidos o pulgones, el tizón gomoso del tallo, entre otros. Esto se aproxima parcialmente a los resultados obtenidos por Barba et al. (2015), quienes listaron para Azuero,

principal zona productora de cucurbitáceas para exportación, como principales plagas insectiles a *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae), *Frankliniella* spp. y *Thrips palmi* (Thysanoptera: Thripidae); mientras que, en el caso de enfermedades, destacaron el mildiú (*Pseudoperonospora cubensis*) y la marchitez (*Fusarium oxysporum*).

Entre las prácticas implementadas por los productores para el manejo de plagas, todos los encuestados optan por la aplicación de insecticidas, la rotación de cultivos y la eliminación de residuos de cosecha. Sin embargo, manifestaron que no manejan en detalle los requisitos de las normativas internacionales para poder exportar; con lo cual, sumado a la predominancia del manejo convencional, sus oportunidades se ven limitadas. La persistencia de este tipo de manejo es similar a lo observado en otros rubros, como las hortalizas producidas en Tierras Altas, Chiriquí (Herrera et al., 2021); además de que un mal manejo de la fertilización puede derivar en problemas fitopatológicos en el cultivo (Barba et al., 2015).

CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se concluye que, los productores de sandía de Alanje y Progreso, Chiriquí, se caracterizan por tener en su mayoría edades entre 40 y 50 años, con experiencia variable entre 3 y 8 años y todos reciben asistencia técnica. Se determinaron por lo menos seis factores que limitan la producción y potencial comercialización del rubro en mercados más atractivos. Se requiere capacitar a estos productores sobre los estándares y procedimientos exigidos para exportar, así como invertir en mejoras tecnológicas para contribuir con la sostenibilidad de esta actividad productiva.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de Alanje y Progreso, por facilitar la información requerida durante el estudio. Al Ph. D. Rubén D. Collantes G., por el asesoramiento brindado en esta investigación.

REFERENCIAS

- Barba, A., Espinosa, J., y Suris, M. (2015). Adopción de prácticas para el manejo agroecológico de plagas en la sandía (*Citrullus lanatus* Thunb.) en Azuero, Panamá. *Rev. Protección Veg.*, 30(2), 104-114. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30n2/rpv04215.pdf>
- Crawford, H. (2017). Manual de manejo agronómico para cultivo de sandía *Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. et Nakai. Boletín No. 367, INIA – Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6667/NR40898.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- FDA (U. S. Food & Drug Administration). (2022). Food Safety Modernization Act (FSMA). <https://www.fda.gov/food/guidance-regulation-food-and-dietary-supplements/food-safety-modernization-act-fsma>
- Global G. A. P. (2022). Página Principal. <https://www.globalgap.org/es>
- Herrera, R., Collantes, R., Caballero, M., y Pittí, J. (2021). Caracterización de fincas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 200-209. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.329>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá). (2021). Cierre Agrícola, Año 2020-2021: Documento de Actividades Productivas. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf>
- Rainforest Alliance. (2022). Página Principal. <https://www.rainforest-alliance.org/>

MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE AGROQUÍMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN EL DISTRITO DE ALANJE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

MANAGEMENT OF AGROCHEMICALS EMPTY CONTAINERS IN RICE PRODUCTION IN THE ALANJE DISTRICT, PROVINCE OF CHIRIQUÍ

Norielis Miranda ¹; David Sánchez ²; Kimberly Sicilia ³

¹ Universidad Tecnológica OTEIMA, Maestría en Agronegocios. Panamá.

norielis.miranda@oteima.ac.pa

² Universidad Tecnológica OTEIMA, Maestría en Agronegocios. Panamá.

david.sanchez@oteima.ac.pa

³ Universidad Tecnológica OTEIMA, Maestría en Agronegocios. Panamá.

kimberly.sicilia@oteima.ac.pa

Recepción: 10 de septiembre de 2022

Aprobación: 9 de octubre de 2022

Resumen

Se realizó una investigación descriptiva, en el Distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí, República de Panamá, con la finalidad de realizar un diagnóstico sobre el manejo de los envases de agroquímicos en la producción del cultivo de arroz (*Oryza sativa*). Posteriormente, se aplicó un sistema de encuestas a 22 agricultores para comprender de qué manera son desechados luego de su utilización en campo. De acuerdo a los resultados, los participantes concordaron que, las prácticas de manejo de estos desechos realizadas frecuentemente no son amigables con el medio ambiente; dado que lo más común es la quema de los mismos. Se concluye que, existe una necesidad de desarrollar alternativas para la adecuada recolección de envases vacíos y el desarrollo de un programa de reciclaje.

Palabras clave: Agroquímicos, cultivo de arroz, encuesta, envases, quema.

Abstract

A descriptive research was carried out in the Alanje District, Chiriquí Province, Republic of Panama, in order to make a diagnosis on the agrochemical containers management in the rice production (*Oryza sativa*). Subsequently, a survey system was applied to 22 farmers to understand how these materials are disposed of after use in the field. According to the results, the participants agreed that the management practices of these wastes frequently carried out are not environmental friendly; since the most common is burning them. In conclusion, there is a need to develop alternatives for the adequate collection of empty agrochemical containers and a recycling program.

Keywords: Agrochemicals, burning, containers, rice crop, survey.

INTRODUCCIÓN

Según la OMS, se define “agroquímico” como toda sustancia destinada a mejorar el desempeño del cultivo, pudiendo en algunos casos prevenir o erradicar formas de vida animal o vegetal que afecten el rendimiento y calidad, según su formulación, cuyas prácticas de uso tienen su origen desde el siglo XIX. El uso de agroquímicos puede generar riesgos para la salud humana, animal y son fuentes de contaminación medioambiental (Pacheco y Barbona, 2017).

El distrito de Alanje, Provincia de Chiriquí, se caracteriza por ser una de las zonas donde más se cultiva el rubro arroz; generando una gran cantidad de envases agroquímicos con un incorrecto manejo posterior a su uso, ya que son quemados o depositados en el suelo de la parcela sin ningún tipo de tratamiento.

Ariza y Díaz (2021), afirmaron que los envases agroquímicos en su mayoría están constituidos por polímeros orgánicos, que dan origen a materiales sintéticos, que al momento de ser incinerados generan gases y alta cantidad de humo contaminante al medio ambiente.

He aquí la necesidad de plantear alternativas que brinden una manera más adecuada del reciclaje de estos envases, partiendo primero de un diagnóstico. Por todo lo expuesto, el objetivo del presente trabajo fue conocer la situación actual del manejo de los envases agroquímicos realizado por los productores del cultivo de arroz en el Distrito de Alanje.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a la localidad del Distrito de Alanje, de la Provincia de Chiriquí, República de Panamá: Alanje (8°25'47" N 82°33'28" O) (Figura 1). La naturaleza de la presente investigación fue descriptiva y exploratoria. Tomando como referencia el Cierre Agrícola 2020-2021 (MIDA, 2021), la población objetivo correspondió a los productores de arroz de Alanje (413 personas). Mediante la aplicación en línea Survey Monkey (2022), a un 85% de confianza y un 15% de margen de error, se estimó una muestra de 22 agricultores (Figura 2). Tomando como referencia los trabajos de Collantes et al. (2020), Herrera et al. (2021), se aplicó una encuesta estructurada, detallada a continuación:

- **Dimensión Social.** Edad, género y lugar de residencia.
- **Dimensión Económica.** Ubicación del cultivo, área cultivada actualmente, lugar de venta de la producción, lugar donde compra los insumos agrícolas.
- **Dimensión Técnico-Ambiental.** Producto que más compra, regularidad con la que compra el producto, persona que le recomendó el producto y manejo de envases.

La información fue levantada en campo del 17 al 22 de septiembre de 2022. Para el análisis de datos y la construcción de gráficas, se utilizó el programa Microsoft Excel.

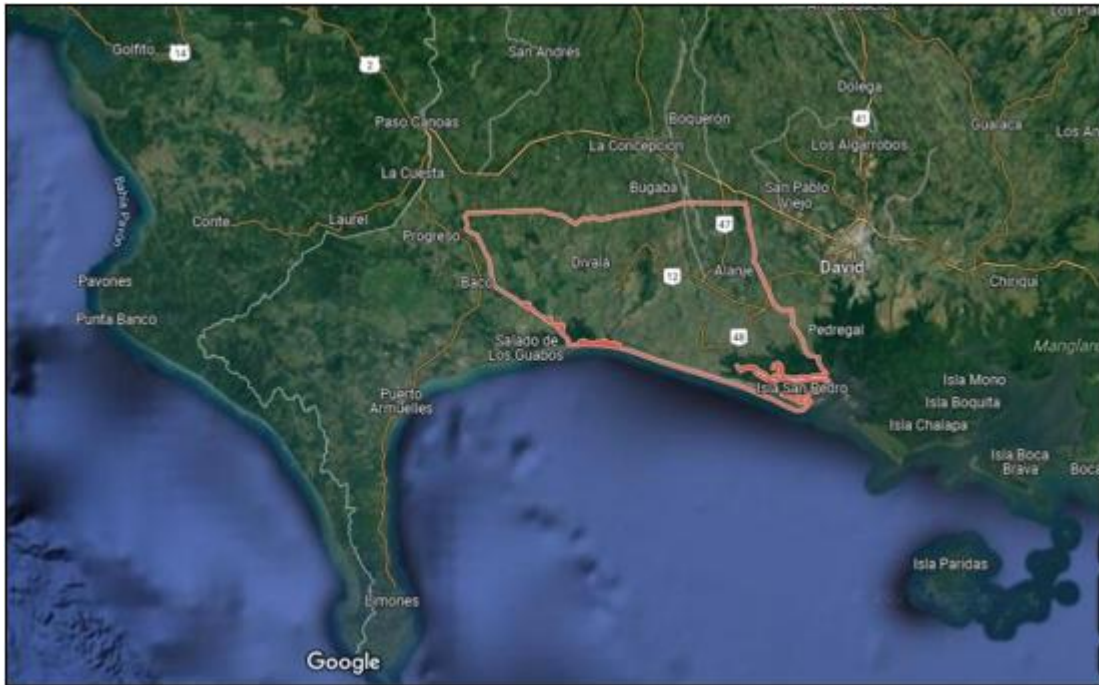


Figura 1. Ubicación geográfica de la localidad de estudio. Fuente: Google Earth (2022).

Tamaño de la población	Nivel de confianza (%)	Margen de error (%)
413	85	15
Tamaño de la muestra		
22		
En solo unos minutos, envía gratis una encuesta de 10 preguntas y ve las primeras 40 respuestas.		
Suscríbete gratis		

Figura 2. Cálculo del tamaño de la muestra a través de la aplicación Survey Monkey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en la dimensión social (Figura 3), 45% de los encuestados tienen entre 41 a 55 años, residen en David, Chiriquí y el género masculino predominó en un 95% de los casos. Esto indica que, el rango de los productores se encuentra en la mediana edad y que es importante fomentar la incorporación de jóvenes en el sector agropecuario, con el fin de incentivar el desarrollo e innovación.

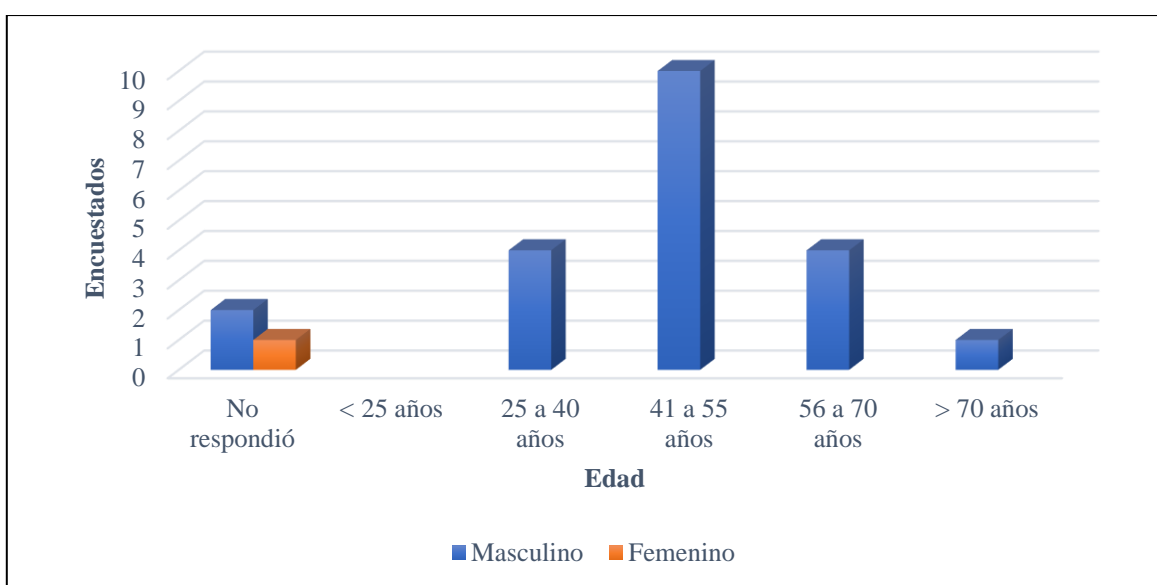


Figura 3. Edad y género de los productores de arroz encuestados en Alanje, Chiriquí.

En la dimensión económica, se encontró que, todos los productores poseen áreas con vocación agrícola en las afueras del Distrito de Alanje. El 31,8% de los encuestados corresponden a la categoría de gran agricultor, con una superficie de siembra mayor de 200 hectáreas; mientras que, el 27% corresponden a la categoría de mediano a gran agricultor, con una superficie de siembra de 51 a 200 hectáreas; el 13% corresponden a la categoría de mediano agricultor, con una superficie de siembra de 21 a 50 hectáreas; y el 13,6% representa

al pequeño y mediano agricultor, con una superficie menor de 7 hasta 20 hectáreas. Por último, un 13,6% no contestó la encuesta (Figura 4). Respecto al lugar de venta de la producción, solamente dos grandes productores (9,1%), poseen un contrato exclusivo con un molino; mientras que, el 63,6% recurre a diversas alternativas para comercializar y el 18,2%, no cuenta con un mercado estable para colocar sus productos. El 50% de los encuestados prefieren comprar a dos casas comerciales establecidas, por las facilidades de crédito que le brindan las mismas para la adquisición de los insumos agropecuarios.

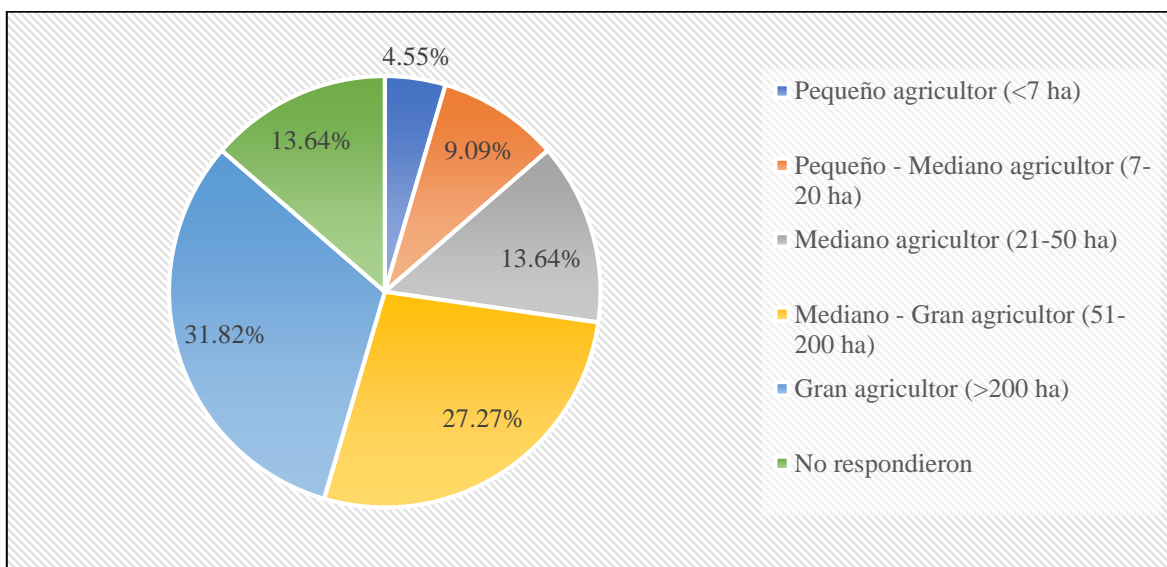


Figura 4. Agricultores según área de arroz cultivada (ha) en Alanje, Chiriquí.

En la dimensión técnico-ambiental, respecto a los agroquímicos más utilizados, el 59% utilizan glifosato y pendimetalina; seguido de propanil con 13,6% (Figura 5). Se registró, además, que el 36% de los encuestados obtiene los insumos dentro del rango de 91 a 130 días; mientras que los demás, se encuentran en el rango de 30 a 90 días y el 9% está en el rango de 365 días (Figura 6).

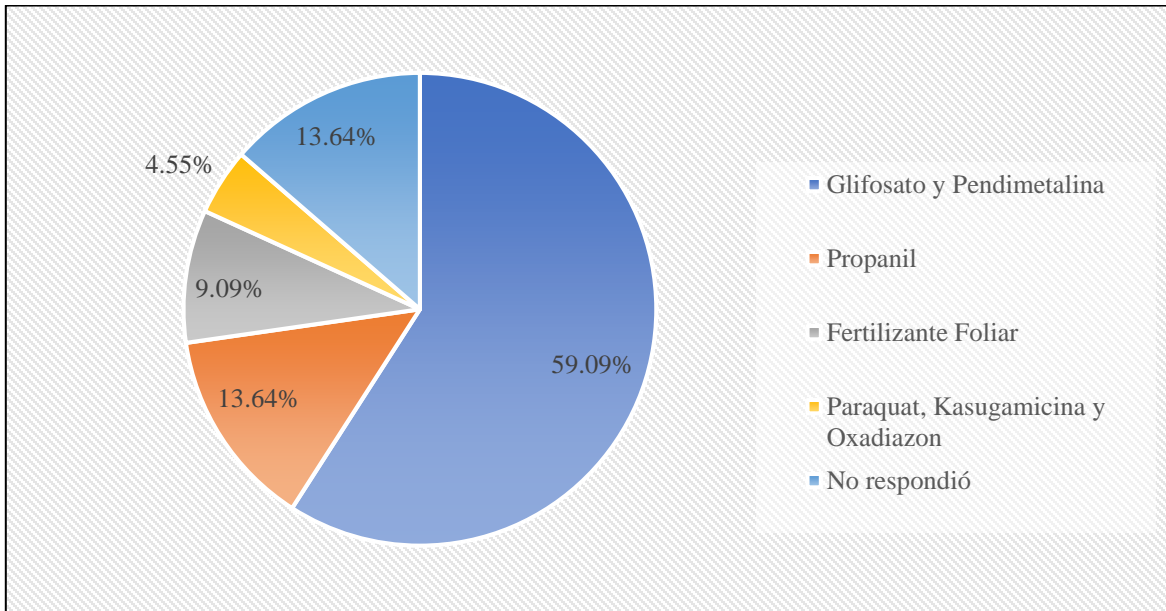


Figura 5. Agroquímicos más utilizados por los productores de arroz en Alanje, Chiriquí.

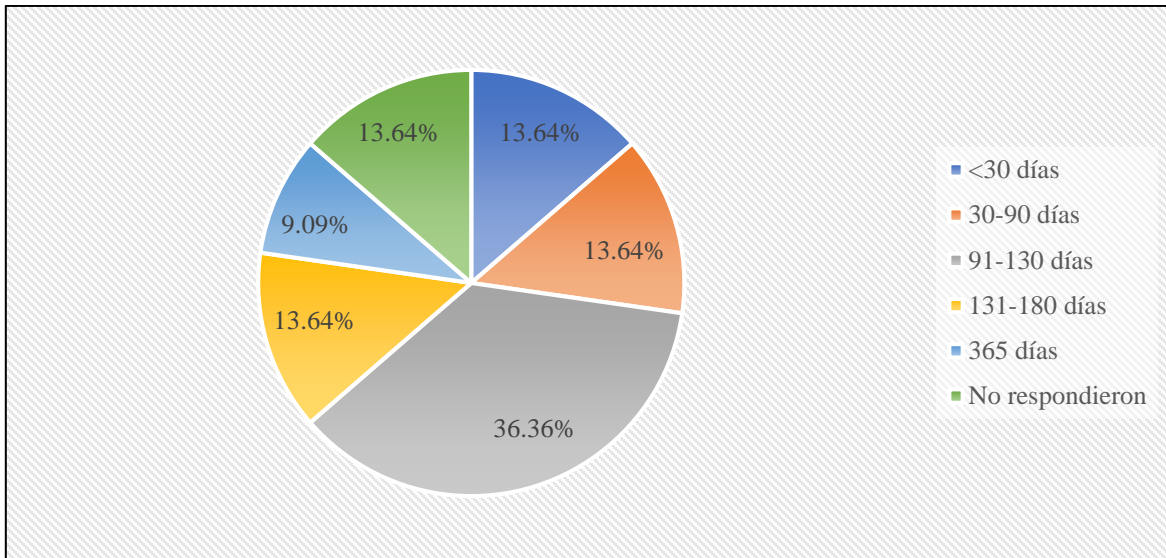


Figura 6. Regularidad en compra de agroquímicos por productores de arroz, Alanje.

Respecto a las recomendaciones de uso de agroquímicos, en el 50% de los casos son recibidas por los vendedores de las casas comerciales, independientemente si son profesionales idóneos o no; mientras que el 36,4% los aplican de manera empírica, 9,1%

buscan asesoramiento con un profesional idóneo y 4,5% realiza ensayos en campo antes de comprar. En cuanto al manejo de envases vacíos, se destaca la quema como el principal, luego de su utilización en campo con un 31,8%. Cabe resaltar que, el 27% realiza el triple lavado, pero de igual manera los quema. Por otra parte, el 36% recicla los envases para comederos de animales, transportar agua para las fumigaciones o son recolectados por las instituciones públicas y privadas. Además, algunos pescadores los aprovechan como boyas.

Es importante mencionar que, uno de los encuestados fue elegido por el banco Global Bank, como productor modelo para implementar un manejo adecuado de los envases vacíos, reduciendo así la contaminación ambiental.

La alta dependencia de plaguicidas y otros insumos agrícolas sintéticos, es concordante con lo observado en otros rubros como las hortalizas (Herrera et al., 2021). Además, la falta de asesoramiento técnico idóneo en la mayoría de casos, también es una condición compartida con rubros como el café de bajura en otras partes del país (Collantes et al., 2020). Además del seguimiento que pudiesen brindar las entidades del Estado, es necesario que los actores involucrados en el sector participen proactivamente, para mejorar la situación actual.

CONCLUSIONES

Del presente estudio, se concluye que, una gran necesidad que confrontan los productores del cultivo de arroz en Alanje, Chiriquí, es contar con alternativas de manejo seguro de envases plásticos de agroquímicos; para lo cual, la participación del Estado, el sector privado, la academia y todos los actores vinculados al sector agropecuario, es fundamental.

Por otra parte, los agricultores son cada vez más conscientes de esta situación, pues reconocen que esto tiene un impacto significativo en sus rendimientos, su salud y en la

contaminación ambiental. De igual manera, todos esperan poder implementar mejores prácticas agrícolas, que puedan ser apropiadas y difundidas exitosamente.

Considerando la importancia que tiene esta investigación y, en función de los resultados obtenidos, se sugiere la revisión y posible creación de nuevas leyes, que incentiven un manejo adecuado de los desechos agrícolas y pecuarios. Igualmente, la ejecución del programa Campo Limpio, que consiste en la recuperación de todos los envases vacíos de plaguicidas, con triple lavado y perforado.

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todo Poderoso, por la salud y fortaleza para llevar a feliz término esta investigación. A nuestras familias, por ser un pilar valioso dentro de nuestro crecimiento profesional y personal. De manera muy especial, los autores agradecen al Ph. D. Rubén D. Collantes G., Profesor e Investigador, quien, con sus orientaciones, sabios consejos y experiencia, apoyó de manera desprendida y constante la realización de este manuscrito. Al Licenciado Arnulfo Morales Guerra, Presidente de la Asociación de Agricultores con Riego y Tecnología de Alanje, quien junto con los miembros de la asociación que él preside, facilitaron información valiosísima que ha sido plasmada dentro de este trabajo. Por último, pero no menos importante, al Licenciado Valentín Morales Guerra, productor del distrito de Alanje quien brindó acceso a su agronegocio, mostrando de primera mano su cultivo y la metodología de trabajo dentro de esta importante empresa agrícola.

REFERENCIAS

- Ariza, O., y Díaz, D. (2021). Plan de gestión para el manejo de envases y empaques de agroquímicos, caso piloto finca Santa María ubicada en la vereda Limoncito, Pacho – Cundinamarca. [Tesis de Pregrado, Universidad El Bosque, Bogotá, Colombia]. <https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/6704/Monograf%C3%ADa%20Plan%20de%20gesti%C3%B3n%20para%20los%20envases%20y%20empaques%20de%20agroquimicos.pdf?sequence=3>
- Collantes, R., Lezcano, J., Marquínez, L., e Ibarra, A. (2020). Caracterización de fincas productoras de café robusta en la Provincia de Colón, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 156-168. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/307>
- Googler Earth. (2022). Consultado el 07 de octubre de 2022. <https://earth.google.com/web/@8.35757296,-82.50153306,12.82420471a,92814.2864854d,35y,0h,0t,0r>
- Herrera, R., Collantes, R., Caballero, M., y Pittí, J. (2021). Caracterización de fincas hortícolas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 200-209. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.329>
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Panamá). (2021). Cierre Agrícola, Año 2020-2021: Documento de Actividades Productivas. <https://mida.gob.pa/wp-content/uploads/2021/10/CIERREAGRICOLA2020-2021-modificado.pdf?csrt=9966248666123704706#:~:text=Es%20as%C3%AD%20como%20la%20Direcci%C3%B3n,al%2030%20de%20abril%202021.>
- Pacheco, R., y Barbona, E. (2017). Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas. INTA, Argentina. <http://hdl.handle.net/20.500.12123/992>
- Survey Monkey. (2022). Calculadora del tamaño de muestra. <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size-calculator/>

EVALUACIÓN DE CUATRO TIPOS DE TRAMPAS PARA MONITOREO Y CONTROL DE *Cosmopolites sordidus* Y *Metamasius hemipterus* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN CULTIVOS DE PLÁTANO EN BOCAS DEL TORO, PANAMÁ

EVALUATION OF FOUR TYPES OF TRAPS FOR MONITORING AND CONTROL OF *Cosmopolites sordidus* AND *Metamasius hemipterus* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN PLANTAIN CROPS IN BOCAS DEL TORO, PANAMA

Héctor Castillo ¹; Gabriel Montenegro ²

¹Universidad Tecnológica OTEIMA, Maestría en Agronegocios. Panamá.

hector.castillo@oteima.ac.pa

²Universidad Tecnológica OTEIMA, Maestría en Agronegocios. Panamá.

gabriel.montenegro@oteima.ac.pa

Recepción: 23 de septiembre de 2022

Aprobación: 13 de octubre de 2022

Resumen

Se realizó un estudio para evaluar la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo de plátano, para la captura de insectos adultos de *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae), en parcela comercial de plátano en la provincia de Bocas del Toro, Panamá. Los tipos de trampa evaluados fueron: i) Disco; ii) Sándwich con plaguicida; iv) Bisagra. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar (DBCA), compuestos de cuatro bloques y cuatro tratamientos. La recolección de los insectos se realizó cada dos días después de haber colocado las trampas y para los análisis estadísticos, se tomó en consideración el total de insectos acumulado por unidad experimental. De acuerdo con los resultados ($p = 0,07$), no se encontraron diferencias significativas entre los

tratamientos y sólo se pudo capturar especímenes adultos de *Cosmopolites sordidus*. Sin embargo, la mayor captura en promedio se logró con la trampa tipo sándwich. Estos resultados preliminares se aproximarían a depender menos del uso de plaguicidas para el control de estas plagas, aunque se requiere continuar investigando.

Palabras clave: Control cultural, picudo, plátano, pseudotallos, trampas.

Abstract

A study was carried out to evaluate the efficiency of different types of plantain pseudostem traps for the capture of adult insects of *Cosmopolites sordidus* and *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae), in a commercial plot of plantains in the province of Bocas del Toro, Panama. The types of traps evaluated were: i) Sandwich; ii) Disk; iii) Sandwich with pesticide; iv) Hinge. The experimental design was randomized complete blocks (RCBD), composed of four blocks and four treatments. The insects' collection was carried out every two days after placing the traps and for the statistical analyses, the total number of insects accumulated per experimental unit was taken into consideration. According to the results ($p = 0,07$), no significant differences were found between treatments and only adult specimens of *Cosmopolites sordidus* could be captured. However, the highest catch on average was achieved with the sandwich trap. These preliminary results would be close to depending less on the use of pesticides to control these pests, although further research is required.

Keywords: Cultural control, plantain, pseudostem, traps, weevil.

INTRODUCCIÓN

Los picudos o gorgojos *Cosmopolites sordidus* y *Metamasius hemipterus* (Coleoptera: Curculionidae), son plagas muy dañinas para los cultivos de la familia Muscaceae. Su

diseminación se debe principalmente al hombre, dado que su capacidad de dispersión es muy limitada. En sus fases larvales, *C. sordidus* y *M. hemipterus*, afectan el corno de las musáceas, construyendo galerías y destruyen el tejido; ocasionando desbalances nutricionales, pudriciones, caídas de plantas con las consecuentes pérdidas económicas. El gorgojo negro del plátano, *C. sordidus*, es el insecto plaga de mayor importancia económica del género *Musa* (Musaceae) (Castrillón, 1989); mientras que el gorgojo rayado *M. hemipterus*, es considerado como plaga secundaria de estos cultivos (Boscán y Godoy, 1988).

En la región del Caribe, incluyendo Florida y América Central, las pérdidas que ocasiona *C. sordidus* en los cultivos de banano y plátano, son del 30 al 90% en áreas excesivamente infestadas (Castrillon y Herrera, 1980). Existe una gran variedad de modelos de trampas, cuyos grados de eficacia en la captura de Picudo Negro tienen que ser probados localmente para seleccionar el más efectivo bajo las condiciones agronómicas y climáticas predominantes. El fin de este ensayo fue evaluar los tipos de trampas que se pueden confeccionar para capturar gorgojos plaga de plátano y así poder recomendar cual es la más adecuada para los productores, ya que este es un cultivo de gran importancia económica en la provincia de Bocas del toro, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El ensayo fue realizado en la provincia de Bocas del toro, distrito de Changuinola, en una finca situada en el corregimiento el Silencio, a 21 msnm, con temperatura promedio de 24° C y una precipitación 2735 mm al año (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio. Fuente: Google Earth (2022).

Descripción de los tratamientos

- Tratamiento 1 (TD) = Trampa Disco. Éstas se elaboraron de una sección del pseudotallo de una mata de plátano. Estas fueron cortadas con machete, teniendo más o menos un diámetro de 15 cm y una altura de unos 5 cm. Cada trampa constaba con dos secciones, colocadas en forma de un “sándwich” una encima de la otra, con una cuña en la orilla de la trampa con el objeto de permitir el ingreso de los picudos. Se limpió el suelo donde iban colocadas estas trampas, también se usaron hojas de plátano como cobertor esto con el fin de evitar la deshidratación (Figura 2A).
- Tratamiento 2 (TSP) = Trampa sándwich con plaguicida (Terbufos). Elaboradas de una sección del pseudotallo de una planta de plátano, cortadas con machete, con un

largo aproximado de 30 cm y una altura de 20 cm. Colocadas una encima de la otra en forma de “sándwich”, con una cuña en la orilla de la trampa, con el fin de permitir la entrada de los picudos, a la cámara que previamente se diseñó, donde posteriormente se le aplicó 20 gramos de Terbufos al 15%, en el medio de las dos mitades de pseudotallo (Figura 2B).

- Tratamiento 3 (TS) = Trampa sándwich. Elaboradas de una sección del pseudotallo de una planta de plátano, cortadas con machete, con un largo aproximado de 30 cm y una altura de 20 cm. Colocadas una encima de la otra en forma de “sándwich”, con una cuña en la orilla de la trampa, para permitir la entrada de los picudos (Figura 2C).
- Tratamiento 4 (TB) = Trampa tipo bisagra. Consiste en cortar un tallo fresco a la altura de un metro de alto sin eliminar el tallo de la superficie del suelo y hacerle un corte estilo bisagra a una altura de la base del suelo hacia arriba de 15 cm, donde posteriormente se le coloca una cuña del mismo tallo para facilitar la entrada de los picudos donde posteriormente van a hacer capturados.



Figura 2. Trampas para picudos de plátano: A) Disco; B) Sándwich con plaguicida; C) Sándwich.

Diseño experimental

El 23 septiembre del 2022, se seleccionó una parcela de plátano cultivar cuerno, de cinco años de edad, con una densidad de plantación media y en etapa de floración y cosecha. Dicha parcela fue dividida en cuatro lotes (bloques), colocándose en cada uno todos los tratamientos previamente descritos distribuidos al azar.

Toma de datos

Cada 10 días, las trampas eran reubicadas dentro de cada bloque. La colecta de especímenes se realizó cada dos días, con ayuda de recipientes plásticos (Figura 3). Luego, se cuantificó el número de especímenes adultos de gorgojos por cada unidad experimental. Las trampas se renovaron a los seis días por el deterioro de las mismas.



Figura 3. Especímenes adultos de gorgojos colectados.

Análisis de datos

Se trabajó con el total de gorgojos colectados por unidad experimental, graficando los mismos con ayuda del programa Microsoft Excel. Tomando como referencia el trabajo de Barraza y Chavarría (2020), se realizó una transformación logarítmica de datos mediante la siguiente ecuación:

$$y = \text{Log}(x + 1)$$

Para el análisis de varianza (ANOVA), se utilizó la aplicación estadística elaborada por Arsham (2015), para determinar si existían o no diferencias significativas entre los tratamientos empleados (n. s. = 5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados, la única especie de gorgojo colectada fue *Cosmopolites sordidus*. De los cuatro tratamientos, se obtuvo la mayor colecta en promedio (3 individuos) con la trampa tipo sándwich (TS); mientras que la trampa tipo disco (TD), fue la menos efectiva (0,33), la cual tiende a deshidratarse (Figura 4). Luego de la transformación logarítmica de los datos (Tabla 1), el ANOVA reflejó que no existen diferencias significativas entre los tratamientos empleados ($p = 0,07$) (Figura 5). Estos resultados sugieren que, al no haberse encontrado diferencias significativas entre los tratamientos, se podría depender menos de la utilización de ingredientes activos para la confección de estas trampas; lo cual redundaría en reducir los riesgos de contaminación en el ambiente (Barraza y Chavarría, 2020).

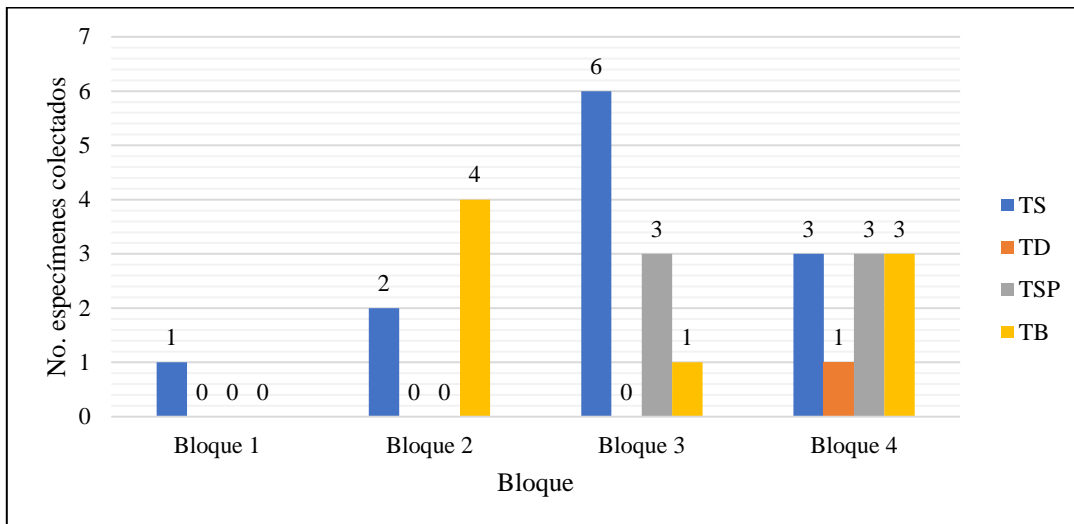


Figura 4. Captura de *C. sordidus* por tipo de trampa en plátano de Bocas del Toro.

Tabla 1. Datos de colecta de *C. sordidus* transformados logarítmicamente.

Bloque	T1	T2	T3	T4
1	0,30	0,00	0,00	0,00
2	0,48	0,00	0,00	0,70
3	0,85	0,00	0,60	0,30
4	0,60	0,30	0,60	0,60

Treatment Variation	0.1543896	Block Variation	0.1633896
Within Variation	0.0471118	Total Variation	0.0918229
Treatment Statistic	3.2770891	Its P-Value	0.07319
Block Statistic	3.468124	Its P-Value	0.06462

Figura 5. Captura del resultado del ANOVA, con la aplicación en línea de Arsham (2015).

Si bien los resultados obtenidos son alentadores, aún se requiere evaluar más alternativas en la localidad de estudio. Por ejemplo, Colonia (2012), recomienda como agente microbiológico para el control de *C. sordidus*, el uso de *Beauveria bassiana*; hongo entomopatógeno que también está siendo utilizado en Panamá, para el control de plagas en otros cultivos como el café (En Segundos, 2022).

El valor agregado que se obtiene de aplicar estas alternativas de manejo, es que son concordantes con los Objetivos de Desarrollo Sostenible propuestos por Naciones Unidas (2022); entre los que se pueden destacar: hambre cero, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, vida de ecosistemas terrestres, por citar algunos.

CONCLUSIONES

Del presente trabajo, se concluye que, la principal especie de gorgojo plaga en Bocas del Toro, Panamá, es *Cosmopolites sordidus*. Aunque no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados, la mayor captura en promedio se logró con la trampa tipo sándwich sin insecticida. Esto sugiere que, de manera económicamente viable, social y ambientalmente responsable, se podrían manejar estas plagas insectiles sin depender del uso de plaguicidas; lo cual contribuye con la sostenibilidad de estos medios de vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por siempre estar presente en nuestras vidas. A nuestros padres, por enseñarnos que los logros alcanzados con sacrificio son mejor valorados. A la Universidad Tecnológica OTEIMA, por la oferta académica responsable y pertinente que brindan a sus estudiantes. Al

Doctor Rubén D. Collantes G., por el asesoramiento brindado durante el Seminario de Investigación, Maestría en Agronegocios. A nuestras esposas, por su apoyo incondicional.

REFERENCIAS

- Arsham, H. (2015). Two-Way ANOVA Test for the Block Designs.
<https://home.ubalt.edu/ntsbarsh/Business-stat/otherapplets/ANOVATwo.htm>
- Barraza, E., y Chavarría, S. (2020). Evaluación de la eficiencia de diferentes tipos de trampas de pseudotallo, para la captura del picudo negro del plátano (*Cosmopolites sordidus*, Germar, 1824), en la provincia de Darién, República de Panamá. *Scientia*, 30(1), 53-59. <https://doi.org/10.48204/j.scientia.v30n1a4>
- Boscán, N., y Godoy, F. (1988). Época de incidencia de *Cosmopolites sordidus* (G.) y *Metamasius hemipterus* (L.), en dos huertos de musáceas en el Estado Aragua. *Agron. Trop.* (4-6), 108-119.
- Castrillon, N. (1989). Manejo del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) en cultivos de plátano (*Musa* AAB) y banano (*Musa* ABB) en la zona cafetera de Colombia. En: Memorias de la IX Reunión de ACORBAT. Mérida, Venezuela pp. 349-362.
- Castrillon, C., y Herrera J. G. (1980). Los picudos negro y rayado del plátano y banano. Ica-Infoma, Separata, 4 p.
- Colonia, L. (2012). Guía Técnica: Manejo integrado de plagas en el cultivo de plátano. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social, Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. https://www.agrobanco.com.pe/wp-content/uploads/2020/05/MANEJO_INTEGRADO_DE_PLAGAS_EN_EL_CULTIVO_DE_PLATANO.pdf
- En Segundos. (2022). Control de la broca del café en la Cuenca del Canal de Panamá. <https://ensegundos.com.pa/2022/10/08/control-de-la-broca-del-cafe-en-la-cuenca-del-canal-de-panama/#:~:text=La%20aplicaci%C3%B3n%20del%20hongo%20conocido%20como%20Beauveria%20bassiana%2C%20que%20se,se%20han%20implementado%20con%20efectividad.>
- Naciones Unidas. (2022). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>