



Revista Semilla del Este



Vol.3, (2), Abril - Septiembre 2023 / ISSN L: 2710-7469

Centro Regional Universitario Panamá Este



REVISTA ESPECIALIZADA EN GESTIÓN AMBIENTAL

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



Revista Semilla del Este

Vol. 3 (2)

abril - septiembre 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>

Secretario Técnico de la Revista

Ing. 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>

Equipo Editorial de la Revista

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. Damaris V. Tejedor-De León. Universidad de Panamá. Vicerrectoría de Investigación y Postgrado. Oficina de Publicaciones Académicas y Científicas. Panamá.
damaris.tejedor@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>

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>

Contacto

semilladeleste@up.ac.pa

Editorial

La Revista Semilla del Este, de la Universidad de Panamá – Centro Regional Universitario Panamá Este, tiene el agrado de comunicar a autores y lectores que se ha logrado la indexación en Latindex 2.0, además de contar con indexaciones en AmeliCA y Panindex; por lo cual se extiende un sincero agradecimiento a los miembros del Equipo Editorial de la revista, que con su esfuerzo y dedicación constante hicieron esto posible.

En este segundo número del tercer volumen, se cuenta con 12 aportes de autores nacionales e internacionales, desde estudiantes de colegio que son parte del Semillero de Investigadores impulsado por la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación; estudiantes universitarios que se inician en materia investigativa formal; expertos con trayectoria reconocida dentro y fuera del territorio nacional; docentes e investigadores.

Los trabajos presentados abordan temáticas relevantes para la Gestión Ambiental, como: biodiversidad y sostenibilidad del agroecosistema; control biológico natural; contaminación ambiental; alternativas de desarrollo rural, forestal y biotecnológico sostenibles; alternativas apropiadas para el manejo de plagas; y efecto de la temperatura en el desarrollo de los cultivos. Se invita cordialmente a la lectura de este número, el cual será de mucho interés.



Ph. D. Rubén D. Collantes G.

Editor Jefe, Revista Semilla del Este

INDICE

IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS POLINIZADORES EN LA SOSTENIBILIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS PRODUCTIVOS.....	8
CONTROL DE INSECTOS PLAGA MEDIANTE EXTRACTO ACUOSO DE HOJAS DE AZADIRACHTA INDICA Y GLIRICIDIA SEPIUM, EN CULTIVOS TRASPATIO DE SOLANUM LYCOPERSICUM Y CAPSICUM ANNUUM, EN LA PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ	27
ALTERNATIVAS DE DESARROLLO RURAL Y FORESTAL SOSTENIBLE EN PANAMÁ.....	42
ALTERNATIVAS DE CONTROL QUÍMICO DE POLILLAS EN SEMILLAS DE PAPA ALMACENADA EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ.....	55
CARACTERIZACIÓN DE HONGOS RIZOSFÉRICOS CONTRA <i>PYRICULARIA ORYZAE</i> EN ARROZ	64
JUGUETES DE PLÁSTICO: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA	89
CARACTERIZACIÓN DE HONGOS ENDÓFITOS EN PASTOS PARA RUMIANTES, EN EL CORREGIMIENTO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LOS SANTOS	99
EFFECTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ARCO SECO DE PANAMÁ.....	122
DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE MULTIPLICACIÓN DE BAMBÚ <i>GUADUA ANGUSTIFOLIA</i> USANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN TEMPORAL BITS, CON FINES DE REFORESTACIÓN	145
REGISTRO DE PARASITISMO DE <i>MINACRAGA PLATA</i> (LEPIDOPTERA: DALCERIDAE) POR <i>HOUGHIA AREATA</i> (DIPTERA: TACHINIDAE) EN BORDES DE BOSQUE ADYACENTES AL SUMMIT RAINFOREST & GOLF RESORT, PANAMÁ.....	159
EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS DE PANAMÁ UBICADOS A ORILLA DE CARRETERAS	170
DIVERSIDAD DE HYPHOMYCETES ACUÁTICOS ASOCIADOS A HOJARASCA SUMERGIDA EN MANGLARES DE LA COSTA PACÍFICA DE CHIRIQUÍ, PANAMÁ	186

IMPORTANCIA DE LOS INSECTOS POLINIZADORES EN LA SOSTENIBILIDAD DE LOS AGROECOSISTEMAS PRODUCTIVOS

IMPORTANCE OF POLLINATING INSECTS IN THE SUSTAINABILITY OF PRODUCTIVE AGROECOSYSTEMS

Rubén D. Collantes G.^{1*}; Ruth Del Cid A.²; Alonso Santos-Murgas³; Randy Atencio V.⁴

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

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Subcentro de Ollas Arriba, Panamá Oeste, Panamá.
ruthdelcida07@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-7917-7663>

³Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Panamá.
santosmurgasa@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-9339-486X>

⁴Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá, Centro de Innovación Agropecuaria de Divisa, Herrera.
Panamá. randy.atencio@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-8325-9573>

*Autor de correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recepción: 31 de octubre de 2022

Aprobación: 27 de marzo de 2023

RESUMEN

La polinización es un proceso natural importante para las plantas con flores o angiospermas, el cual consiste en la transferencia del polen hacia el órgano femenino, dando como resultado la obtención de frutos y semillas. Esto adquiere mayor relevancia en los agroecosistemas productivos, en los cuales se cuenta con especies vegetales y cultivares de importancia comercial. Los insectos polinizadores tienen potencial de contribuir con el incremento sustancial de los rendimientos en algunos rubros, así como brindar otros productos alternativos derivados de la polinización como miel y polen. La presente revisión tuvo por objetivo abordar la importancia de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas. Para ello, se consultaron 50 documentos relacionados con la materia y se incluyeron imágenes inéditas. Como resultados, se obtuvo que los insectos polinizadores tienen un rol protagónico en la preservación de la biodiversidad, en la seguridad alimentaria y nutricional, así como en la diversificación productiva sostenible. Sin embargo, son susceptibles a factores abióticos como el cambio climático y a la acción irresponsable del ser

humano en aquellos sistemas productivos en los que aún prevalece el manejo convencional altamente dependiente de plaguicidas de síntesis. Como conclusión, el presente trabajo remarca la importancia estratégica de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos y, por consecuencia, en la seguridad alimentaria y nutricional; pero con un manejo adecuado y responsable.

Palabras clave: Agroecosistema, insectos, polinizadores, producción, rendimiento.

ABSTRACT

Pollination is an important natural process for flowering plants or angiosperms, which consists of the transfer of pollen to the female organ, resulting in the production of fruits and seeds. This acquires greater relevance in productive agroecosystems, in which there are plant species and cultivars of commercial importance. Pollinating insects have the potential to contribute to a substantial increase in yields in some areas, as well as providing other alternative benefits like products derived from pollination as honey and pollen. The aim of this review was to present the importance of pollinating insects in the agroecosystems sustainability. For this, 50 documents related to the matter were consulted and unpublished images were included. As results, it was obtained that pollinating insects have a leading role in the preservation of biodiversity, in food and nutritional security, as well as in sustainable productive diversification. However, they are susceptible to abiotic factors such as climate change and the irresponsible action of the human being in those productive systems in which conventional management highly dependent on synthetic pesticides still prevails. In conclusion, this paper highlights the strategic importance of pollinating insects in the sustainability of productive agroecosystems and, consequently, in food and nutritional security; but with proper and responsible management.

Keywords: Agroecosystem, insects, pollinators, production, yield.

INTRODUCCIÓN

La polinización es la transferencia de polen desde los estambres hasta el estigma; lo cual hace posible la fecundación y, por ende, la producción de frutos y semillas. La polinización puede realizarse mediante agentes bióticos (animales) y abióticos (agua o viento); sin embargo, la mayoría de plantas con flores o angiospermas, dependen de los primeros, en especial de los insectos (Pantoja et al., 2014).

El crecimiento constante de la población humana, trae como consecuencia una mayor demanda de alimentos en cantidad y calidad; por ello, para alcanzar la seguridad alimentaria y nutricional, los agroecosistemas deben orientarse hacia la sostenibilidad. Tanto los polinizadores silvestres o nativos, así como los introducidos o manejados por el ser humano, ofrecen servicios ecosistémicos esenciales de polinización (Bayer Bee Care Center, 2018).

Se estima que, de los 115 cultivos de mayor importancia en el mundo, al menos 85 dependen de la polinización asistida por animales; lo cual también correspondería al 35% de los frutos y vegetales consumidos (Pantoja et al., 2014). Es decir, entre 5 – 8% de la producción mundial depende de la polinización animal, con un valor estimado entre los USD 235 – 577 mil millones. Solamente en los Estados Unidos de América, se estima un valor de USD 3 mil millones en frutas y vegetales producidos por año, gracias a la polinización asistida por las abejas (Pantoja et al., 2014; Bayer Bee Care Center, 2018; Ekesi et al., 2020).

Estos datos reflejan la importancia económica, social y ambiental de los insectos polinizadores, en especial de las abejas, como constituyentes esenciales de los agroecosistemas sostenibles (García et al, 2016). El presente trabajo es una revisión bibliográfica sobre la importancia de los insectos polinizadores en el agroecosistema, la cual, considerando el escenario post COVID-19, es pertinente, considerando además aspectos de seguridad alimentaria y nutricional que pueden ser potenciados con servicios naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se consultaron 50 documentos técnicos, científicos y periodísticos, publicados en su mayoría durante los últimos 10 años. El criterio para la selección de estos se basó en su afinidad con la temática de polinización, sostenibilidad y agroecosistemas. El documento incluye fotografías inéditas que ilustran la actividad relevante de los insectos polinizadores en campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Importancia de los insectos polinizadores en la preservación de la biodiversidad

La polinización es un proceso coevolutivo de varios millones de años, entre plantas con flores y polinizadores; siendo uno de los mecanismos principales para preservar y promover la biodiversidad general en muchos hábitats (incluidos los agroecosistemas), así como la vida en la Tierra (Escobés y Vignolo, 2018). Se estima que, los polinizadores ayudan en la reproducción del 87.5% de las plantas silvestres con flores en el planeta (cerca de 308 mil especies); mientras que alrededor del 40% de la producción agrícola mundial proviene de cultivos que dependen de la labor de los insectos (Kaur y Kaleka, 2021; Slow Food, 2021).

Citando al Biólogo Edward O. Wilson: “Si toda la humanidad desapareciera, el mundo se regeneraría de nuevo al rico estado de equilibrio que existía hace diez mil años. Si los insectos desaparecieran, el medio ambiente colapsaría en el caos” (Slow Food, 2021). Esta frase deja de manifiesto los impactos que las diversas actividades humanas pueden ocasionar en el ambiente natural. Por ello, es importante también conocer cómo se comportan los polinizadores en ambientes urbanos.

En relación con lo anterior, Baldock et al. (2015), desarrollaron un estudio comparativo de insectos polinizadores en áreas urbanas, fincas y reservas naturales; si bien no encontraron diferencias significativas entre dichos ambientes, respecto a la abundancia de visitantes de flores y la riqueza de especies, la riqueza de especies de abejas fue mayor en áreas urbanas que en fincas. Adicionalmente, los autores también encontraron un mayor nivel de interacciones específicas plantas-polinizadores en fincas y reservas naturales, afirmando que las áreas urbanas están creciendo. Por lo anterior, reconocer el valor de los polinizadores debe ser parte de toda estrategia nacional para la conservación y restauración de los ecosistemas.

Importancia de los insectos polinizadores en la seguridad alimentaria y nutricional

La polinización entomófila es fundamental para la producción de alimentos, siendo así un servicio ecosistémico clave (Miñarro et al., 2018). Las poblaciones naturales de varios insectos polinizadores están disminuyendo día a día, como consecuencia de la actividad humana irresponsable; lo que ha generado preocupación en materia de seguridad alimentaria, porque unas tres cuartas partes de los cultivos producidos en el mundo, dependen en cierta

medida de la polinización por insectos y un tercio de la producción global total dependen completamente de estos organismos (Akhter et al., 2016; Ritchie, 2021). En la tabla 1, se ilustran ejemplos de cultivos y el efecto de los polinizadores en el rendimiento de los mismos.

Tabla 1.

Cultivos y su dependencia de insectos polinizadores. Adaptado de Ritchie (2021).

Dependencia	Cultivos
No depende: Los polinizadores no afectan el rendimiento	Cereales: trigo, maíz, arroz, sorgo, cebada, centeno, mijo, avena.
	Raíces y tubérculos: yuca, papa, camote, zanahoria.
	Leguminosas: lenteja, habichuela, garbanzo.
	Frutas y vegetales: banana, piña, uva, lechuga, pimienta.
	Cultivos azucareros: caña y remolacha.
	También se incluyen: nueces de areca, espárrago, repollo, semilla de ricino, coliflor, raíces de achicoria, dátiles, ajo, avellanas, semillas de jojoba, puerro, aceitunas, cebolla, pistacho, quinua, espinaca, malanga, triticale, nuez.
Poca: 0-10% de reducción del rendimiento sin polinizadores	Frutas y vegetales: cítricos, tomate, papaya.
	Cultivos de aceite: palma, amapola, linaza, cártamo.
	Leguminosas: frijoles, porotos, guandú, maní.
	También se incluyen: frijoles bambara, chiles, caquis, judías verdes.
Moderada: 10-40% de reducción del rendimiento sin polinizadores	Cultivos de aceite: semilla de girasol, sésamo, mostaza, colza, soya
	Frutas: fresas, higos, grosellas, uchuva, berenjena.
	Coco, oca, granos de café.
	También se incluyen: habas, nueces de karité, semillas de algodón.
Alta: 40-90% de reducción del rendimiento sin polinizadores	Frutas: manzana, albaricoque, arándano, cereza, mango, durazno, ciruela, pera, zarzas, aguacate.
	Nueces: almendras, marañón, nueces de cola.
	También se incluyen: pepino, alforfón, nuez moscada, anís, hinojo, cilantro.
Esencial: más del 90% de reducción del rendimiento sin polinizadores	Frutas: kiwi, melón, calabaza, sandía.
	Granos de cacao.
	Nueces de Brasil.
	También se incluyen: vainilla, membrillo.

En relación con lo presentado en la tabla 1, los autores del presente estudio, han observado en ambientes con vegetación silvestre, cultivos (Figura 1) y en ambientes urbanos (Figura 2), la presencia de insectos frecuentando flores, en especial el Orden Hymenoptera; siendo lo más común *Apis mellifera* L. (Apidae) y el género *Bombus* (Apidae). Por su parte, Ostiguy

(2011), refirió que, hay más de 200,000 especies de animales polinizadores y la gran mayoría son insectos, los cuales incluyen escarabajos, moscas, hormigas, polillas, mariposas, abejorros, abejas melíferas, abejas solitarias y avispas. La autora precisó además que, las mariposas y polillas (Lepidoptera), son polinizadores importantes en ecosistemas silvestres, parques y patios. Las mariposas y las polillas tienen nichos diferentes; las mariposas están activas durante el día, mientras que las polillas están activas por la tarde y por la noche.

Debido a que las larvas y adultos de Lepidoptera no consumen los mismos alimentos, es necesario que el ecosistema contenga néctar y plantas hospedantes; para que los Lepidoptera adultos puedan colocar huevos en plantas apropiadas para que al emerger las larvas se alimenten; porque, sin dichos hospedantes, los Lepidoptera adultos pueden no estar presentes aún con oferta de néctar y algunas relaciones de polinización son específicas (Ostiguy, 2011).

Figura 1.

Insectos en flores de vegetación silvestre y cultivos: A) A. mellifera y Stenomacra marginella; B) Tiphia sp. en Coffea arabica; C) Heliconius erato; D) Bombus sp. en Physalis peruviana; E) Halictidae en P. peruviana; F) Allograpta sp. en flores de Allium cepa.

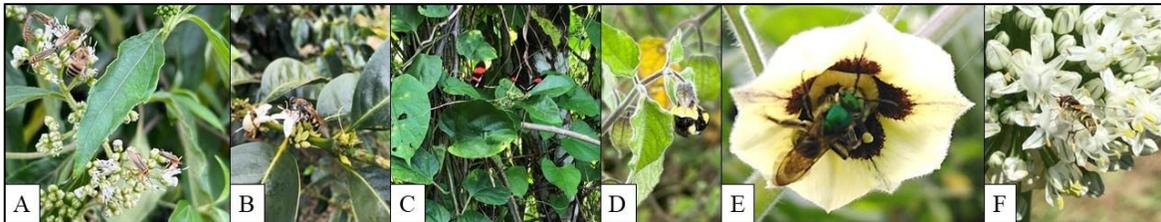


Figura 2.

Insectos visitando flores en ambientes urbanos: A) A. mellifera en Phoenix roebelenii; B) Bombus sp. en Thunbergia grandiflora; C) Polystes sp. en Mangifera indica; D) Cycloneda sanguinea en Helianthus annuus.



Además de lo mencionado previamente, los cultivos polinizados por animales contienen la mayoría de los lípidos dietéticos disponibles, vitamina A, C y E; los cuales son fundamentales para el desarrollo físico e intelectual de los niños, mujeres gestantes, personas con enfermedades endémicas e individuos inmunocomprometidos (por desnutrición o condiciones preexistentes) (Ekesi et al., 2020). También, al generarse oportunidades de empleo local con equidad y consciencia, se contribuye con el empoderamiento e inclusión social (Figura 3), que son fortalezas importantes para poder alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), según lo propuesto por Naciones Unidas (2022).

Además de apoyar la producción de cultivos y la salud humana a través de una dieta diversificada, los insectos polinizadores también son una fuente de varios productos comerciales (miel, cera, veneno, jalea real y resinas); que son importantes para la industria cosmética, farmacológica, preservantes, medicina alternativa y son parte de la identidad cultural de varias naciones (Ekesi et al., 2020; Pashte et al., 2020; Chirsanova et al., 2021).

Figura 3.

Rubros estratégicos como oportunidad de inclusión social: A) Mujeres secando granos de café al sol; B) Trabajador manual con cortadora de granos de cacao.



Manejo de polinizadores en el agroecosistema

La contribución de los insectos polinizadores en el rendimiento y calidad de los cultivos varía de acuerdo con la intensificación agrícola, por lo que la implementación de mejores prácticas agrícolas puede promover el crecimiento y estabilidad de las poblaciones de estos

y otros organismos benéficos en el agroecosistema (Dar et al., 2017). Bartomeus et al. (2014), encontraron que, el rendimiento promedio puede mejorar entre un 18 y un 71 %, según el cultivo; la calidad también puede mejorar, al aumentar el contenido de aceite en semillas oleaginosas, disminuir el porcentaje de granos vacíos y mejorar la calidad comercial. También señalaron que, los paisajes complejos tenían una mayor riqueza general de especies de polinizadores silvestres, pero las tasas de visitas solo eran más altas en los paisajes complejos para algunos cultivos; siendo esto último el factor que mejoró los rendimientos. Si bien los autores mencionaron a *Apis mellifera* como el polinizador más abundante y que podría compensar parcialmente la pérdida de polinizadores silvestres en algunas áreas, se necesitan acciones a escala de paisaje que contribuyan a mejorar las poblaciones de polinizadores silvestres.

Esto último guarda relación con lo investigado en Chile por Rodríguez et al. (2021), quienes afirmaron que, las abejas nativas y las abejas melíferas difieren en el uso de su hábitat y recursos florales; lo cual puede mejorar la coexistencia entre ambos grupos de polinizadores, siempre y cuando la gestión de los agroecosistemas mediterráneos se centre en aumentar el cierre del dosel forestal en los restos de hábitats seminaturales, manteniendo la diversidad de flores cerca de cultivos y tierras altas.

Además de los servicios ecosistémicos brindados por los insectos polinizadores, es meritorio complementar los mismos con otras buenas prácticas, como el manejo apropiado de fertilizantes (Martínez-Rodríguez et al., 2017). Chen et al. (2021), evaluaron el efecto de insectos polinizadores, materia orgánica y fertilizantes en el cultivo de frambuesa, encontrando que, los polinizadores por sí solos contribuyen a incrementar el peso de la fruta en un 11% y el rendimiento promedio hasta un 33%; mientras que el contenido de materia orgánica del suelo mejora la tasa de visitas de los polinizadores, traduciéndose en un incremento del peso de la fruta en un 20.5%, pero no contribuye significativamente con el número de frutos ni con el rendimiento.

Otro aspecto importante en lo referido al manejo de insectos polinizadores, es la oferta floral (Sáez et al., 2014). Peter et al. (2021), determinaron que, los campos con flores silvestres sembradas son una alternativa para mitigar el predominio de *Jacobaea vulgaris* Gaertn. (Asteraceae), conocida como hierba de Santiago, en las redes de plantas y polinizadores; dado que las mezclas de flores silvestres se adaptan a los requisitos específicos

de las especies visitantes de las flores. Sin embargo, a futuro se debe investigar si los campos de flores silvestres mitigan en última instancia las consecuencias negativas asociadas con las ocurrencias locales masivas de *J. vulgaris* (riegos para la salud de humanos y del ganado), sin socavar los objetivos de conservación en extensos pastizales.

Otro aspecto importante en el manejo del agroecosistema, son las cercas vivas que colindan con áreas cultivadas (Cepeda-Valencia et al., 2014). Se ha observado con especial interés, que estas plantas, como el ciprés y el romero, pueden servir como refugio de entomofauna benéfica representada por depredadores, parasitoides y polinizadores (Figura 4); con lo cual se pueden enriquecer las interacciones tróficas, en las cuales las abejas también pudiesen servir como presa de depredadores generalistas (Collantes y Jerkovic, 2020a, b; Collantes et al., 2022).

Figura 4.

Entomofauna benéfica en cercas vivas de Cerro Punta, Chiriquí, Panamá: A) A. mellifera en Salvia rosmarinus; B) Tiphia sp. en Cupressus lusitanica.



Cambio climático y los insectos polinizadores

En respuesta al cambio climático, la distribución geográfica y la fenología de los insectos polinizadores cambian, sus interacciones con las plantas y otros taxa se alteran y, en algunos casos, los servicios de polinización se reducen (Maglianesi, 2016). Algunas especies de plantas que dependen de insectos polinizadores podrían enfrentar la extinción, poniendo en riesgo la salud humana y la producción de alimentos (Hernández y López, 2016). La reacción de las plantas al calentamiento global, las precipitaciones irregulares y otras condiciones

ambientales pueden influir en la floración, así como en cambios de la oferta de recursos florales, la distribución, la calidad de las visitas, el rendimiento reproductivo de los polinizadores y la aparición de plagas; derivando ello en respuestas de los polinizadores, como: cambios en el forrajeo, tamaño corporal, la vida útil, patrones de flujo de polen y eficiencia de la polinización (Sabbahi, 2022).

En relación con lo anterior, Di Trani et al. (2022), evaluaron las condiciones ambientales y el forrajeo de abejas en el cultivo de la sandía en Panamá, encontrando que, cada grupo de abejas concentra sus actividades en condiciones favorables, dependiendo de su biología, estableciendo además patrones diarios de alimentación.

Por su parte, Shrestha et al. (2018), evaluaron la influencia potencial de la variación de la temperatura floral en el comportamiento de los insectos polinizadores, encontrando que algunas especies vegetales pueden regular una temperatura apropiada para la visita de abejas, por ejemplo; mientras que otras especies carecen de dicha capacidad, siendo menos atractivas en un evento climático extremo. Los autores también precisaron que, estos cambios en las dinámicas entre flores y polinizadores, puede variar en función de cada localidad.

Persistencia del manejo convencional en algunos sistemas productivos

La agricultura intensiva amenaza la polinización y la diversidad de insectos polinizadores, porque el uso de insecticidas puede tener efectos negativos sobre la abundancia de especies al combinar la toxicidad y el nivel de exposición; además, el uso de herbicidas compromete la oferta floral de plantas silvestres, la cual puede ser aprovechada por polinizadores introducidos y nativos (UN Environment, 2016; Woodcock et al., 2017).

Woodcock et al. (2017), encontraron una correlación negativa, entre la reproducción de *Bombus terrestris* y *Osmia bicornis*, frente a residuos de insecticidas neonicotinoides; lo cual reflejó que, estos ingredientes activos (i. a.), limitan la capacidad de las abejas para establecer nuevas poblaciones, luego de la exposición. Con este precedente, el uso de i. a., como fipronil fue restringida en parte de la Unión Europea (UE) en el año; medida que fue ampliada en 2017, cuando la UE prohibió todos los usos del fipronil y en 2018 prohibió totalmente el uso de los neonicotinoides imidacloprid, tiametoxam y clotianidina, en cultivos extensivos al aire libre, permitiendo su uso en casas de vegetación permanentes (AEET, 2019).

Pese a estas iniciativas, otros herbicidas genéricos como el glifosato aún siguen usándose ampliamente en la UE y otras partes del mundo, aún con pruebas recientes que demuestran que este i. a., altera la microbiota intestinal de las abejas, reduciendo su protección frente a patógenos oportunistas como *Serratia marcescens* (Motta et al. 2018). Por otro lado, el uso de fungicidas inhibidores de biosíntesis de ergosterol (IBE), pueden reducir la capacidad de desintoxicación de las abejas; con lo cual se genera un efecto sinérgico entre dicho fungicida e insecticidas neonicotinoides (clothianidin), incrementando el riesgo de muerte de las abejas (Sgolastra et al. 2017).

Adicionalmente, AEET (2019), refiere diversos trabajos en los cuales remarcan la importancia de la interacción con los patógenos, ya que algunos insecticidas pueden ocasionar un efecto inmunosupresor en abejas; haciéndolas más susceptibles a la infección de patógenos como los hongos del género *Nosema* y pudiendo promover, además, la expansión del ácaro *Varroa destructor* entre los apiarios.

Otro problema derivado del uso irresponsable de plaguicidas es la contaminación de la miel de abeja y otros productos de la colmena. En este sentido, Bergero et al. (2021), realizaron un estudio para detectar contaminación por agroquímicos en la miel y las colmenas; encontrando el glifosato como el más frecuente, además de otros cuatro ingredientes activos. Esto reafirma lo señalado por Motta et al. (2018), sobre los riesgos que implican para la salud de las abejas, las personas y el agroecosistema la aplicación de este plaguicida.

En el año 2020, el apiario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá, ubicado en Chiriquí, sufrió la pérdida de 100 colmenas, traducido en la muerte de 60 a 80 mil abejas por colmena; como consecuencia de la aplicación irresponsable de plaguicidas en zonas de cultivo aledañas (Guevara, 2022). Este hecho derivó en una pérdida superior a los USD 200 mil (Testa, 2020).

La predominancia del manejo convencional es común en diversos sistemas productivos, tanto de hortalizas (Herrera et al., 2021), como de frutales de importancia estratégica para el consumo local y para la agroexportación (Collantes et al., 2015). En síntesis, la agricultura convencional es considerada una de las principales causas de la simplificación del entorno (monocultivos), causando impactos negativos en el ambiente y, por ende, comprometiendo el desarrollo de muchas especies benéficas (Hernández-Aranda et al., 2022).

Insectos polinizadores y la diversificación productiva sostenible

En la medida en que se incorpora biota funcional en el agroecosistema, esto enriquece las interacciones tróficas del mismo, creando sinergias y contribuyendo con la resiliencia del mismo; sin embargo, para lograr que estas inclusiones sean eficaces, debe contarse con un conocimiento apropiado del agroecosistema a intervenir (Rosset y Altieri, 2018).

Si bien hay esfuerzos notables en incrementar la utilización de insectos polinizadores, no va en paralelo con la diversificación de cultivos en los mismos sistemas productivos; lo cual guarda relación con el hecho de que, en zonas donde predominan los monocultivos de importancia agroindustrial, se comprometen varios servicios naturales (Aizen et al., 2019).

Un rubro que ha ganado auge es la producción y comercialización de orquídeas silvestres, como alternativa de aprovechamiento sostenible (Tejada-Sartorius et al., 2017). Al respecto, Singer (2009), citó los trabajos de Charles Darwin, refiriéndose a la morfología floral y la polinización de las orquídeas; en los cuales el célebre naturalista sugirió que las flores de orquídeas deben ser polinizadas por abejorros, debido a que estos insectos parecen ser morfológicamente muy apropiados por su tamaño y fuerza. Esto también ha podido ser observado por los autores en campo (Figura 5), por lo que, una alternativa interesante para el aprovechamiento óptimo de los polinizadores en el agroecosistema, es incorporar especies ornamentales de alto valor económico. Sin embargo, como consecuencia de dicho auge, hay una fuerte presión de extracción, debido a la demanda del comercio nacional e internacional, poniendo en peligro a muchas especies de orquídeas y prácticamente todas han sido incluidas en CITES (Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre); razón por la que es importante conocer las especies que se van a multiplicar y procurar que se obtengan de manera legal (MINAM, 2015).

Figura 5.

Euglossini. Visitando flores de orquídea silvestre en Chicá, Panamá Oeste.



Un aspecto importante a considerar antes de introducir especies polinizadoras foráneas, como *Bombus terrestris* (L., 1758), es el potencial riesgo de desplazamiento de las abejas nativas al competir por recursos, sumado a la posible transmisión de patógenos; los cuales representan los principales peligros para la apifauna nativa, en especial las especies solitarias con bajos tamaños poblacionales (Pérez, 2013). Por otro lado, en condiciones de mayor control como invernaderos (casas de vegetación), se ha encontrado que la utilización de *Bombus impatiens* Cresson, 1863 como polinizador en el cultivo de chile, incrementó en un 23.33% la cantidad de fruta exportable, mejoró la calidad del fruto e incremento el beneficio neto en un 53.62% (Pineda, 2014). Adicionalmente, en los lugares donde los polinizadores dominantes y generalizados son escasos, es posible que se necesiten casi todas o incluso todas

las especies de polinizadores presentes en el agroecosistema; siendo las especies raras las que brindan contribuciones esenciales en la polinización (Cavigliasso et al., 2019). Todo esto redundará en contar con un manejo apropiado de la biota funcional (Rosset y Altieri, 2018).

CONCLUSIONES

El presente trabajo ha reafirmado la importancia estratégica de los insectos polinizadores en la sostenibilidad de los agroecosistemas productivos y, por consecuencia, en la seguridad alimentaria y nutricional. Sin embargo, se requiere sumar esfuerzos para crear mayor conciencia y comprensión sobre la materia, en especial en los ámbitos productivos en los cuales aún persiste el manejo convencional. Además, el uso o incremento de polinizadores debe ir acompañado de una adecuada estrategia de implementación, que contemple también la mejora del paisaje y la oferta floral en cantidad y calidad. Es necesario seguir desarrollando estudios de biodiversidad de insectos nativos, relevantes en los ciclos tróficos y, por consecuencia, para la preservación de la vida en el planeta.

AGRADECIMIENTOS

Al Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), por el apoyo brindado mediante el Proyecto de Investigación e Innovación Apícola en Panamá (PIIAP).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEET (Asociación Española de Ecología Terrestre). (2019). *Medidas para la conservación de la biodiversidad de los polinizadores silvestres en la Península Ibérica*. <https://www.mcng.cat/uploads/polinizadores-aeet.pdf>
- Aizen, M., Aguiar, S., Biesmeijer, J., Garibaldi, L., Inouye, D., Jung, C., Martins, D., Medel, R., Morales, C., Ngo, H., Pauw, A., Paxton, R., Sáez, A., y Seymour, C. (2019). Global agricultural productivity is threatened by increasing pollinator dependence without a parallel increase in crop diversification. *Global Change Biology*, 25, 3516-3527. <https://doi.org/10.1111/gcb.14736>
- Akhter, F., Khanday, A. L., y Ahmad, S. T. (2016). Pollination potential: A comparative study of various hymenopteran insects pollinating some economically important crops in Kashmir. *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences*, 3(9), 50-59. <http://dx.doi.org/10.22192/ijarbs.2016.03.09.007>

- Baldock, K., Goddard, M., Hicks, D., Kunin, W., Mitschunas, N., Osgathorpe, L., Potts, S., Robertson, K., Scott, A., Stone, G., Vaughan, I., y Memmott, J. (2015). Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1803), 20142849. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2849>
- Bartomeus, I., Potts, S., Steffan-Dewenter, I., Vaissière, B., Woyciechowski, M., Krewenka, K., Tscheulin, T., Roberts, S., Szentgyörgyi, H., Westphal, C., y Bommarco, R. (2014). Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. *PeerJ*, 2, e328. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.328>
- Bayer Bee Care Center. (2018). *La Importancia de los insectos polinizadores en la agricultura*. Beeinformed No. 7. Alemania. https://www.bayer.com/sites/default/files/BEEINFORMed_No7_-_La_Importancia_de_los_insectos_polinizadores_en_la_agriculturajsliiguy.pdf
- Bergero, M., Bosco, L., Giacomelli, A., Angelozzi, G., Perugini, M., y Merola, C. (2021). Agrochemical Contamination of Honey and Bee Bread Collected in the Piedmont Region, Italy. *Environments*, 8, 62. <https://doi.org/10.3390/environments8070062>
- Cavigliasso, P., Basualdo, M., Bello, F., Monzon, N. O., Challiol, C., Lare, M. V., Rivadeneira, M. F., y Gennari, G. P. (2019). Polinización de arándano con *Bombus atratus* y *Apis mellifera*. INTA, Secretaría de Agroindustria, Argentina. https://inta.gov.ar/sites/default/files/inta_concordia_polinizacion_de_arandano_con_bombus_atratus_vs_apis_mellifera_boletin_cavigliasso.pdf
- Cepeda-Valencia, J., Gómez P., D., y Nicholls, C. (2014). La estructura importa: abejas visitantes del café y estructura agroecológica principal (EAP) en cafetales. *Revista Colombiana de Entomología*, 40(2), 241-250. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcen/v40n2/v40n2a18.pdf>
- Chen, K., Fijen, T., Kleijn, D., y Scheper, J. (2021). Insect pollination and soil organic matter improve raspberry production independently of the effects of fertilizers. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 309, 107270. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107270>
- Chirsanova, A., Capcanari, T., Boistean, A., y Khanchel, I. (2021). Bee honey: History, characteristics, properties, benefits and adulteration in the beekeeping sector. *Journal of Social Sciences*, 4(3), 98-114. [http://dx.doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4\(3\).11](http://dx.doi.org/10.52326/jss.utm.2021.4(3).11)
- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020a). Organismos plaga y benéficos asociados a cítricos de traspatio en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(1), 48-58. <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n1.680>

- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020b). Comunidad de arañas asociadas al romero en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 139-146. <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.689>
- Collantes, R., Pittí, J., Santos-Murgas, A., Caballero, M., y Jerkovic, M. (2022). *Oligonychus ununguis* (Acari: Tetranychidae): plaga del ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. *Revista Investigaciones Agropecuarias*, 4(2), 21-30. https://revistas.up.ac.pa/index.php/investigaciones_agropecuarias/article/view/2924
- Collantes, R., y 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
- Collantes, R., Rodríguez, A., y Canto, M. (2015). Caracterización de fincas productoras de palto (*Persea americana* Mill.) y mandarina (*Citrus* spp.) en Cañete, Lima, Perú. *Aporte Santiaguino*, 8(1), 33-44. <https://doi.org/10.32911/as.2015.v8.n1.241>
- Dar, S. A., Lone, G. M., Parey, S. H., Hassan, Gh. I., y Rather, B. A. (2017). Insect pollinators and their conservation. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(3), 1121-1131. https://www.researchgate.net/publication/344058754_Insect_pollinators_and_their_conservation
- Di Trani, J. C., Meléndez, V., Añino, Y., y Barba, A. (2022). Environmental conditions and bee foraging on watermelon crops in Panama. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*, 10(4), 2234. <https://doi.org/10.31893/jabb.22034>
- Ekesi, S., Lattorff, M., y Dubois, T. (2020). *Research Finds Protecting Pollinators is Critical For Food Security in Africa*. Agrilinks. <https://www.agrilinks.org/post/research-finds-protecting-pollinators-critical-food-security-africa>
- Escobés, R., y Vignolo, C. (2018). *Guía de los polinizadores más comunes de las zonas verdes de Madrid*. Editorial CSIC, España. https://www.rjb.csic.es/jardinbotanico/ficheros/documentos/pdf/didactica/guia_polinizadores_madrid_09_10_18.pdf
- García García, M., Ríos Osorio, L. A., y Álvarez del Castillo, J. (2016). La polinización en los sistemas de producción agrícola: revisión sistemática de la literatura. *Idesia (Arica)*, 34(3), 53-68. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292016000300008>

- Guevara, C. (2022). *Universidad de Panamá, sede en Chiriquí, reactivó producción apícola tras la muerte de más de 6 millones de abejas en el 2020*. Semanario La Universidad. <https://launiversidad.up.ac.pa/node/2657>
- Hernández, E. T., y López Morales, C. A. (2016). La desaparición de abejas en el mundo: polinización, ecología, economía y política. *Ciencias*, 118-119, 102-105. <https://www.revistacienciasunam.com/es/201-revistas/revista-ciencias-118-119/1984-la-desaparici%C3%B3n-de-abejas-en-el-mundo-polinizaci%C3%B3n,-ecolog%C3%ADa,-econom%C3%ADa-y-pol%C3%ADtica.html>
- Hernández-Aranda, V., Jarquin-Gálvez, R., Lara-Ávila, P., y Aguilar-Benítez, G. (2022). Bioprospección de insectos benéficos en sistemas de producción agroecológicos y orgánicos en San Luis Potosí. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(3), 511-525. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i3.2896>
- 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>
- Kaur, N., y Kaleka, A. S. (2021). Diversity, Importance and Decline of Pollinating Insects in Present Era. En (Ed.), *Global Decline of Insects*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.100316>
- Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Donatti, C. I., Harvey, C. A., y Alpizar, F. (2017). *La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura*. Módulo 3. Proyecto CASCADA. Conservación Internacional (CI). Centro Agronómico de Investigación y enseñanza (CATIE). División de Investigación y Desarrollo. Turrialba, Costa Rica. https://namacafe.org/sites/default/files/content/proyecto_cascada_modulo_3_servicios_ecosistemicos_en_la_agricultura.pdf
- MINAM (Ministerio de Ambiente, Perú). (2015). *Guía de identificación de orquídeas con mayor demanda comercial*. Primera edición, Editora Image Print Peru EIRL. Jr. Azángaro 644 – Lima 01. 99 p. <https://www.serfor.gob.pe/portal/wp-content/uploads/2019/10/GU%3%8DA-DE-IDENTIFICACI%3%93N-DE-ORQUIDEAS-CON-MAYOR-DEMANDA-COMERCIAL.pdf>
- Miñarro, M., García, D., y Martínez-Sastre, R. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ECOS.1394>
- Motta, E., Raymann, K., Moran, N. (2018). Glyphosate perturbs the gut microbiota of honey bees. *PNAS*, 115(41), 10305-10310. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803880115>
- Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/#>

- Ostiguy, N. (2011). Pests and Pollinators. *Nature Education Knowledge* 3(10), 3. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/pests-and-pollinators-23564436/>
- Pantoja, A., Smith-Pardo, A., García, A., Sáenz, A., y Rojas, F. (2014). *Principios y avances sobre polinización como servicio ambiental para la agricultura sostenible en países de Latinoamérica y el Caribe*. Primera Edición. FAO, Santiago, Chile. <https://www.fao.org/3/i3547s/i3547s.pdf>
- Pashte, V. V., Pashte, S. V., y Said, P. P. (2020). Nutraceutical properties of natural honey to fight health issues: A comprehensive review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 234-242. <http://dx.doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5d.12220>
- Pérez, V. (2013). Introducción de *Bombus* (*Bombus*) *terrestris* (Linnaeus, 1758) (Hymenoptera: Apidae) en la región de Magallanes: Potencial riesgo para las abejas nativas. *Anales Instituto Patagonia*, 41(1), 147-152. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-686X2013000100015>
- Peter, F., Hoffmann, U., Donath, T., y Diekötter, T. (2021). Sown wildflower fields are an efficient measure to reduce visitation rates of honeybees and other pollinating insects on *Jacobaea vulgaris*. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 307, 107231. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107231>
- Pineda, W. (2014). Uso de abejorros (*Bombus impatiens*, Hymenoptera) como agentes polinizadores bajo condiciones protegidas, en el cultivo de Chile pimiento. [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Guatemala]. <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2014/06/17/Pineda-Wilson.pdf>
- Ritchie, H. (2021). *How essential are pollinators for global food security?* World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2021/08/how-essential-are-pollinators-for-global-food-security#:~:text=The%20populations%20of%20many%20pollinator,production%20totally%20depends%20on%20them.>
- Rodríguez, S., Pérez-Giraldo, L., Vergara, P., Carvajal, M., y Alaniz, A. (2021). Native bees in Mediterranean semi-arid agroecosystems: Unravelling the effects of biophysical habitat, floral resource, and honeybees. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 307, 107188. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.107188>
- Rosset, P., y Altieri, M. (2018). *Agroecología: Ciencia y Política*. Primera Edición en español, SOCLA, Ecuador. https://www.researchgate.net/publication/329591874_AGROECOLOGIA_ciencia_y_politica
- Saéz, A., Sabatino, M., y Aizen, M. (2014). La diversidad floral del borde afecta la riqueza y abundancia de visitantes florales nativos en cultivos de girasol. *Ecología Austral*, 24, 94-102. <https://doi.org/10.25260/EA.14.24.1.0.41>

- Sabbahi, R. (2022). Effects of Climate Change on Insect Pollinators and Implications for Food Security — Evidence and Recommended Actions. En: Behnassi, M., Gupta, H., Barjees Baig, M., Noorka, I.R. (eds) *The Food Security, Biodiversity, and Climate Nexus*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12586-7_8
- Singer, R. (2009). Morfología floral y polinización de orquídeas: el segundo libro de Charles Darwin. *Acta Biológica Colombiana*, 14(1), 337-350. <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v14s1/v14n4a21.pdf>
- Sgolastra, F., Medrzycki, P., Bortolotti, L., Renzi, M. T., Tosi, S., Bogo, G., Teper, D., Porrini, C., Molowny-Horas, R., y Bosch, J. (2017). Synergistic mortality between a neonicotinoid insecticide and an ergosterol-biosynthesis-inhibiting fungicide in three bee species. *Pest Management Science*, 73(6), 1236-1243. <https://doi.org/10.1002/ps.4449>
- Slow Food. (2021). *Pollinators and biodiversity: a fundamental duo for us and the planet*. <https://www.slowfood.com/pollinators-and-biodiversity/>
- Shrestha, M., Garcia, J., Bukovac, Z., Dorin, A., y Dyer, A. (2018). Pollination in a new climate: Assessing the potential influence of flower temperature variation on insect pollinator behaviour. *PLoS ONE*, 13(8), e0200549. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200549>
- Tejada-Sartorius, O., Téllez-Velasco, M. A. A., y Trejo-Téllez, L. I. (2017). Características ornamentales de orquídeas silvestres y su propagación con fines comerciales. Alternativa de aprovechamiento sustentable *ex situ*. *Agroproductividad*, 10(6), 37-45. <https://core.ac.uk/download/pdf/249320808.pdf>
- Testa, M. (2020). *UP interpone denuncia penal y administrativa por mortandad de abejas*. La Estrella de Panamá. <https://www.laestrella.com.pa/nacional/200202/up-interpone-denuncia-penal-administrativa-mortandad-abejas>
- UN Environment (United Nations Environment Programme). (2016). *Pollinators and Pesticides Keeping our bees safe*. https://saicmknowledge.org/sites/default/files/publications/Pollinators_and_Pesticides.pdf
- Woodcock, B., Bullock, J., Shore, R., Heard, M., Pereira, M., Redhead, J., Ridding, L., Dean, H., Sleep, D., Henrys, P., Peyton, J., Hulmes, S., Hulmes, L., Sárospataki, M., Saure, C., Edwards, M., Genersch, E., Knäbe, S., y Pywell, R. (2017). Country-specific effects of neonicotinoid pesticides on honey bees and wild bees. *Science*, 356(6345), 1393-1395. <https://doi.org/10.1126/science.aaa1190>

**CONTROL DE INSECTOS PLAGA MEDIANTE EXTRACTO ACUOSO DE
HOJAS DE AZADIRACHTA INDICA Y GLIRICIDIA SEPIUM, EN CULTIVOS
TRASPATIO DE SOLANUM LYCOPERSICUM Y CAPSICUM ANNUUM, EN LA
PROVINCIA DE LOS SANTOS, PANAMÁ**

CONTROL OF PEST INSECTS THROUGH AQUEOUS EXTRACT OF *AZADIRACHTA
INDICA* AND *GLIRICIDIA SEPIUM* LEAVES, IN BACKYARD CROPS OF *SOLANUM
LYCOPERSICUM* AND *CAPSICUM ANNUUM*, IN LOS SANTOS PROVINCE,
PANAMA

Alonso Santos-Murgas^{1*}, Calixto Barrera M.², Adriana Chávez³, Yadira Villarreal⁴

¹Universidad 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>

²Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca. Panamá. calixto1207@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-3691-2864>

³Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca. Panamá. adrianamassiel10@gmail.com

⁴Ministerio de Educación, Colegio Manuel María Tejada Roca. Panamá. yedithvc17@gmail.com

*Autor de correspondencia: santosmurgasa@gmail.com

Recepción: 24 de marzo de 2023

Aprobación: 3 de abril de 2023

RESUMEN

Con el objetivo de plantear alternativas orgánicas para combatir insectos plaga en cultivos agrícolas de traspatio, se evaluó la efectividad de dos bioinsecticidas elaborados a base de extractos acuosos de hojas de “Nim”, *Azadirachta indica* A. Juss., 1830 y “balo”, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, 1842. Esta investigación se realizó de junio a septiembre de 2021, en los cultivos traspatio del colegio Manuel María Tejada Roca, Las Tablas, Los Santos, Panamá. Se evaluó el efecto bioinsecticida, utilizando un Diseño de Bloques Completos al azar (DBCA), con dos tratamientos y un control. Los cultivos utilizados fueron “tomate” *Solanum lycopersicum* L. 1753 y “ají” *Capsicum annuum* L. 1838 (Solanaceae), con unidades experimentales de aproximadamente 8,4 m². La aplicación de los extractos vegetales fue semanalmente, con aspersores distintos para cada tratamiento. Las ninfas de

Bemisia tabaci (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae), se monitorearon in situ con apoyo de una lupa. En ajíes, los frutos cosechados se pesaron en una balanza analítica para obtener su masa en gramos. Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos se usó la prueba Tukey (datos paramétricos) y la prueba Kruskal Wallis (datos no paramétricos), del paquete estadístico SPSS, versión 20 (IBM-SPSS, 2011). Del análisis de los datos se obtuvo que las ninfas de *B. tabaci* mostraron una disminución estadísticamente significativa en las unidades experimentales donde se aplicaron los bioinsecticidas. En ají, la masa promedio de los frutos es significativamente menor en el control, versus los tratamientos. En conclusión, los resultados evidencian efecto bioinsecticida de los tratamientos, con mejores resultados en las unidades experimentales donde se aplicaba el extracto acuoso de nim.

Palabras clave: Balo, *Bemisia tabaci*, bioinsecticidas, nim, Solanaceae.

ABSTRACT

The aim of this study was to propose organic alternatives to combat insect pests in backyard agricultural crops. The effectiveness of two bioinsecticides made from aqueous extracts of "Neem" leaves, *Azadirachta indica* A. Juss., 1830 and "balo" *Gliricidia sepium* (Jacq. Kunth ex Walp, 1842) were evaluated. This research was carried out from June to September 2021 in the backyard crops of the Manuel María Tejada Roca School, Las Tablas, Los Santos, Panama. The bioinsecticide effect was evaluated, using a Randomized Complete Block design (RCBA) with two treatments and one control. The crops used were "tomato" *Solanum lycopersicum* L. 1753 and "sweet peppers" *Capsicum annuum* L. 1838 (Solanaceae), with experimental units of approximately 8.4 m². The application of plant extracts was weekly, with different sprinklers for each treatment. The monitoring of flying insects, especially *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) (Hemiptera: Aleyrodidae) was carried out using yellow plates, the nymphs of *B. tabaci* were monitored in situ with the help of a magnifying glass and in harvested fruits, their mass in grams was obtained using an analytical balance. To determine significant differences between the treatments, the Tukey test (parametric data) and the Kruskal Wallis test (non-parametric data) were used, from the SPSS statistical package, version 20 (IBM-SPSS, 2011). From the data analysis, it was obtained that the nymphs of *B. tabaci* showed a statistically significant decrease in the experimental units where the bioinsecticides were applied. In sweet pepper, the average mass of the fruits is

significantly lower in the control, versus the treatments. In conclusion, the results show the bioinsecticide effect of the treatments, with better results in the experimental units where the aqueous extract of neem was applied.

Keywords: Balo, *Bemisia tabaci*, bioinsecticides, neem, Solanaceae.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más persistentes y difíciles en la agricultura ha sido el ataque por plagas, principalmente insectos, los cuales diezman las cosechas y reducen drásticamente la producción y el acopio de alimentos (Villem, 1993). Para combatir estas poblaciones nocivas, se recurrió al uso de plaguicidas, también llamados pesticidas, que si bien antes eran productos naturales, desde la década de 1920 comenzó la era de los plaguicidas sintéticos, popularizándose su uso durante la Segunda Guerra Mundial (Bedmar, 2011).

Estos plaguicidas sintéticos resultaron ser mucho más eficaces para combatir plagas, no obstante, su uso debe realizarse con cautela, teniendo presente sus posibles consecuencias (Villem, 1993). Entre ellas se destacan el aumento de residuos tóxicos en los alimentos y en el suelo, afectaciones a la salud humana y animal, pérdida de biodiversidad, así como la aparición de organismos resistentes y la disminución de los enemigos naturales de las plagas (Paullier et al., 2007).

Ante este escenario, se impulsan modelos de producción sustentables para transformar sistemas agrícolas de producción convencional a sistemas de producción agroecológicos (Ceballos et al., 2019). Este tipo de agricultura utiliza los productos benéficos del ecosistema, logrando el equilibrio entre el desarrollo agrícola y los componentes del agroecosistema (Nava-Pérez et al., 2012). Al cultivarse sin la utilización de insumos agrícolas sintéticos, se conserva el equilibrio ecológico (Chacón y Chávez, 1996), y se obtiene alimentos libres de residuos tóxicos (Rodríguez, 2004; Tejeira, 2017).

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, existen compuestos químicos que se producen naturalmente en las plantas y funcionan en algún grado, lo que permitiría reemplazar satisfactoriamente a los insecticidas derivados de compuestos químicos peligrosos por su alta toxicidad y sus efectos nocivos a la salud de los consumidores (Vázquez-Luna *et al.*, 2007). De este modo, el uso de insecticidas naturales a partir de extractos vegetales permite reducir

el uso de plaguicidas sintéticos, ya que constituyen una alternativa natural para el control de plagas (Alonso, 1999; Cano, 2016; Batista *et al.*, 2015).

El árbol de “Nim” o “Neem”, *Azadirachta indica* A. Juss., 1830 según investigaciones realizadas en diversos cultivos evidencian su capacidad bioinsecticida (Gruber, 1992; Cruz y Del Ángel, 2004; Valenciaga *et al.*, 2007; Peña *et al.*, 2013; Zambrano, 2015; Loor, 2015; Cano, 2016; Herrera y González, 2016; Landivar–Ortíz *et al.*, 2017; Navarrete *et al.*, 2017). Por la extensa información que existe sobre el aprovechamiento de esta especie de planta para el control de plagas agrícolas, constituye una alternativa factible en sistemas agrícolas en comunidades de bajo nivel tecnológico (Cruz y Del Ángel, 2004).

La otra especie de planta utilizada como extracto acuoso es el “Balo” *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp, 1842, es una especie de árbol con propósitos múltiples, que proporciona productos y servicios esenciales en granjas tropicales (Simons y Stewart, 2007). Diversas investigaciones realizadas utilizando extractos de diferentes estructuras del árbol demuestran tener propiedades insecticidas, como es el caso de Pérez, (2011) en el control de insectos plagas en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.), Cerda y Jimenéz-Martínez (2012) en el control del complejo mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889)-*Geminivirus* en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L. 1753); Aragón-García *et al.* (2008) en plantas de “Saril” (*Hibiscus sabdariffa* L. 1753) donde demuestra disminuir el daño foliar ocasionado por insectos fitófagos.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto insecticida de dos extractos acuosos vegetales extraídos de hojas de Neem (*Azadirachta indica*) y hojas de Balo (*Gliricidia sepium*) en los cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*) y ají (*Capsicum annum*) en cultivos de tras patio en la provincia de Los Santos, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proyecto se desarrolló en el distrito de Las Tablas, provincia de Los Santos, República de Panamá; en los cultivos traspatio del colegio Manuel María Tejada Roca (7°46' 05,6" N 80°16' 21,5" W), durante los meses de mayo a septiembre del 2021.

En este experimento se utilizaron cultivos de ají y tomate y se implementó la técnica de semillero, para luego realizar el trasplante a los 28-35 días de germinadas las semillas. Previo

al trasplante, se hizo la limpieza mecánica del terreno destinado a las parcelas, así como la remoción de la tierra circundante al área destinada para cada plántula, a fin de contribuir a un mejor desarrollo radicular. En el mes posterior al trasplante, se realizó riego manual de las plantas utilizando una manguera, de acuerdo con las necesidades hídricas del cultivo. Para la fertilización de las parcelas se utilizó abono químico 12-24-12 mezclado con urea. Las fertilizaciones se realizaron tres días antes del trasplante, luego a los 35 y 51 días posteriores a este. El control de las malezas se realizó de forma manual (machete, azadón), de acuerdo con la presencia de las mismas.

El diseño experimental consistió de un modelo de bloque completo al azar (DBCA), con tres unidades experimentales por parcelas. Cada unidad experimental midió 3 m x 2,8 m, con un área aproximada de 8,4 m². La distancia entre surcos fue de 1 m y entre plantas de 0,40 m, con un total de 4 surcos por unidad experimental. En el cultivo de ají había ocho plantas por surco y el de tomate, 16 plantas. Las unidades experimentales tuvieron una separación de 1,5 m.

Se evaluó el efecto bioinsecticida del extracto vegetal acuoso de hojas de Neem (*Azadirachta indica*) al 10% y del extracto vegetal acuoso hojas de balo (*Gliricidia sepium*) al 10%. Los extractos vegetales acuosos se prepararon de manera artesanal utilizando la metodología propuesta por Cruz y Ángel (2004) para el Neem, que consistía en licuar 200 g de hojas frescas en 500 ml de agua, dejar en reposo la mezcla durante 24 horas y posteriormente filtrarla con una tela fina para obtener su parte líquida. La solución al 10% se obtuvo al mezclar 1 ml del extracto vegetal acuoso por cada 9 ml de agua. La aplicación de estos extractos vegetales fue semanalmente, desde los 50 hasta los 94 días después del trasplante (ddt), utilizando spersores distintos para cada tratamiento.

Las variables evaluadas fueron número promedio de ninfas de mosca blanca (*B. tabaci*), y masa promedio de frutos en ají. Las ninfas de *B. tabaci* se contabilizaron con apoyo de una lupa de mano a los 50, 58, 65, 73, 79, 85 y 94 ddt, mediante observación directa en el envés de 20 folíolos (tomate) o 20 hojas (ají) en la parte media de 20 plantas, al azar y por unidad experimental, antes de aplicar el bioinsecticida. En el tomate se analizó el folíolo 3 o 4 de las hojas, según ajuste a la metodología propuesta por Fernández (2016). En tanto, la cosecha de los frutos de ajíes se realizó manualmente a los 65, 79, 85, 94 y 103 ddt, determinándose su masa en gramos con una balanza analítica.

Los resultados se procesaron con el programa Microsoft Excel 2010; aplicándose estadísticas descriptivas tales como porcentajes y medidas de tendencia central como la media. Para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, se usó la prueba Tukey (datos paramétricos) y la prueba Kruskal Wallis (datos no paramétricos), del paquete estadístico SPSS, versión 20 (IBM-SPSS, 2011)

RESULTADOS

Fluctuación poblacional de ninfas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

En los muestreos se contabilizó un total de 512 ninfas de mosca blanca (*B. tabaci*), presentándose una mayor incidencia en la parcela de ají (286 individuos), en comparación con la parcela de tomate (226 individuos). Por unidad experimental, el promedio general (Pg) de ninfas de *B. tabaci* se obtuvo al dividir el total de ninfas contabilizadas, desde el muestreo 1 al muestreo 6, entre el número total de observaciones (120). En las Tabla 1 se muestra los valores promedio (por muestreo y general) de ninfas de mosca blanca en las parcelas de ají y el valor de probabilidad obtenido al aplicar la prueba no paramétrica Kruskal Wallis ($P \leq 0,05$); en las Tabla 2, los resultados obtenidos en la parcela de tomate.

Tabla 1.

*Promedio de ninfas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*) contabilizadas en hojas del ají (*C. annuum*) por tratamiento, en los diferentes muestreos después de las aplicaciones de los extractos vegetales.*

Tratamientos	Incidencia inicial	Muestreos						Pg
		1	2	3	4	5	6	
Control	0,75	0,75 ^a	0,60 ^a	0,85 ^a	1,75 ^a	1,25 ^a	1,20 ^a	1,07 ^a
Balo	0,55	0,80 ^a	0,90 ^a	0,50 ^a	0,35 ^b	0,30 ^b	0,45 ^a	0,55 ^b
Neem	0,65	0,75 ^a	0,65 ^a	0,25 ^a	0,05 ^b	0,30 ^b	0,10 ^b	0,35 ^b
Probabilidad	0,829	0,599	0,35	0,098	0,000*	0,001*	0,002*	0,000*

*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

En la tabla 1, los promedios en las columnas con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo con los resultados de la prueba Kruskal Wallis ($P \leq 0,05$). La incidencia inicial de ninfas de mosca blanca (*B. tabaci*) se determinó a los 50 ddt (13 de julio), previo a la aplicación del extracto vegetal acuoso. El promedio general (Pg) de ninfas de *B. tabaci*, evidencia que existen diferencias significativas ($P = 0,000$) entre los tratamientos y control, obteniéndose valores de 0,35, 0,55 y 1,07 individuos por hoja, en la unidad experimental donde se aplicó el extracto acuoso de hoja de neem, balo y el tratamiento control, respectivamente.

Tabla 2.

Promedio de ninfas de mosca blanca (Bemisia tabaci) contabilizadas en folíolos de las hojas del tomate (S. lycopersicum) por tratamiento, en los diferentes muestreos después de las aplicaciones de los extractos vegetales.

Tratamientos	Incidencia inicial	Muestreos						
		1	2	3	4	5	6	Pg
Control	0,85	0,50 ^a	2,00 ^{ab}	0,25 ^a	0,55 ^a	0,35 ^a	0,40 ^a	0,68 ^a
Balo	0,65	0,45 ^a	0,35 ^a	0,40 ^a	0,35 ^a	0,20 ^a	0,45 ^a	0,37 ^{ab}
Neem	2,05	0,75 ^a	0,50 ^b	0,10 ^a	0 ^a	0,05 ^a	0,10 ^a	0,25 ^b
Probabilidad	0,126	0,391	0,030*	0,580	0,054	0,196	0,092	0,013*

*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

La Tabla 2 muestra los promedios de ninfas *B. tabaci* en la parcela de tomate; columnas con letras diferentes indican diferencias significativas, de acuerdo con los resultados de la prueba Kruskal Wallis ($P \leq 0,05$). La incidencia inicial de ninfas de mosca blanca (*B. tabaci*) se determinó a los 50 ddt (13 de julio), previo a la aplicación del extracto vegetal acuoso. Se observan diferencias significativas ($P = 0,013$) entre la unidad experimental donde se aplicó extracto acuoso de neem versus el control. El promedio general de ninfas *B. tabaci* fue de

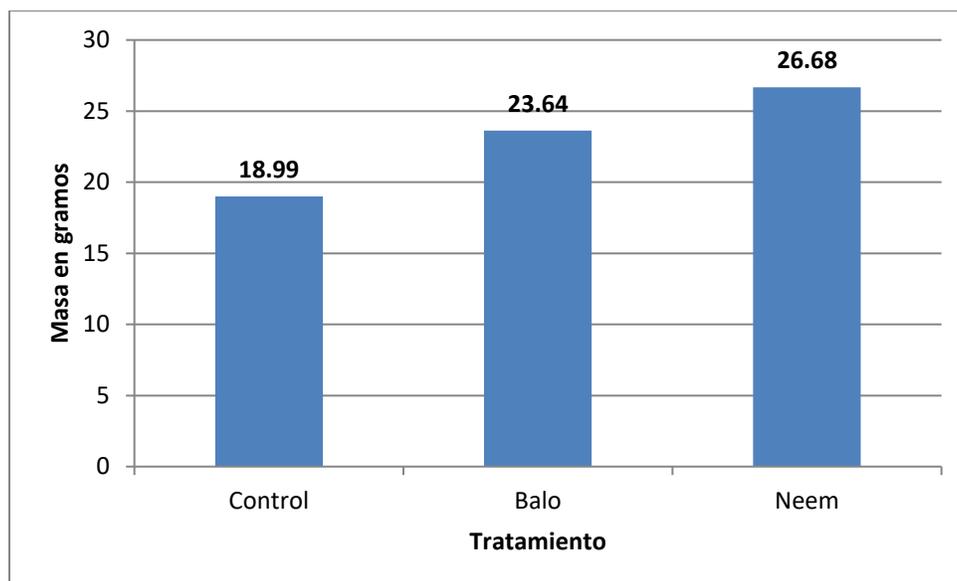
0,25, 0,37 y 0,68 individuos/foliolo en la unidad experimental se aplicó el extracto acuoso de hoja de neem, balo y control, respectivamente.

Masa promedio de frutos en la parcela de ají

La cosecha de ajíes se realiza desde los 65 ddt (28 de julio), contabilizándose el número y masa (en gramos) de los frutos sanos en etapa de comercialización. La figura 2 muestra la masa promedio de los frutos cosechados por unidad experimental.

Figura 2.

*Masa promedio de los frutos cosechados en la parcela de ají (*C. annuum*), según tratamiento.*



Se registra un mayor rendimiento en la unidad experimental donde se aplicó extracto acuoso de neem (42 frutos, 1092 gramos totales), y pese que el rendimiento total en la unidad experimental control (44 frutos, 816,5 gramos totales) es ligeramente superior a la unidad experimental donde se aplica extracto acuoso de balo (35 frutos, 803,6 gramos totales), la prueba Tukey ($P \leq 0,05$) evidencia que hay diferencias significativas entre la masa promedio de frutos cosechados en las unidades experimentales donde se aplicaba los tratamientos en comparación al control (Tabla 3).

Tabla 3.

Comparaciones múltiples de la masa de los frutos de ají (C. annuum) cosechados en cada unidad experimental.

Variable Dependiente: Masa - Tukey HSD

(I) Tratamiento	(J) Tratamiento	Diferencia promedio (I- J)	Error Std.	Sig. (P)	95% Intervalo de confianza	
					Límite superior	Límite inferior
Control	Balo	-4.6469*	1.8678	0.038*	-9.082	-.212
	Neem	-7.6946*	1.7766	0.000*	-11.913	-3.476
Balo	Control	4.6469*	1.8678	0.038*	.212	9.082
	Neem	-3.0476	1.8878	0.244	-7.530	1.435
Neem	Control	7.6946*	1.7766	0.000*	3.476	11.913
	Balo	3.0476	1.8878	0.244	-1.435	7.530

*La diferencia de medias es significativa al nivel 0,05

DISCUSIÓN

Fluctuación poblacional de ninfas de mosca blanca (*Bemisia tabaci*)

Pese a que se observa una menor densidad de ninfas en los tratamientos versus el control, la unidad experimental donde se aplicó el extracto acuoso de neem evidencia los mejores resultados. Esto concuerda con lo reportado por Navarrete *et al.* (2017), donde argumentó que en el melón (*Cucumis melo*), el neem ejerció efecto bioinsecticida sobre las poblaciones de huevos, ninfas y adultos de *B. tabaci*.

Otros autores señalan en cultivo de tomate una mayor población de adultos *B. tabaci* en el tratamiento control versus aquellos donde se aplican tratamientos, ejemplo, el extracto acuoso de neem (López y Estrada, 2005; González-Acosta *et al.*, 2006; Bordones *et al.*, 2018; Cruz, 2018). Se asume que a mayor población de adultos de mosca blanca mayor tasa de ovoposición, por lo tanto, una mayor población de ninfas corroboró el efecto bioinsecticida de los tratamientos (Figuras 3 y 4).

Figura 3.

Foliolo de tomate (Solanum lycopersicum) con ninfas de Bemisia tabaci.

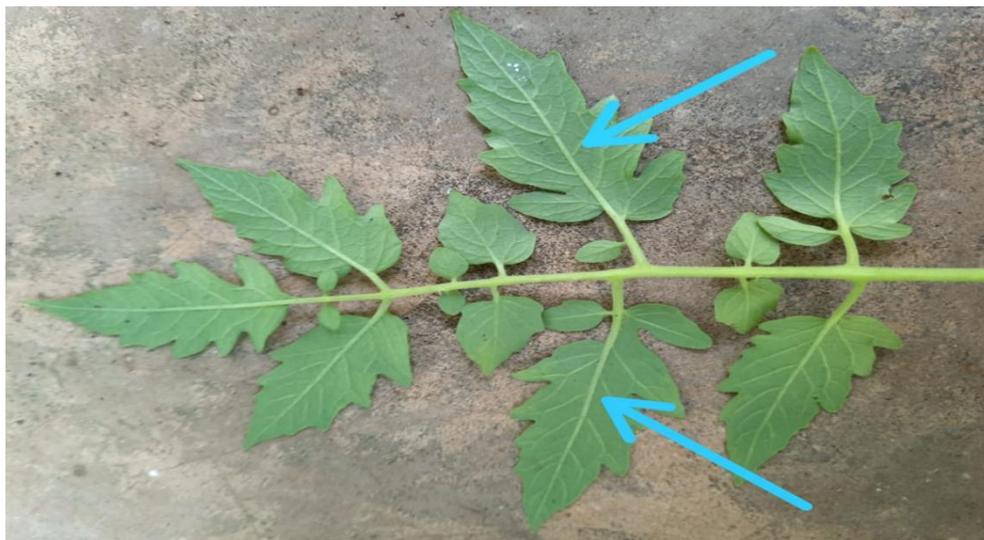


Figura 4.

Adulto de mosca blanca Bemisia tabaco, observado bajo el estereoscopio.



Referente al extracto acuoso de balo (*Gliricidia sepium*), Montés-Molina *et al.* (2014) señalan su función como repelente de insectos. Las unidades experimentales donde se aplicó este extracto acuoso tienen una población de ninfas de *B. tabaci* ligeramente superior a la unidad experimental donde se aplicó extracto acuoso de neem, aunque las diferencias no son significativas entre ambos tratamientos.

Masa promedio de frutos en la parcela de ají

Se evidenció un mayor rendimiento en la unidad experimental donde se aplicó extracto acuoso de neem en referencia al control, lo que concuerda con lo reportado por Sabillón y Bustamante (1995). Otros investigadores, como Pérez (2011) evidencia frutos con una masa

promedio mayor en plantas de chiles jalapeños (*C. annuum*) tratadas con extractos de neem o balo, sin registrarse diferencias significativas con los frutos cosechados en la unidad experimental control, contrario a lo obtenido en la presente investigación donde sí se registran diferencias significativas entre tratamientos y control. No obstante, Batista *et al.*, (2015), evidenció que al usar combinadamente los extractos de neem y balo se obtienen mejores resultados, por lo que se recomienda seguir investigando la eficacia de utilizar mezclas de estos extractos vegetales u otras plantas con potencial bioinsecticida, además de asegurar un mayor número de unidades experimentales en los ensayos.

CONCLUSIONES

Se observó diferencias significativas entre la población de ninfas de *B. tabaci* en las unidades experimentales donde se aplicaron los extractos acuosos vegetales de neem y balo versus la unidad experimental control, lo que evidenció el efecto bioinsecticida de estos extractos, los cuales pueden desempeñarse como alternativas orgánicas en el control poblacional de *B. tabaci* en cultivos agrícolas de traspatio.

En la parcela de ají, se evidenció mejores resultados en la unidad experimental tratada con extracto acuoso de neem, en comparación con la tratada con extracto de balo; no obstante, ambas unidades experimentales presentan diferencias significativas en la masa promedio de los frutos cosechados, respecto a la unidad experimental control.

AGRADECIMIENTOS

Al Programa Jóvenes Científicos 2021 auspiciado por la Secretaria Nacional de Ciencias y Tecnología (SENACYT), por el apoyo económico brindado para esta investigación. Al personal directivo de colegio Manuel María Tejada Roca, por la concesión del espacio para realizar las parcelas en los predios del colegio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alonso, O. (1999). Los insecticidas botánicos: una opción ecológica para el control de plagas. *Pastos y Forrajes*, 22(1), 1-16.
<https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5B%5D=993>
- Aragón-García, A., Torija-Torres, A., Avelleira-Cortés, R., Tapia-Rojas, A. M., Contreras-Mora, I. R. y López-Olguín, J. F. (2008). Control de plagas de la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) con *Gliricidia sepium* (Jacq.) en Chiautla de Tapia, Puebla. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 12(3), 33-42.
<https://www.redalyc.org/pdf/837/83712272005.pdf>
- Batista, A., Guerra, J. y Barahona, L. (2015). *Extractos vegetales para el control de plagas en el cultivo de pimentón*. IDIAP, Proyecto: Investigación e innovación tecnológica en agricultura orgánica en el arco seco de Azuero.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.36045.69607>
- Bedmar, F. (2011). ¿Qué son los plaguicidas? *Ciencias Hoy*, 21(122), 10-16.
<https://www.agro.uba.ar/users/semmarti/Usotierra/CH%20Plaguicidas%20fin.PDF>
- Bordones, A., De Gracia, N., Díaz, D., Rodríguez, R. y Chen, A. (2018). Comparación de la efectividad en la protección de cultivos de tomate con insecticidas orgánicos a base de ajo (*Allium sativum*) y Neem (*Azadirachta indica*). *Revista de Iniciación Científica*, 4(Especial), 39-42. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1817>
- Cano P., G. A. (2016). *Evaluación de tres extractos vegetales para el control de plagas en el cultivo de frijol arbustivo Phaseolus vulgaris*. [Tesis de maestría, Universidad de Manizales, Colombia]. <https://onx.la/825ce>
- Ceballos S, M., Urdaneta O, F. y Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(3), 172-185. <https://www.redalyc.org/journal/280/28060161012/html/>
- Cerda, K. y Jiménez-Martínez, E. (2012). Alternativas de manejo contra el complejo mosca blanca (*Bemisia tabaci* Gennadius)- Geminivirus en el cultivo de tomate [*Solanum lycopersicum* L. = (*Lycopersicon esculentum* Mill.)] en Tisma, Masaya (2009) y Camoapa, Boaco (2010). *Revista Científica La Calera*, 12(18), 18-28.
<https://onx.la/133f8>
- Chacón, E. A. y Chavéz, M. G. (1996). *Guía práctica de agricultura sostenible en Panamá*. Panamá. Agencia Española de Cooperación Internacional.
- Cruz, A. (2018). *Extractos de Neem (Azadirachta indica A. Juss.) para el control de moscas blanca (Bemisia tabaci Genn.) en el cultivo de tomate*. [Tesis de maestría,

Universidad Autónoma de Nuevo León, México].
<http://eprints.uanl.mx/16025/1/1080290872.pdf>

Cruz, F. M. y R. del Ángel S. (2004). *El árbol de Nim, establecimiento y aprovechamiento de la Huasteca Potosina*. INIFAP-CIRNE. Campo Experimental Huichihuayán y Camoi Experimental Ébano. Folleto Técnico Núm. 3. San Luis Potosí, México.
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/165.pdf>

Fernández C., M. S. (2016). *Evaluación de la eficacia biológica de los insecticidas Sulfoxaflor e Imidacloprid para el control de Bemisia tabaci en el cultivo de tomate*. [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras].
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5919/3/CPA-2016-T043.pdf>

González-Acosta, A., Del Pozo-Nuñez, E. M., Galván-Piña, B., González-Castro, A. y González Cárdenas, J. C. (2016). Barreras físicas y biológicas como alternativa de control de mosca blanca (*Bemisia* spp.) en berenjena (*Solanum melongera* L.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. *Revista UDO Agrícola*, 6(1), 84-91.
<http://udoagricola.orgfree.com/V6UDOAg/V6Gonzalez76.pdf>

Gruber, K. A. (1992). Biología y ecología del árbol de Nim (*Azadirachta indica*), extracción, medición, toxicidad y potencial de crear resistencia. *CEIBA*, 33(1), 249-256. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3769>

Herrera, R. y González, A. (2016). Comparación de la eficiencia de los extractos de cebolla y Neem como biorepelentes y sus efectos en el control de plagas en plantas de maíz *Zea mays*. Colegio Manuel María Tejada Roca, Meduca, Los Santos, Panamá.

IBM-SPSS (2011). “*Prueba Tukey y ANOVA*”. IBM SPSS Statistics v. 20.0. Programa Estadístico para Ciencias Sociales. v. 20.0. Statistical Program for Social Sciences (SPSS). United States of American: Guide to IBM SPSS: For Versión 20.0.

Landivar-Ortíz, T., Colina-Navarrete, E., Castro- Arteaga, C., Santana- Aragoné, D., García-Vásquez, G., Mora-Castro, O., Uvidia-Vélez, M. y Goyes-Cabezas, M. (2017). Evaluación de extractos vegetales y bioinsecticidas sobre poblaciones de *Spodoptera frugiperda* y *Elasmopalpus lignosellus* en maíz. *European Scientific Journal*, 13 (21), 238-250. <http://dx.doi.org/10.19044/esj.2017.v13n21p238>

Loor M., M. A. (2015). *Evaluación de tres bioinsecticidas en el control de insectos chupadores en el cultivo de sandía (Citrullus lanatus), en la época seca en la zona de Mocache*. Quevedo. UTEQ. 77 p. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1276>

López D., M. T. y Estrada O., J. (2005). Los bioinsecticidas de nim en el control de plagas de insectos en cultivos económicos. *Rev. FCA Uncuyo*, 23(2), 41-49.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=382838551004>

- Montés-Molina, J. A., Nuricumbo-Zarate, I. H., Hernández-Díaz, J., Gutiérrez-Miceli, F. A., Dendeoven, L. y Ruíz-Valdiviezo, V. M. (2014). Characteristics of tomato plants treated with leaf extracts of neem (*Azadirachta indica*) A. Juss. (L.) and mata-raton (*Gliricidia sepium*) (Jacquin): A greenhouse experiment. *Journal of Environmental Biology*, 35(5), 935-942. http://jeb.co.in./journal_issues/201409_sep14/paper_24.pdf
- Nava-Pérez, E., García-Gutiérrez, C., Camacho-Báez, J. R. y Vázquez-Montoya, E. L. (2012). Bioplaguicidas una opción para el control biológico de las plagas. *Ra Ximhai*. 8(3b), 17-29. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177003>
- Navarrete, B., Valarezo, O., Cañarte, E. y Solórzano, R. (2017). Efecto del nim (*Azadirachta indica* Juss.) sobre *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: aeyrodidae) y controladores biológicos en el cultivo del melón *Cucumis melo* L. *La Granja: Revistas de Ciencias de la Vida*, 25(1), 33-44. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/4760/476051824003/html/index.html>
- Paullier J., Leoni C., Baraibar, A., Folch, C. y Núñez, P. (2007). Desarrollo de bioinsecticidas para el control de plagas agrícolas. *INIA*, 11, 45- 47. <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/18429270508145231.pdf>
- Peña, A., Castellanos, L. y Bata, A. (2013). Efecto de las plantas para el control de áfidos de la habichuela (*Vigna unguiculata*), como alternativa local en la agricultura urbana. *Agroecología*, 1(2), 148-156. https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/48/pdf_14
- Pérez G, S. (2011). *Efecto bioinsecticida del extractos Neem (Azadirachta indica, A. juss. L) y matarratón (Gliricidia sepium Jacquin), aplicado a cultivo de chile jalapeño (Capsicum annuum var)*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador]. 110 pp. <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/handle/123456789/758>
- Rodríguez, Y. (2004). *Impulsan agricultura orgánica*. Panamá América. <http://m.panamaamerica.com.pa/content/impulsan-agricultura-org%C3%A1nica>
- Sabillón, A. y Bustamante, M. (1995). Evaluación de extractos botánicos para el control de plagas del tomate (*Lycopersicon sculetum* Mill). *CEIBA*, 36(2),179-187. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/3676>
- Simons., A.J. y Stewart., J.L. (2007). *Gliricidia sepium - a Multipurpose Forage Tree Legume*. FAO. <https://n9.cl/sl01c>
- Tejeira E. (6 de febrero de 2017). Panamá certificará cultivos orgánicos. La Prensa. http://impresa.prensa.com/panorama/Panama-certificara-cultivos-organicos_0_4683281737.html

- Valenciaga, N., Díaz, M. F. y Mora, C. (2007). Efectividad de dos extractos del árbol del Nim (*Azadirachta indica* A. Juss) en el control de insectos plaga asociados al cultivo de la vinya (*Vigna unguiculata* Walpeers) var. Trópico 782. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 41(3), 285-289.
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017693016.pdf>
- Vázquez-Luna, A., Pérez-Flores, L. y Díaz-Sobac, R. (2007). Biomoléculas con actividad insecticida: una alternativa para mejorar la seguridad alimentaria. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 5(4), 306-313.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=72440509>
- Villee, C. A. (1993). *Biología*. Séptima Edición, Editorial McGraw Hill, Monterrey, México. 875 p.
- Zambrano N., D. E. (2015). *Evaluación de mezclas de bioinsecticidas para el combate de pulgones en el cultivo de pepino (Cucumis sativus) en la zona de Quevedo*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador].
<https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/1279?mode=full>

ALTERNATIVAS DE DESARROLLO RURAL Y FORESTAL SOSTENIBLE EN PANAMÁ

ALTERNATIVES FOR SUSTAINABLE RURAL AND FOREST DEVELOPMENT IN PANAMA

Rubén Collantes-Sora^{1*}

¹Consultor Independiente, Especialista en Desarrollo Rural. Panamá. <https://orcid.org/0000-0002-4395-1127>

*Autor de correspondencia: rdcollantes@gmail.com

Recepción: 27 de febrero de 2023

Aprobación: 27 de marzo de 2023

RESUMEN

Para un desarrollo rural y forestal sostenible, se requiere de un programa de participación y desarrollo comunitario, con un enfoque innovador y holístico, que involucre a la población, su incidencia sobre los ecosistemas y, en particular, su vinculación con la explotación de los recursos naturales. La acumulación de los impactos negativos, traducidos en afectación de grandes superficies boscosas y vida silvestre, pérdida gradual e imparable de la calidad de suelos, de fuentes de agua; en suma, del ecosistema natural de los bosques tropicales, generan el incremento de la pobreza rural, con turgurización en la ciudad capital, resultantes del fenómeno migratorio del campo a la ciudad, que luchan por un sustento en condiciones de subsistencia y marginalidad crecientes, dando paso a múltiples problemas de orden social con impactos negativos para la sociedad en su conjunto. Desde mediados del siglo pasado, en Panamá se ha perdido más del 42% de la capa boscosa, como consecuencia de una explotación desordenada del bosque por tala indiscriminada, ganadería extensiva, pérdida de suelos. etc.; debido a la falta de una adecuada planificación frente a la colonización, entre otros factores. En el ámbito legal, el Código Agrario, promulgado por Ley No. 37 del 21 de Julio de 1962, derivó en una errática interpretación del mismo, impactando en un uso inadecuado de los recursos forestales. En este análisis, se plantean algunas propuestas de desarrollo rural sostenible, sugiriendo alternativas participativas, tendientes a una gradual mitigación del problema en sí y de la pobreza rural.

Palabras clave: Bosque tropical, ecosistema, manejo forestal, mitigación, recursos naturales.

ABSTRACT

For sustainable rural and forest development, a community participation and development program is required, with an innovative and holistic approach, involving the population, its impact on ecosystems and, in particular, its link with natural resources exploitation. The accumulation of negative impacts, translated into the affectation of large forest areas and wildlife, gradual and unstoppable loss of soil quality and water sources; as a whole, from the natural ecosystem of tropical forests, they generate an increase in rural poverty, with slums in the capital city, resulting from the migratory phenomenon from the countryside to the city, which struggle for a livelihood in conditions of subsistence and growing marginality, giving step to multiple problems of social order with negative impacts for society. Since the middle of the last century, in Panama more than 42% of the forest cover has been lost, as a consequence of a disorderly exploitation of the forest due to indiscriminate felling, extensive cattle ranching, soil loss, etc.; due to the lack of proper planning against colonization, among other factors. In the legal field, the Agrarian Code, enacted by Law No. 37 of July 21, 1962, led to an erratic interpretation of it, impacting the inappropriate use of forest resources. In this analysis, some proposals are made, suggesting participatory alternatives, tending to a gradual mitigation of the problem itself and of rural poverty.

Keywords: Ecosystem, forest management, mitigation, natural resources, tropical forest.

INTRODUCCIÓN

La ley 41, Ley General del Ambiente, creada en julio de 1998, en el Capítulo II, Áreas Protegidas y Diversidad Biológica, Artículo 66, establece: “Se crea el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, identificado con la sigla de SINAP, conformado por todas las áreas protegidas legalmente establecidas, o que se establezcan, por leyes, decretos, resoluciones o acuerdos municipales. Las áreas protegidas serán reguladas por la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM, hoy MIAMBIENTE) y podrán adjudicarse concesiones de administración y concesiones de servicios, a los municipios, gobiernos provinciales, patronatos, fundaciones y empresas privadas, de acuerdo con estudios técnico previos. El procedimiento será regulado por reglamento”. Dicha Ley y su reglamentación, facultan a

MIAMBIENTE, para normar, regular y controlar el acceso y uso de los recursos biogénicos en general.

El Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP), involucra a las categorías de manejo: Parques nacionales, reservas forestales, refugios de vida silvestre, bosques protectores, humedales, áreas naturales, áreas recreativas, Zonas de protección hídrica, áreas silvestres, Corredor Biológico y áreas de uso múltiple. Estas categorías, ocupan una superficie total de 1,896,975 ha, de las cuales 1,584,682 ha, están cubiertas con bosques (Decreto Ejecutivo No. 2, del 17 de enero de 2003). Dentro de la categoría de parques nacionales, existen 17 parques que ocupan en conjunto una superficie de 1,359,647 ha; de los cuales, unas 1,101,906 ha corresponden a bosques. Un total de nueve (9) parques nacionales están localizados a lo largo de la cuenca del Canal de Panamá, entre las provincias de Panamá y Colón y los otros se localizan en diversos puntos del país. En estos territorios, el desarrollo de propuestas de manejo debe seguir lo recomendado por ANAM (2009).

El análisis se enfoca en el ámbito de la Cuenca del Canal de Panamá, no obstante, el modelo de la propuesta resultante será aplicable al conjunto de las áreas protegidas. No obstante, el alcance de la Ley y los esfuerzos desplegados por el Estado para velar por su cumplimiento, en la práctica ésta se relativiza. La presencia cada vez más creciente de personas dentro de las áreas de protección, ejerce una fuerte presión sobre los recursos naturales y los ecosistemas. Esta situación constituye uno de los problemas más importantes que deben enfrentar las autoridades panameñas.

A finales del siglo pasado, el Estado puso en marcha diversos programas con el apoyo en aquel entonces de Naciones Unidas, Agencia Internacional de Desarrollo de los Estados Unidos (AID), organizaciones no gubernamentales (ONGs), en coordinación con ANAM, Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Autoridad del Canal de Panamá (ACP), Autoridad de Recursos Interoceánicos (ARI), el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI). Los resultados reflejaron avances importantes, pero solo en la medida de la vigencia de los programas. Una vez culminados éstos, la falta de seguimiento relativiza los resultados obtenidos. Las comunidades no están preparadas ni organizadas para asumir su rol de preservar los recursos naturales de manera sostenible por sí mismas.

El objetivo del presente trabajo es analizar la posible solución de estos problemas, mediante la alternativa de abordarlos con programas a corto, mediano y largo plazo;

encaminados a la preservación del bosque y recursos naturales, fortalecer la organización y capacitación comunitaria, mediante un manejo sostenible de los recursos del bosque.

METODOLOGÍA

Para la elaboración del presente aporte, el autor ha plasmado más de 30 años de experiencia vinculado al sector agropecuario; periodo en el cual tuvo la oportunidad de desempeñarse como funcionario de Naciones Unidas en Panamá y también como Consultor en Proyectos de Desarrollo Rural Sostenible y de Cuencas Hidrográficas, dentro y fuera del territorio nacional. Adicionalmente, el trabajo se complementa con el marco legal en materia ambiental de la República de Panamá.

DESARROLLO

Desde el punto de vista político, esta propuesta es concordante con el Plan Estratégico Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT 2019-2024) (SENACYT, 2020); al considerar cuatro pilares fundamentales para el desarrollo del país, como el buen gobierno, el estado de derecho, la economía competitiva que genere empleo y el combate a la pobreza y la desigualdad. Sumado a esto, también está alineado con el Plan Estratégico Institucional del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá 2019-2030 (IDIAP, 2019); el cual prioriza líneas de investigación, innovación y desarrollo (I+I+D), en materia de la valoración y uso apropiado de la biodiversidad, sistemas productivos resilientes y sostenibles, valoración del conocimiento tradicional y local, entre otros. Así mismo, todo esto redundará en el alcance de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como el fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, trabajo decente y crecimiento económico, reducción de las desigualdades, ciudades y comunidades sostenibles, acción por el clima, vida de ecosistemas terrestres, por citar algunos ejemplos (Naciones Unidas, 2022).

De acuerdo con Heckadon-Moreno (2023), los desastres naturales ayudan a crear conciencia en los tomadores de decisiones respecto a la importancia del desarrollo científico, en especial en ecosistemas vulnerables como los costeros que forman parte de la cuenca del Canal de Panamá; la cual es comparable en relevancia con la de los ríos Nilo o Rin, dado que al año transitan alrededor de 14 mil buques por esta importante ruta interoceánica. Por su

parte, Díaz (2011), presentó la estrategia de gestión de dos cuencas importantes de Panamá, frente al cambio climático; preocupación compartida por otros científicos como Gordón-Mendoza (2020), quien mediante sus investigaciones determinó que la falta de precipitaciones puede comprometer el rendimiento de rubros estratégicos para el país como es el caso del maíz.

En este sentido, la propuesta plantea alternativas factibles, orientadas al desarrollo de las comunidades rurales que habitan en las áreas de cuencas y bosques, para que sin menoscabo de los recursos naturales y en estricto cumplimiento con la Ley, éstas puedan constituirse en elementos partícipes activos de una cadena productiva-económica como pequeños productores organizados, con actividades destinadas al mercado y ser a la vez los nexos de transacción comercial con el sector empresarial.

De acuerdo con los lineamientos de política de responsabilidad compartida, la propuesta subraya en principio por una amplia participación multisectorial, incluyendo al sector empresarial y a las comunidades, para la puesta en marcha de un programa de acción múltiple que permita una gradual mitigación de los impactos negativos causados por la presencia humana en las áreas protegidas y al mismo tiempo, propiciar oportunidades de empleo e ingreso, sin afectar el bosque, para las comunidades.

En ese contexto, la implementación de un gran proyecto o de varios proyectos específicos, según sea el caso, incluirían actividades de:

- Restauración de bosques con especies nativas. Los bosques restaurados serán considerados de protección y no serán materia de usufructo por la población participante. Cuando los jefes de familia de las comunidades trabajen en la restauración de los bosques con especies nativas, recibirán una retribución económica equivalente al jornal diario establecido para esa actividad y en función a una Norma Técnica de Trabajo aplicable a este caso. La conveniencia de plantear esta actividad como un componente importante de la propuesta, radica en el hecho de que como ya se mencionó en párrafo anterior, en las áreas deforestadas, la “paja canalera” no permite la regeneración natural del bosque.
- Actividades productivas, no madereras, con enfoque de género, generadoras de empleo e ingresos para las familias; tales como: recolección y venta de semillas de especies forestales nativas, producción de plántones en viveros, producción de plantas

ornamentales y medicinales, artesanías, producción apícola, establecimientos de zoológicos con especies de fauna silvestre, fomento de ecoturismo, participar en inventarios periódicos del parque bajo la supervisión de la institución responsable etc.

- Impulsar la organización de las comunidades hacia la adopción de formas asociativas de producción de diversa naturaleza: Cooperativas, asociaciones, microempresas etc. y que sean partícipes a la vez en el diseño, planificación e implementación de proyectos sostenibles.
- Implementar un programa de capacitación (demostrativa, participativa e interactiva), de extensión y de transferencia de tecnologías apropiadas, para capacitar y entrenar a los (as) trabajadores (as) durante la fase de implementación de las actividades. De manera tal que, al término de los proyectos asistidos por las instituciones responsables, las comunidades estén en capacidad de continuar con sus actividades de manera autogestionaria.

Incentivos

La conveniencia de estimular a la población para la restauración de bosques, vigilancia y preservación de los recursos naturales etc. Tal situación va a requerir que se disponga de un mecanismo eficaz de convencimiento a través de un incentivo económico; por ejemplo, que el Ministerio de Ambiente (MIAMBIENTE), en coordinación con otras entidades estatales u ONGs, exploren la posibilidad de su aplicación en el país.

Créditos

La puesta en marcha de las actividades productivas no madereras, antes señaladas va a requerir disponer de créditos a manera de “capital semilla” en apoyo a los pequeños productores. En ese orden será preciso ubicar fuentes de crédito ya sea a través del establecimiento de un Fondo de Crédito que destine el gobierno a través del Fondo de Inversión Social u otra (s) fuente (s). Por otro lado, el crédito actuaría como un incentivo potencial para impulsar la reconversión de sus actividades.

Coordinación inter-institucional participativa

La participación de los diversos sectores se traduciría en los aportes de cada entidad a la realización del programa; por ejemplo, el MIDA apoyaría con la asistencia técnica para la producción de alimentos básicos, apicultura, zoo criaderos etc.; MIAMBIENTE, en la restauración de bosques, inventarios forestales, supervisión de fauna silvestre, certificación de semillas de origen forestal etc.; MICI, en la certificación y normas de calidad para la comercialización de productos de origen silvestre, MINSA, para las licencias de Salud y Salubridad; IMA en la consecución de mercados para la comercialización de la producción.

Desde el punto de vista de la responsabilidad social de las empresas, se espera que el aporte de los empresarios se traduzca en las transacciones que éstos realicen con los grupos comunitarios organizados, asegurándoles el mercado para sus productos incluyendo líneas de financiamiento dirigido para determinada producción. Los organismos internacionales y ONGs, serán contactados en procura de apoyo en la transferencia de tecnologías, certificación de productos etc.

Consideraciones claves coadyuvantes de la propuesta

Responsabilidad institucional: La institución responsable de la coordinación y conducción para la implementación del programa, deberá contar con una estructura organizativa adecuada, en función a los requerimientos de los proyectos a ser implementados. Incluye contar con personal profesional y técnico de las ciencias agronómicas y forestales, sociólogos, extensionistas, estadísticos, promotores sociales, personal administrativo, vehículos, equipos y materiales para el apoyo logístico.

Gobiernos Locales: Desde el punto de vista de la descentralización administrativa, las autoridades municipales de los distritos localizados en la Cuenca del Canal de Panamá, en sus respectivas jurisdicciones, como núcleos del proceso de desarrollo en el ámbito provincial y local, deberán contar con una adecuada estructura técnico-administrativa, para ejercer o apoyar en la coordinación interinstitucional, la gestión, planificación, administración de las inversiones, así como el manejo de los recursos técnicos y financieros, acordes con los planes estratégicos de los diversos sectores del país (MIDA, MIAMBIENTE, IDIAP, Canal de Panamá, entre otros); a la vez de ser facilitadores en los trámites legales etc., ejercerán además, la regulación normativa y fiscalización sobre el usufructo no maderero de los recursos del bosque, conforme a las regulaciones legales establecidas.

Las Comisiones Consultivas Distritales: Conformadas por representantes idóneos de las instituciones gubernamentales involucradas, serán las instancias de consulta de los gobiernos locales, en materia de validar técnica y políticamente los programas de inversión, así como en la toma de decisiones importantes de dichos gobiernos, aplicables a cada caso en particular; por ejemplo, en materia de catastros, tasas, concesiones o la compra de determinados bienes requeridos en los proyectos, etc., con trato especial para grupos comunitarios organizados.

Aspectos técnicos: Desde el punto de vista técnico, sobre la base de los parámetros correspondientes de forestería, (dasonométricos, de ordenamiento territorial etc.), se deberá delimitar la superficie de bosques en la cuenca, que serán considerados de protección o servicios, aplicando en cada caso las regulaciones legales y técnicas correspondientes. Esta función concierne a MIAMBIENTE; a través de sus respectivas instancias técnicas.

Recursos financieros: El programa requerirá contar con fondos financieros para retribuir la fuerza laboral que las comunidades aportarán en la realización de las diversas actividades que incluye la propuesta, incluyendo, gastos operacionales y de inversión en los proyectos, los pagos por servicios ambientales y micro créditos.

Perspectivas a futuro: Que con arreglo a las enmiendas pertinentes a la Ley que rige las Áreas Protegidas, se permita las plantaciones comerciales en las áreas de amortiguamiento de los parques nacionales, con especies madereras que por su valor comercial motive propósitos de inversión, genere empleo, ingresos, divisas para el país y sobretodo incremente el flujo de materia prima al mercado.

Lineamientos de Política

El Estado panameño debe elaborar políticas que fomenten y faciliten la accesibilidad de las comunidades indígenas y campesinas al uso de los bienes y servicios del bosque, ya sean madereros o no madereros, en un marco de responsabilidad compartida entre Gobierno-Comunidades-Empresas, sin distinción de género, credo, cultura o ideología política.

Se debe incorporar a las comunidades indígenas y campesinas al proceso de desarrollo del país, como unidades básicas de producción diversificada en la cadena de valor del sector forestal. La organización comunitaria, será la condición primordial para que las comunidades

sean incluidas como usuarios de los bienes y servicios del bosque, ya sea a través de sociedades de pequeños productores, cooperativas, microempresas u otra forma asociativa.

Se debe promover que las comunidades tengan acceso al uso de tecnologías de información y comunicación (TICs), manejo del recurso natural, capacitación gerencial y control de calidad de sus productos para el mercado, capacidad de negociación, etc.

Principios de uso de los recursos forestales

Principio de Equidad y Género: Para fomentar la participación de las comunidades campesinas e indígenas en todos los aspectos que conciernen al uso y preservación de los recursos naturales, en condiciones de igualdad tanto para el hombre como para la mujer, poniendo especial énfasis en los jóvenes de ambos sexos.

Principio de Propiedad y Tenencia de la Tierra: Es necesario considerar el status legal de las comunidades indígenas y campesinas, como propietarias de las tierras donde existe cobertura forestal, al amparo legal vigente y sujeto a las regulaciones correspondientes. En este concepto se incluyen a: comarcas indígenas, asentamientos campesinos, tierras comunitarias y fincas privadas.

Principio de Aprovechamiento Sostenible: Para orientar a las comunidades indígenas y campesinas para hacer uso racional de los servicios y recursos que generen los bosques, a través de planes de manejo forestal sostenible incorporando los recursos no madereros, plasmados en proyectos que preserven los bosques y cuencas, complementados con actividades productivas destinadas al mercado y por ende generadoras de empleo e ingreso para las comunidades.

Principios de Competitividad: Se promoverá la aplicación de planes de manejo forestal con participación de las comunidades, conducentes a incrementar el valor agregado de los recursos forestales destinados al mercado, mediante la Certificación Forestal, Pagos por Servicios Ambientales (PSA), Certificación de Captura de Carbono etc.

Principio de Conservación de los Recursos Forestales: Para promover y establecer pautas, alternativas, propuestas y perfiles de proyectos conducentes a la conservación de los recursos forestales, tanto desde el punto de vista de la acción normativa que emane de MIAMBIENTE y de la acción promovida por las otras entidades gubernamentales, ONGs,

empresas y la acción llevada a cabo por las comunidades indígenas y campesinas, en el marco de una responsabilidad compartida.

Los bosques nativos de producción y las reservas forestales en tierras comarcales, plantaciones comerciales y comunitarias - estas últimas, cuando estén localizadas en las áreas de amortiguamiento de las áreas protegidas - serán materia de supervisión permanente por la autoridad competente, a fin de asegurar la explotación ordenada de los mismos, así como del proceso de regeneración del bosque para garantizar el aprovechamiento sostenible y su conservación, mediante los planes de manejo que se implementen. Además, las políticas de Estado deben promover la restauración de los bosques dentro de las áreas protegidas que hayan sido afectadas por la presión antrópica, de manera tal que se recuperen gradualmente los ecosistemas forestales.

Estrategias para el Desarrollo Comunitario

El establecimiento de una línea de pequeños créditos, es un aspecto clave para impulsar las actividades productivas que desarrollarán las comunidades, en base al aprovechamiento sostenible de los recursos forestales en los diversos escenarios que están considerados en un plan o programa de manejo comunitario de los bosques.

Establecer un sistema de incentivos, conducentes a la reconversión de actividades productivas que coadyuven a la preservación de los bosques nativos, incluyendo la restauración de bosques en áreas protegidas, conservación de cuencas etc.

Estrategia de la propuesta

La estrategia para llevar adelante la propuesta conlleva dos aspectos fundamentales:

- La organización comunitaria como requisito indispensable para que las personas puedan participar en el programa, la cual podrá ser de diversa conformación, ya sea sobre bases cooperativas, microempresas u otras formas asociativas de producción; por ejemplo, Asociación de productores no madereros del bosque, Cooperativa de apicultores (as), Asociación de zoo-criaderos, grupos de Artesanos (as) etc. Se espera que las comunidades organizadas se constituyan en nexos de producción y comercialización con los otros actores del mercado: ONGs, empresarios y entidades financieras. La conformación de grupos comunitarios, como condición, debe verse

desde una perspectiva de mercado. La sostenibilidad de sus actividades productivas descansará sobre dos aspectos: suministros de flujo permanente; calidad certificada, aplicable a todos los productos con destinos de mercado

- El desarrollo de un programa de capacitación (demostrativa, interactiva y participativa), reforzada con un programa de educación ambiental y de un sistema de extensión y de transferencia de tecnologías apropiadas, asegurarán la eficacia de la propuesta. Para motivar la participación de las familias en actividades de organización y capacitación, se contabilizarán los días de asistencia de éstas para efectos remunerativos, de manera similar a los considerados para la restauración de bosques.

CONCLUSIONES

De la presente propuesta y, tras reflexionar la situación de Panamá, se concluye que, el desarrollo rural, forestal y el manejo de cuencas hidrográficas, es factible mediante la colaboración de todos los actores involucrados; dado que tanto las leyes y políticas estatales, así como las directrices de organismos internacionales y el creciente grado de consciencia tanto de las ONGs como de la sociedad en su conjunto, hacen propicio el desarrollo de estos emprendimientos. Sin embargo, el seguimiento apropiado, la inversión en educación y en I+I+D, el fomento de políticas y leyes que incentiven correctamente a las comunidades, entre otras sinergias, son necesarias para que estas propuestas logren ser una realidad.

AGRADECIMIENTOS

El autor desea resaltar la labor desempeñada por el Estado panameño, los organismos internacionales PMA, PNUD, ONUDI, FAO, entre otros; además de la entrega y dedicación de los profesionales panameños, que han contribuido para la puesta en marcha de diversos programas y proyectos encaminados al desarrollo rural; en suma, en el marco de una trilogía de asistencia técnica por parte de las instituciones nacionales, la fuerza laboral de las comunidades participantes de los diversos programas y la ayuda internacional antes manifiesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente, PA). (2009). Resolución No. AG-0613-2009, por la cual se aprueba y adopta en todas sus partes la Guía Metodológica para Desarrollar Planes Generales de Manejo Forestal (PGMF) y Planes Operativos Anuales (POA) en Bosques Tropicales, para el trámite de solicitudes de aprovechamientos forestales sostenibles”. *Gaceta Oficial*, No. 26379-A. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/26379_A/21532.pdf
- Asamblea Legislativa. (1962). Ley 31 de 21 de septiembre de 1962, por la cual se aprueba el Código Agrario de la República. *Gaceta Oficial*, No. 14923. <https://docs.panama.justia.com/federales/leyes/37-de-1962-jul-22-1963.pdf>
- Asamblea Nacional. (2003). Decreto Ejecutivo No. 2, de 17 de enero de 2003, por el cual se aprueban los Principios y Lineamientos Básicos de la Política Forestal de Panamá. *Gaceta Oficial*, No. 24724. <https://docs.panama.justia.com/federales/decretos-ejecutivos/2-de-2003-jan-22-2003.pdf>
- Asamblea Nacional. (1998). Ley 41 de 1 de julio de 1998, General de Ambiente de la República de Panamá. *Gaceta Oficial*, No. 28131-A. https://www.gacetaoficial.gob.pa/pdfTemp/28131_A/GacetaNo_28131a_20161004.pdf
- Díaz, I. (2011). *Estrategia de Gestión Integrada de las cuencas de los ríos Tabasará y Chucunaque para la reducción de la vulnerabilidad y la adaptación y mitigación del cambio climático en las cuencas de los ríos Tabasará y Chucunaque*. Programa Conjunto Incorporación de Medidas de Adaptación y Mitigación del cambio climático en el manejo de los recursos naturales en dos cuencas prioritarias en Panamá. Gobierno Nacional, Panamá / Fondo para el logro de los ODM. https://www.sdgfund.org/sites/default/files/ENV_%20CASO%20DE%20ESTUDIO_Panama_Estrategia%20de%20Gestion%20Integrada%20CC.pdf
- Gordón-Mendoza, R. (2020). *Variabilidad climática y su efecto sobre la producción de maíz*. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. 48 p. ISBN 978-9962-677-50-5. https://proyectos.idiap.gob.pa/uploads/adjuntos/VARIABILIDAD_CLIMATICA_Y_SU_EFECTO_SOBRE_LA_PRODUCCI%C3%93N_DE_MA%C3%8DZ.pdf
- Heckadon-Moreno, S. (2023). *Stanley Heckadon Moreno*. Smithsonian Tropical Research Institute, Nuestra Gente. <https://stri.si.edu/es/cientifico/stanley-heckadon-moreno>
- IDIAP (Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá). (2019). Plan Estratégico Institucional 2019-2030. *Gaceta Oficial*, No. 28763. <http://www.idiap.gob.pa/download/plan-estrategico-idiap/?wpdmdl=3542>

Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

SENACYT (Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación, Panamá). (2020).

Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Panamá 2040 y Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación (PENCIYT) 2019 – 2024: “Hacia la Transformación de Panamá”. *Gaceta Oficial No. 28936-B*.

[https://www.senacyt.gob.pa/wp-](https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/01/GacetaNo_28936b_202001081-1.pdf)

[content/uploads/2020/01/GacetaNo_28936b_202001081-1.pdf](https://www.senacyt.gob.pa/wp-content/uploads/2020/01/GacetaNo_28936b_202001081-1.pdf)

ALTERNATIVAS DE CONTROL QUÍMICO DE POLILLAS EN SEMILLAS DE PAPA ALMACENADA EN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ

CHEMICAL CONTROL ALTERNATIVES FOR MOTHS IN POTATO SEEDS STORED IN CERRO PUNTA, CHIRIQUÍ, PANAMA

Juan Pérez^{1*}, Belkis Acosta², Sara Rodríguez³, Verónica Velásquez⁴, Leandro Del Cid⁵

¹Universidad Tecnológica OTEIMA, Licenciatura en Administración Agropecuaria. Panamá.

juan.perez@oteima.ac.pa

²Universidad Tecnológica OTEIMA, Licenciatura en Administración Agropecuaria. Panamá.

belkis.acosta@oteima.ac.pa

³Universidad Tecnológica OTEIMA, Licenciatura en Administración Agropecuaria. Panamá.

srodriguez@oteima.ac.pa

⁴Universidad Tecnológica OTEIMA, Licenciatura en Administración Agropecuaria. Panamá.

veronica.velasquez@oteima.ac.pa

⁵Universidad Tecnológica OTEIMA, Licenciatura en Administración Agropecuaria. Panamá.

leandro.delcid@oteima.ac.pa

*Autor de correspondencia: juan.perez@oteima.ac.pa

Recepción: 11 de noviembre de 2022

Aprobación: 25 de febrero de 2023

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar diferentes alternativas de control químico para las polillas de papa *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) y *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae), en semilla almacenada en Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. Para ello, en la localidad de Cerro Punta (8°50'35.54" N 82°33'14,88" O), se estableció un diseño de bloques completos al azar, con cuatro repeticiones y cinco tratamientos, seleccionados por recomendación de productores del área, los cuales fueron: T1 = Testigo; T2 = clorpirifos; T3 = bifentrina + imidacloprid; T4 = indoxacarb; T5 = terbufos. Cada unidad experimental estuvo constituida por un tubérculo sano. Los tratamientos fueron aplicados, de acuerdo con la dosis recomendada y utilizando el equipo de protección personal. Se evaluó después de 15 días la severidad de la afectación por la polilla en cada unidad experimental, en una escala de 0 a 2 y los datos fueron transformados logarítmicamente para el análisis

estadístico correspondiente. De acuerdo con los resultados, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos evaluados ($p = 0.35$); sin embargo, con T3 y T5, no se encontró daño en los tubérculos, lo cual sugeriría que estos ingredientes activos son apropiados para el control de polillas durante el almacenamiento. Se recomienda continuar con estas investigaciones, para establecer dosis adecuadas e incluir otros productos de naturaleza microbiológica, en sustitución de los plaguicidas.

Palabras clave: Control, papa, plagas, polillas, tubérculo semilla.

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate different chemical control alternatives for potato tuber moths *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) and *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae), in potato seed stored in Tierras Altas, Chiriquí, Panamá. For this, in Cerro Punta (8°50'35.54" N 82°33'14.88" W), a randomized complete block design was established, with four repetitions and five treatments, recommended by local farmers, which were: T1 = Witness; T2 = chlorpyrifos; T3 = bifenthrin + imidacloprid; T4 = indoxacarb; T5 = terbufos. Each experimental unit consisted of a healthy tuber. The treatments were applied, according to the recommended dose and using personal protective equipment. After 15 days, the severity of the affectation by the moth in each experimental unit was evaluated, on a scale of 0 to 2, and the data were logarithmically transformed for the corresponding statistical analysis. According to the results, no significant differences were found between the evaluated treatments ($p = 0.35$); however, with T3 and T5, no tuber damage was found, which would suggest that these active ingredients are appropriate for moth control during storage. It is recommended to continue with these investigations, to establish adequate doses and include other products of a microbiological nature, in substitution of pesticides.

Keywords: Control, moths, pests, potato, seed tuber.

INTRODUCCIÓN

De las áreas dedicadas a la producción de hortalizas en Panamá, destacan las Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, ubicadas en la parte occidental del país, con alturas entre 1400 y 2300 m s. n. m., temperatura promedio entre 14 y 23° C, precipitación promedio anual superior a

los 2000 mm; la mayoría de los suelos son accidentados, de origen volcánico, con textura franco-arenosa y alto contenido de materia orgánica (IICA, 1999).

La papa es una de las principales hortalizas producidas en esta zona, con un rendimiento promedio cercano a los 500 quintales por hectárea; teniéndose para el año agrícola 2020-2021, una producción de 712,294 quintales; que representa el 53% de la producción total de hortalizas en el país para dicho periodo (MIDA, 2021).

Uno de los principales problemas sanitarios que confronta este rubro son las polillas de la papa *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) y *Tecia solanivora* (Povolný, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae); las cuales afectan hasta en un 20%, tanto la papa para consumo humano como para su uso como semilla, requiriéndose en este último caso, la utilización de diferentes productos insecticidas (López et al., 2010; Carpio et al., 2013).

Por su parte, Pittí et al. (2020), evaluaron el uso de *Bacillus thuringiensis* (*Bt*), a diferentes concentraciones, para el control de las polillas de la papa en almacenamiento, en condiciones de Cerro Punta; debido a que hubo pérdidas en años anteriores de hasta 10% por causa del daño de dichas plagas. Sin embargo, estos autores no ocuparon un testigo ni tampoco utilizaron plaguicidas de síntesis como alternativa de control. Por lo expuesto, el objetivo del presente estudio es evaluar diferentes alternativas de control químico para el control de polillas en semillas de papa almacenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio correspondió a Cerro Punta, Distrito de Tierras Altas, Provincia de Chiriquí, Panamá (8°50'35.54" N 82°33'14.88" O) (Figura 1A); desarrollándose el mismo durante los meses de septiembre y octubre de 2022. Se seleccionaron 20 tubérculos sanos de papa (*Solanum tuberosum* L., 1753), siendo cada tubérculo una unidad experimental, las cuales fueron identificadas con papel, marcador permanente y cinta adhesiva (Figura 1B).

Figura 1.

Desarrollo del estudio: A) Ubicación geográfica. Fuente: Google Earth (2022); B) Rotulado de las unidades experimentales.



Para la evaluación de diferentes insecticidas, se estableció un Diseño de Bloques Completos al Azar (Figura 1B), con cuatro repeticiones (bloques) y cinco tratamientos, detallados a continuación: T1 = Testigo; T2 = clorpirifos; T3 = bifentrina + imidacloprid; T4 = indoxacarb; T5 = terbufos. Los tratamientos se aplicaron a la dosis recomendada por el fabricante, utilizando el equipo de protección personal. Para la selección de los insecticidas, se entrevistó a cuatro agricultores del área; quienes recomendaron el T2, T4 y T5, siendo el T3 un ingrediente activo seleccionado por el equipo investigador.

Entre las limitantes confrontadas para el desarrollo del estudio, se tuvieron las siguientes:

- Condiciones climáticas adversas: durante el mes de octubre 2022, el exceso de precipitaciones ocasionó derrumbes en las vías de acceso, lo cual limitó la disponibilidad de tubérculos semilla suficientes (por este motivo, cada unidad experimental está constituida por un tubérculo); además de que se tuvo que reprogramar el desarrollo del ensayo.
- En relación con lo anterior, parte del equipo investigador radica en otras partes del país, con lo cual el exceso de precipitaciones también limitó el tránsito.

Se evaluó después de 15 días de instalado el ensayo, la severidad de la afectación por las polillas en cada unidad experimental, con la siguiente escala: 0 = sin daños por polilla; 1 = daño superficial o leve; 2 = daño considerable o severo. Los datos fueron transformados logarítmicamente mediante la siguiente ecuación:

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

Con los datos transformados, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), para lo cual se ocupó la aplicación de Arsham (2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados (Tabla 1, Figura 2), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($p = 0.35$). Sin embargo, con la aplicación de T3 y T5, no se observó daño en los tubérculos semilla, lo cual sugeriría que estos ingredientes activos son apropiados para el control de polillas durante el almacenamiento.

Tabla 1.

Datos transformados logarítmicamente.

Bloque	T1	T2	T3	T4	T5
I	0.4771	0	0	0.4771	0
II	0.4771	0.3010	0	0.3010	0
III	0	0	0	0.3010	0
IV	0.4771	0	0	0	0

Figura 2.

Resultados del ANOVA, mediante la aplicación de Arsham (2015).

CALCULATE		CLEAR	
Treatment Variation	0.0278157	Block Variation	0.1076914
Within Variation	0.0227479	Total Variation	0.041431
Treatment Statistic	1.2227805	Its P-Value	0.35244
Block Statistic	4.7341161	Its P-Value	0.02156
Conclusion on Treatments Effects			
Little or no real evidences against the null hypothesis			
Conclusion on Blocks Effects			
Moderate evidence against the null hypothesis			

Estos resultados difieren con el testimonio de los productores entrevistados, quienes aseguraron que, aplicando por inmersión clorpirifos o indoxacarb en tubérculos semilla, les ha dado muy buenos resultados para el control de la polilla de la papa. Sin embargo, considerando las limitantes confrontadas, en cuanto a la disponibilidad de tubérculos semilla

para realizar el ensayo, esto amerita en una próxima investigación, manejar un mayor número de tubérculos por unidad experimental, como en el trabajo de Pittí et al. (2020).

La posible explicación del por qué no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, radica en que hubo al menos una repetición por tratamiento en la cual no se evidenció daños por polillas. Farrag (1998) y López (2008), indicaron que no es factible dejar tubérculos sin tratamiento, dado que el daño por polillas de papa puede llegar hasta un 100%; lo cual guarda relación con lo observado en el estudio, dado que la mayor afectación se observó en tubérculos sin tratar (T1). Por otro lado, si bien en el ensayo el desempeño del indoxacarb no fue el esperado, este ingrediente activo es muy eficaz para el control de otras plagas de Lepidoptera importantes, como el gusano cortador *Agrotis ipsilon* (Hufnagel, 1766) (Noctuidae) (Collantes, 2021).

La razón por la cual en este estudio se ocuparon insecticidas de síntesis y no productos microbiológicos, es porque se trata de tubérculo semilla; mientras que en el estudio de Pittí et al. (2020), se trataba de papa para consumo humano. Por otra parte, además del control químico, es meritorio considerar otras prácticas de manejo integrado, tanto en campo como en el ambiente de almacenamiento; entre las que destacan la selección de tubérculos sanos, el uso de trampas con feromona para monitoreo de la plaga, limpieza en campo y en el ambiente de almacenamiento, entre otras (CIP, s. f.).

La importancia de incorporar diversas alternativas de manejo integrado es para reducir la dependencia de plaguicidas sintéticos; lo cual aún predomina en Cerro Punta (Herrera et al., 2021). El uso irresponsable de plaguicidas puede ocasionar daños colaterales a las abejas y otros polinizadores (Martin-Culma y Arenas-Suárez, 2018); así como a otros miembros valiosos de la comunidad de artrópodos benéficos presentes en los agroecosistemas productivos (Collantes y Jerkovic, 2020; Collantes et al., 2021). Además, es importante destacar el hecho de que, al consultar con agricultores durante el desarrollo del estudio, se está dando lugar a un enfoque metodológico participativo, en el cual converge el conocimiento académico y el conocimiento social (Álava y Orellana, 2014).

Todo lo discutido previamente también guarda relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en especial con: hambre cero, salud y bienestar, agua limpia y saneamiento, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsables, vida de ecosistemas terrestres, entre otros (Naciones Unidas, 2022).

CONCLUSIONES

El uso de insecticidas para el tratamiento de semilla de papa, sigue siendo una alternativa a considerar para prevenir daños por polillas. Se observó en términos generales mejor desempeño al utilizar bifentrina + imidacloprid (T3) y terbufos (T5). Se recomienda continuar con este tipo de investigaciones, para establecer dosis adecuadas de ingredientes activos e incluir otros productos de naturaleza microbiológica, en sustitución de los plaguicidas. Esto último, a fin de reducir los posibles riesgos que conlleva para la salud humana y para el ambiente, la manipulación de insecticidas sintéticos.

AGRADECIMIENTOS

A los productores de Cerro Punta, por su tiempo y atención. Al Dr. Rubén D. Collantes G., Investigador y Docente, por la orientación brindada para el desarrollo del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álava, G., y Orellana, E. (2014). Metodologías participativas con enfoque integrador desde la complejidad. *Revista Economía y Política*, 20, 29-78.
<http://dx.doi.org/10.25097/rep.n20.2014.03>
- Arsham, H. (2015). *Two-Way ANOVA Test for the Block Designs*.
<https://home.ubalt.edu/ntsbarsh/business-stat/otherapplets/ANOVATwo.htm>
- Carpio, C., Dangles, O., Dupas, S., Léry, X., López-Ferber, M., Orbe, K., Páez, D., Rebaudo, F., Santillán, A., Yangari, B., y Zeddám, J-L. (2013). Development of a viral biopesticide for the control of the Guatemala potato tuber moth *Tecia solanivora*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 112, 184 – 191.
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2012.11.014>
- CIP (Centro Internacional de la Papa). (s. f.). *¿Cómo combatir a la polilla de la papa?* Hoja Divulgativa. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/publication%20files/fact-sheets-flyer-leaflet/003838.pdf>
- Collantes, R. (2021). *Gusano cortador (Agrotis ipsilon) que afecta los cultivos de hortalizas en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá*. Folleto No. 1, Proyecto de Investigación e Innovación en el Manejo del Cultivo de Cebolla en Tierras Altas, Chiriquí. IDIAP, Estación Experimental de Cerro Punta, Chiriquí – Panamá.
<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19587.02086>

- Collantes, R., y Jerkovic, M. (2020). Comunidad de arañas asociadas al romero en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 9-16. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.689>
- Collantes, R., Santos-Murga, A., Atencio, R., y Pittí, J. (2021). True bug *Stenomacra marginella* (Hemiptera: Largidae) associated with Mexican sunflower *Tithonia diversifolia* (Asterales: Asteraceae) in Cerro Punta, Chiriquí, Panama. *Peruvian Agricultural Research*, 3(2), 74-79. <http://dx.doi.org/10.51431/par.v3i2.704>
- Farrag, R. M. 1998. Control of the potato tuber moth, *Phthorimaea operculella* Zeller (Lepidoptera Gelechiidae) at storage. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 76, 947-952.
- Google Earth. (2022). *Ubicación geográfica de Cerro Punta*. <https://earth.google.com/web/search/8.843205,+82.554133/@8.40066304,-82.00773508,347.11566639a,204338.39152649d,35y,0.00000002h,18.16985528t,0r/data=C1gaLhIoGbml1ZC4ryFAIZkoQup2o1TAKhQ4Ljg0MzlwNSwgLTgyLjU1NDZmXgBIAEiJgokCZKfPmQrPiFAERSgicWWLyBAGfa8GeWifFTAIRSLI1epw1TA>
- 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>
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (1999). *Análisis del Sistema Producción Consumo de Hortalizas en Panamá*. Red Colaborativa de Investigación y Desarrollo de las Hortalizas para América Central, Panamá y República Dominicana. Panamá, 78 p. <http://repiica.iica.int/docs/B1209e/B1209e.pdf>
- López, E. (2008). *Efectividad del Virus Granulosis frente al ataque de Phthorimaea operculella(Zeller) en tubérculos de papa bajo condiciones de almacenamiento en el Valle del Mantaro*. [Tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María, Perú]. 104 p. <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/73/AGR-517.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, S., Rojas, A., Ospina, S., y Cerón, J. (2010). Activity of *Bacillus thuringiensis* hybrid protein against a lepidopteran and a coleopteran pest. *FEMS Microbiology Letters*, 302(2), 93-98. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2009.01821.x>
- Martin-Culma, N., y Arenas-Suárez, N. (2018). Daño colateral en abejas por la exposición a pesticidas de uso agrícola. *Entramado*, 14(1), 232-240. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2018v14n1.27113>

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>

Naciones Unidas. (2022). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pittí, M., Collantes, R., y Delgado, L. C. (2020). Control Biológico de *Phthorimaea operculella* (Zeller, 1873) y *Tecia solanivora* (Povolny, 1973) (Lepidoptera: Gelechiidae) mediante *Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* en papa almacenada en Cerro Punta, Chiriquí, Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 107-117. <http://dx.doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.701>

CARACTERIZACIÓN DE HONGOS RIZOSFÉRICOS CONTRA *PYRICULARIA* *ORYZAE* EN ARROZ

CHARACTERIZATION OF RHIZOSPHERIC FUNGI AGAINST *PYRICULARIA* *ORYZAE* IN RICE

Rito Herrera¹; Martha de Von Chong²; Jhoel Tuñón³

¹ Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. 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 Ministerio de Ambiente. Dirección de Verificación del Desempeño Ambiental. Panamá.
jtunon@miambiente.gob.pa <https://orcid.org/0000-0003-2644-3806>

Recepción: 25 de noviembre de 2022

Aprobación: 2 de abril de 2023

RESUMEN

Se tomaron muestras de la rizósfera del arroz (*Oryza sativa*) de la variedad GAB 8, en una parcela bajo la modalidad de agricultura orgánica de subsistencia. Se aislaron hongos rizosféricos determinando diferencias significativas en el total de aislamientos para las variables ciclos de cultivo, secciones de la rizósfera (sección suelo, sección raíz, mezcla de suelo+raíz), fases fenológicas (vegetativa, floración, maduración) y diluciones (10^{-1} a 10^{-7}). Se evaluó la actividad biológica (antagonismo) de hongos rizosféricos contra *Pyricularia oryzae*. Se aislaron 20 cepas fúngicas que mostraron actividad antagónica contra *P. oryzae*, 2 cepas corresponden a la especie *Aspergillus flavus*, 3 a *Aspergillus niger*, 2 a *Aspergillus spp*, 2 a *Penicillium sp* (morfofoto r1), 5 a *Penicillium sp* (morfofoto r2) y 6 a *Trichoderma sp* (los morfotipos fúngicos se identificaron molecularmente secuenciando los genes ITS). La presente investigación desarrolló la bioprospección y caracterización de hongos rizosféricos contra patógenos de cultivares de arroz, como posible alternativa al uso de fungicidas de síntesis química.

Palabras clave: arroz, rizósfera, *Trichoderma*, *Pyricularia oryzae*, *Penicillium*, *Aspergillus*.

ABSTRACT

Samples were taken from the rhizosphere of rice (*Oryza sativa*) of the GAB 8 variety, in a plot under the organic subsistence farming modality. Rhizospheric fungi were isolated, determining significant differences in the total number of isolates for the crop cycle variables, rhizosphere sections (soil section, root section, soil+root mixture), phenological phases (vegetative, flowering, maturation) and dilutions (10^{-1} to 10^{-7}). The biological activity (antagonism) of rhizospheric fungi against *Pyricularia oryzae* was evaluated. Twenty fungal strains were isolated that showed antagonistic activity against *P. oryzae*, 2 strains correspond to the species *Aspergillus flavus*, 3 to *Aspergillus niger*, 2 to *Aspergillus spp*, 2 to *Penicillium sp* (morphotype r1), 5 to *Penicillium sp* (morphotype r2) and 6 to *Trichoderma sp* (fungal morphotypes were molecularly identified by sequencing the ITS genes). The present investigation developed the bioprospecting and characterization of rhizospheric fungi against pathogens of rice cultivars, as a possible alternative to the use of chemical synthesis fungicides.

Keywords: rice, rhizosphere, *Trichoderma*, *Pyricularia oryzae*, *Penicillium*, *Aspergillus*.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades son una de las limitantes al aumento de la productividad de arroz en los trópicos, restringen la expansión de las áreas de cultivo y aumentan los costos por insumos en el sembrado. Aunque el arroz crece en amplio rango de condiciones -incluyendo planicies altas secas los agroecosistemas de arroz más productivos son las planicies bajas irrigadas, el resultado final es que las zonas más productivas son también las más vulnerables a las pérdidas causadas por roedores, insectos, hongos, bacterias y virus. (Barrera, 2015)

Su cultivo intensivo es afectado por numerosos factores bióticos, destacándose particularmente los agentes infecciosos, incluyendo virus, bacterias y hongos, así como plagas por diversas especies de artrópodos. Es por ello, que se requieren estudios bioprospectivos que aprovechen la diversidad y abundancia de los recursos genéticos microbianos para disminuir el uso de plaguicidas de síntesis química como es el caso de los fungicidas, lo cual se enmarca en una producción agrícola más amigable con el ambiente.

Entre las principales enfermedades del este cultivo en Panamá tenemos las causadas por agentes patógenos como la *Pyricularia grisea*, *Rhizoctonia* spp, virus de la hoja blanca, *Helminthosporium* spp, *Rhynchosprium* spp, *Cercospora* spp, *Sarocladium* spp. Además de las enfermedades provocadas por bacterias como la *Xanthomonas* spp, *Pseudomonas* spp y *Burkholderia* spp (MIDA, 2015).

P. oryzae es un hongo microscópico, perteneciente al grupo de los ascomicetos, causante de la periculariosis o tizón de la panícula del arroz. *P. oryzae* posee conidióforos generalmente epífitos, con el extremo redondeado, algo estrecho en la base, septados hacia su parte inferior y muy poco o no septados hacia arriba, coloración grisácea; conidios obclavados o piriformes, aguzados en el extremo y con base truncada o presentando un pequeño apéndice casi siempre con 2 septos, ligeramente oscuros, traslúcidos; más de un conidio puede formarse sobre el conidióforo; el número de conidio oscila entre 1 y 20. El tamaño de los conidios varía según los diferentes organismos aislados y según las condiciones ambientales (Barrera, 2015).

El conidio forma apresorios en el extremo del tubo germinativo, los cuales varían la forma y tamaño, y tienen generalmente paredes delgadas con un diámetro entre 5 y 15 μm , globosos, ovoides u oblongo. La temperatura óptima para el crecimiento del micelio es de 28 °C aproximadamente, aunque este puede crecer a temperaturas de 8 hasta 37°C, con un óptimo de óptimo de 28 °C. La temperatura óptima para la germinación del conidio oscila entre 25 y 28 °C, los conidios se forman sobre las lesiones en la planta de arroz solo cuando la humedad relativa del aire oscila entre 92 y 96%. El micelio crece mejor cuando hay un 93% de humedad del aire. La luminosidad influye de forma variable sobre la actividad fisiológica del hongo. La esporulación es estimulada por periodos alternos de luz y oscuridad y la diseminación de los conidios ocurre mayormente durante la noche. El crecimiento del micelio aumenta con la disminución de la luz, la luz solar suprime la germinación del conidio. El nombre del estado anamorfo *P. oryzae* se ha usado para el hongo que aparece en el arroz, diferenciándolo de *P. grisea* que se encuentra en otros cereales y gramíneas (Aproscello, 2013).

La Periculariosis fue reportada por primera vez en Japón 1704, en general, se distinguen dos períodos críticos en los cuales las plantas de arroz son más susceptibles: 35-40 días de edad del cultivo y en floración (Barrera, 2015). El hongo *P. oryzae* tiene un ciclo de vida corto en

la planta y por tanto múltiples infecciones se pueden llevar a cabo en un campo infectado por este patógeno. El hongo penetra por la hoja gracias a una estructura de forma semiesférica denominada apresorio. Debido a una gran presión (aproximadamente 8 MPa) ejercida sobre la superficie de la hoja, el hongo es capaz de penetrar en la planta. Una vez dentro crece de una manera biotrófica, es decir, sin afectar demasiado al crecimiento de la planta y sin matar a las células vegetales. Al cabo de unos tres días los efectos del hongo sobre la hoja comienzan a ser visibles y a generar lesiones debido a la necrosis o muerte de las células de la hoja. En ese punto, realmente podemos decir que el hongo empieza a matar a la planta y se alimenta de los restos de las células vegetales muertas (Rodríguez, 2016).

Este estadio de crecimiento se denomina necrotrófico; finalmente, a los seis o siete días, el hongo emerge del tejido vegetal y de cada lesión se generan miles de esporas al día durante dos semanas. Las esporas se diseminan por viento o agua y están listas para iniciar un nuevo ciclo de infección. Durante todo este proceso se produce una merma importante en el cultivo pudiendo afectar severamente la producción de los granos de arroz (IICA, 2009).

Dependiendo en la época o parte de la planta donde se produce el ataque, la severidad puede ser variable. Las lesiones que produce el hongo en las hojas son de forma alargada, de color marrón uniforme. Más adelante presenta centros grisáceos y bordes de color marrón. También puede producir daños en los nudos, en diferentes partes de la panícula y en los granos. En muchas ocasiones, los granos terminan vacíos o deficientemente llenos y grisáceos (Quesada y García, 2014).

Los ataques en la panícula son los más importantes puesto que la rentabilidad de la inversión requerida para la explotación de este cereal tiende a reducirse sustancialmente por la baja en la calidad y cantidad de la cosecha. No obstante, las mermas por infecciones foliares pueden incidir en los rendimientos, debido a que los daños provocan reducciones tanto en el número de macollas como en la altura de las plantas, llegando inclusive hasta la muerte parcial o total de las mismas. Como consecuencia de esta reducción del área foliar, se crean condiciones propicias para la invasión violenta de malezas que compiten con el cultivo (Barrera, 2015). Dependiendo de la variedad y las condiciones predisponentes, las pérdidas ocasionadas por la infección pueden llegar a reducir en más de un 65% los rendimientos en la producción de granos de arroz (Rodríguez, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Colecta de campo

La colecta de las muestras (estudio de bioprospección biológica) se realizó en la localidad de Los Torres, corregimiento de Cabuya, distrito de Antón, provincia de Coclé, República de Panamá, próximo a las coordenadas UTM (Datum WGS84) 591369.06 m E; 943492.28 m N. La mayoría de los productores de arroz de esta zona, se dedican a la agricultura de subsistencia, bajo la modalidad de cultivos orgánicos, asesorados por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (Yau, comunicación oral, 2016). En el campo se tomarán muestras de suelo para su análisis fisicoquímico. El muestreo se efectuó en una parcela de 10 m²) cultivada con arroz, variedad **GAB 8** bajo el sistema de agricultura de subsistencia (sustento del dueño de la finca y su familia). El sitio de muestreo fue seleccionado para la bioprospección de hongos, pues presenta certificación de agricultura orgánica emitida por la alemana BioLatina S.A. Se partió del supuesto, de aislar una mayor cantidad y diversidad de microorganismos (posibles antagonistas) de un suelo que ha tenido un manejo libre de agroquímicos y/o fertilizantes de síntesis química.

2. Procesamiento de muestras

En esta etapa se procesaron las muestras de la rizósfera de las plantas de arroz, aislando hongos; se evaluó *in vitro* el potencial antagónico de los aislamientos bacterianos ante el hongo fitopatógeno (*Pyricularia oryzae*). Se identificaron las cepas con mayor potencial de inhibición y se realizó la conservación criogénica de estos hongos. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología del Centro Regional Universitario de Coclé-Universidad de Panamá.

De cada una de las plantas colectadas se separaron la parte aérea de la basal; la zona rizosférica fue dividida en tres secciones: **la exorrizosfera** o suelo rizosférico que representamos con la letra “S”, **la raíz** que involucra tanto la endorizosfera y rizoplano, representada con la letra “R” y **una mezcla de suelo rizosférico con raíces** “S+R”. A partir de cada sección se pesaron 30 g de la muestra, para luego homogenizarlas en 100 ml de agua peptonada. Las suspensiones fueron colocadas en un homogenizador seward® a 200 RPM por 1 min, luego de 5 min para luego ser inoculadas en platos Petri con medio de cultivo

como agar papa dextrosa, agar V8 y agar extracto de malta. Es importante destacar que en el estudio se incluyen los estados fenológicos de vegetativo, reproductivo y de maduración.

3. Aislamiento, pruebas de antagonismo in vitro e identificación de hongos rizosféricos del cultivo de arroz (*Oryza sativa*)

3.1. Aislamiento de hongos rizosféricos

Se realizaron diluciones seriadas a partir de la muestra de 30 g tomados de cada una de las secciones de la rizósfera. La siembra se realizó por duplicado, incubando a temperatura ambiente alternando 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad (Chaves, comunicación oral, 2016).

3.2. Pruebas de antagonismo in vitro de los hongos aislados de la rizósfera frente *P. oryzae*.

Las cepas fúngicas aisladas de la rizósfera clasificadas por género y morfotipos, fueron repicadas en platos Petri con medio PDA e incubadas durante siete días, a 28 °C, alternando 18 horas de luz y seis de oscuridad. Seguidamente, se empleó el método de cultivo dual (Quirós *et al.* 2014; Castellano, 2002), se colocaron un disco de 7 mm de diámetro colonizado con cada uno de los hongos rizosféricos aislados e identificados. En sentido opuesto a 15 mm del centro del plato, se colocaron un disco colonizado de 7 mm con el patógeno *P. oryzae*, para cada cepa fúngica se hicieron 3 réplicas. Para el caso del primer control se colocaron un disco del patógeno en el centro del plato con PDA y para el segundo, se colocó un disco (7 mm) del hongo aislado en PDA, con el fin de determinar el crecimiento sin competencia (Castellano, 2002).

3.3. Identificación de hongos con actividad antagónica

Las cepas fúngicas con características macroscópicas similares se agruparon 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

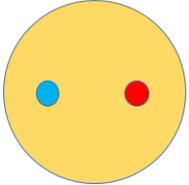
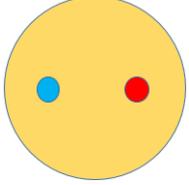
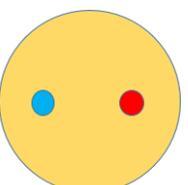
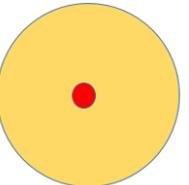
observaron las estructuras microscópicas y se clasificaron por géneros. Posteriormente, para su identificación molecular se amplificaron por PCR convencional los genes (ITS) y se secuenciaron con el fin de determinar la especie de hongo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las cepas fúngicas aisladas de la rizósfera clasificadas por género y morfotipos, fueron repicadas en platos Petri con medio PDA e incubadas durante siete días, a 28 °C, alternando 18 horas de luz y seis de oscuridad (Chaves, comunicación oral, 2016). Seguidamente, se empleó el método de cultivo dual (Quirós *et al.*, 2014 y Castellano, 2002); se colocó un disco de 7 mm de diámetro colonizado con cada uno de los hongos rizosféricos aislados e identificados. En sentido opuesto a 15 mm del centro del plato, se colocó un disco colonizado de 7 mm con el patógeno *P. oryzae.*, para cada cepa fúngica se hicieron 3 réplicas. Para el caso del primer control se colocó un disco del patógeno en el centro del plato con PDA y para el segundo, se colocó un disco (7 mm) del hongo aislado en PDA, con el fin de determinar el crecimiento sin competencia (Tabla 1).

Tabla 1.

Esquema de las pruebas de antagonismo in vitro entre las cepas fúngicas aisladas y P. oryzae.

Enfrentamientos				
Replica 1	Replica 2	Replica 3	Controles	Observación
  <p>Plato Petri con medio PDA</p>  <p>Disco de la cepa fúngica aislada de la rizósfera</p>  <p>Disco de la cepa de <i>P. oryzae</i></p>	  <p>Plato Petri con medio PDA</p>  <p>Disco de la cepa fúngica aislada de la rizósfera</p>  <p>Disco de la cepa de <i>P. oryzae</i></p>	  <p>Plato Petri con medio PDA</p>  <p>Disco de la cepa fúngica aislada de la rizósfera</p>  <p>Disco de la cepa de <i>P. oryzae</i></p>	<p><i>Control 1</i></p>  <p>Se colocó un disco de 5mm del fitopatógeno <i>P.oryzae</i> en un plato Petri con medio PDA.</p>  <p>Plato Petri con medio PDA</p>  <p>Disco de la cepa de <i>P. oryzae</i></p>	<p>Se marca una línea divisoria (centro del plato Petri), para observar la invasión del espacio de cada microorganismo.</p> <p>Se tomará la medida del crecimiento micelial del patógeno <i>Pyricularia</i> y se calcula el porcentaje de inhibición con la formula</p> $PICR = \frac{R1 - R2}{R1} \cdot 100$ <p><i>R1</i></p> <p>Donde R1 es el radio mayor (radio patógeno-testigo) y R2 es el radio menor (radio del patógeno en cultivo dual).</p> <p>Los tratamientos se incuban a temperatura ambiente. Las mediciones se realizan los días</p>

<p>Método: Cultivo dual</p> <p>-En PDA, se sembrará un disco (5 mm) del hongo aislado a 15 mm del centro del plato,</p> <p>-En el sentido opuesto también a 15 mm del centro, se colocará un disco de 5 mm de diámetro del patógeno <i>Pyricularia</i>.</p>	<p>Control 2</p>  <p>Se colocó un disco de 5mm de la cepa fúngica aislada de la Rizósfera en un plato Petri con medio PDA.</p>  <p>Plato Petri con medio PDA</p> <p>Disco de la cepa fúngica aislada de la rizósfera.</p>	<p>3, 5 y 8 posterior al montaje de los enfrentamientos.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------

Las mediciones para considerar se tomaron en cuenta a partir del tercer, quinto y octavo día posterior a la siembra, calculando el índice de inhibición, mediante la fórmula

$$PICR = \frac{R1 - R2}{R1} \cdot 100$$

Donde R1 es el radio mayor (radio patógeno-testigo) y R2 es el radio menor (radio del patógeno en cultivo dual). (Quirós *et al.*, 2014.)

El criterio seleccionado para determinar el potencial antagónico según el porcentaje de inhibición fue tomado según la metodología propuesta por Quirós *et al.*, 2014, así:

Negativo: ausencia de zona de inhibición o un porcentaje menor de 10% y crecimiento normal de la colonia fúngica, de forma similar al control.

Baja: ausencia de zona de inhibición o con un porcentaje entre 10–39% y con disminución en el crecimiento de la colonia fúngica.

Media: ausencia de zona de inhibición o un porcentaje entre de 40–69% y con disminución en el crecimiento de la colonia fúngica.

Positivo: presencia de zona de inhibición definida o en un porcentaje entre 70–100%.

Extracción de ADN e identificación molecular de hongos rizosféricos

Se mezclaron por separado 100 mg de diferentes micelios fúngicos con 1 ml de tampón de extracción de ADN (DEB) que contiene proteinasa K (0,05 mg / ml) y se maceró en un mortero estéril. El extracto resultante se dispensó en un tubo Eppendorf de 1,5 ml. 50 µl de dodecil sulfato de sodio al 20% (SDS) se añadieron al tubo y se incubó en un baño de agua a 65 ° C durante 30 min. Los tubos se dejaron enfriar temperatura ambiente antes de añadir 100 µl de acetato de potasio 7,5 M y se centrifugaron a 13000 rpm durante 10 min. Los sobrenadantes se transfirieron a nuevos tubos recién esterilizados en autoclave a los que se agregaron 2/3 volúmenes de isopropanol frío y alcohol isopropílico. Los tubos se invirtieron suavemente 3-5 veces antes de incubar a -20 ° C durante 1 hora. A partir de entonces, los tubos se centrifugaron a 13000 rpm durante 10 min y se descartó el sobrenadante. Se agregaron 500 µl de etanol al 70% encada tubo y se centrifugó durante 5 min a 13000 rpm antes de desechar cuidadosamente el sobrenadante con el sedimento de ADN intacto. Se eliminaron las trazas de etanol antes de secar los sedimentos de ADN a 37 ° C durante 10-15 min. Los gránulos de ADN fueron resuspendido en 50 µl de tampón Tris-EDTA (TE) (Awa y Oguntade, 2015).

Se Amplificó por PCR el gen de ARNr 5.8S y región espaciadora transcrita interna ITS que flanquea ITS1, 5.8S (ITS 1: 5 'TCC GTA GGT GAA CCT GCG G 3' e ITS 4: 5 'TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC 3'). Las condiciones de la PCR incluyeron un ciclo de desnaturalización inicial a 94°C durante 5 min, seguido de 35 ciclos (cada ciclo compuesto por 30 s) de desnaturalización a 94°C. El recocido de los cebadores se realizó a 55 °C durante 30 s, seguido de 1,5 min., extensión a 72 °C y una extensión final de 7min a 72°C. El segmento del gen ITS amplificado a partir de los aislados fue secuenciado en ambas direcciones a partir de productos purificados. Las muestras de ADN de PCR se secuenciaron en ambas cadenas mediante electroforesis en un ABI (secuenciador capilar de ADN automatizado). Las secuencias generadas se analizaron utilizando el software de análisis de secuenciación BioEdit 7.2.5. Las identidades de los aislamientos se confirmaron mediante NCBI / BLAST (Awa y Oguntade, 2015).

Los hongos identificados se criopreservaron en glicerol al 30% y posteriormente fueron ultracongelados a -80 °C.

Las cepas fúngicas con características macroscópicas similares se agruparon en morfotipos para su identificación taxonómica, se empleó la técnica de microcultivo en cámara húmeda incubando 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 clasifico por géneros.

Durante la prospección de hongos de la rizósfera del arroz, se evaluaron diferencias significativas en cuanto al número total de aislamientos para las variables ciclo de cultivo, fase fenológica, sección de la rizósfera y diluciones, se presentan las diluciones donde aislaron los hongos durante el estudio (Tabla 2).

Tabla 2.

Variables evaluadas en la prospección de hongos de la rizósfera del arroz.

CICLO DE CULTIVO	FASE FENOLÓGICA	SECCIÓN DE LA RIZOSFERA	DILUCIONES
1. Primer Ciclo (Agosto-diciembre 2016)	1. Fase vegetativa	1. Suelo	10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³
	2. Fase de floración	2. Suelo+Raíz	10 ⁻⁴
2. Segundo Ciclo (mayo-septiembre 2017)	3. Fase de maduración	3. Raíz	10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷

Durante la prospección de hongos rizosféricos se obtuvo un total de 112 aislamientos. Los datos obtenidos (ciclo de cultivo, fase fenológica, sección de la rizósfera y diluciones) cumplen los supuestos de normalidad, las variables empleadas explican en un 24% la presencia de hongos en la rizósfera del arroz (Tabla 3). En los tres estados fenológicos se obtuvo aislamientos de hongos.

Tabla 3. Resumen de Ajuste-Datos de la prospección de hongos rizosféricos.

Resumen del ajuste	
R cuadrado	0.310006
R cuadrado ajustado	0.243427
Raíz del error cuadrático medio	0.65621
Media de respuesta	0.569426
Observaciones (o suma de pesos)	126

Se realizó un análisis de varianza para el total de hongos aislados de la rizósfera (112), observando que existieron diferencias significativas entre los ciclos de cultivo y las diluciones empleadas, mientras que no existieron diferencias significativas entre las distintas secciones de la rizósfera y las fases fenológicas (Tabla 4).

Tabla 4.

Análisis de varianza para el total de hongos aislados de la rizósfera del arroz.

Análisis de varianza							
<i>Fuente</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de</i>	<i>Media de los cuadrados</i>	<i>de</i>	<i>los</i>	<i>Razón F</i>
Modelo	11	22.055378		2.00503			4.6563
Error	114	49.089666		0.43061			Prob > F
C. Total	125	71.145044					<.0001

Prueba de efectos							
<i>Fuente</i>	<i>N parámetros</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>de</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>de</i>	<i>Razón F</i>	<i>Prob > F</i>
Ciclo de Cultivo	1	1		2.975785		6.9106	0.0097
Fase fenológica	2	2		0.387545		0.45	0.6388
Sección de la rizósfera	2	2		0.898724		1.0435	0.3555
Dilución	6	6		17.793325		6.8869	<.0001

Dilución

Nivel			Media
10-2	A		1.777778
10-1	A		1.5
10-3	A		1.5
10-4	A	B	0.666667
10-5		B	0.277778
10-6		B	0.277778

En el Tabla 5 se observa que la dilución 10^{-2} aportó la mayor cantidad de hongos aislados de la rizósfera del arroz, mientras que en el segundo ciclo se aisló la mayor cantidad de hongos rizosféricos.

Tabla 5.*Estimación de parámetros-Prospección de hongos rizosféricos.*

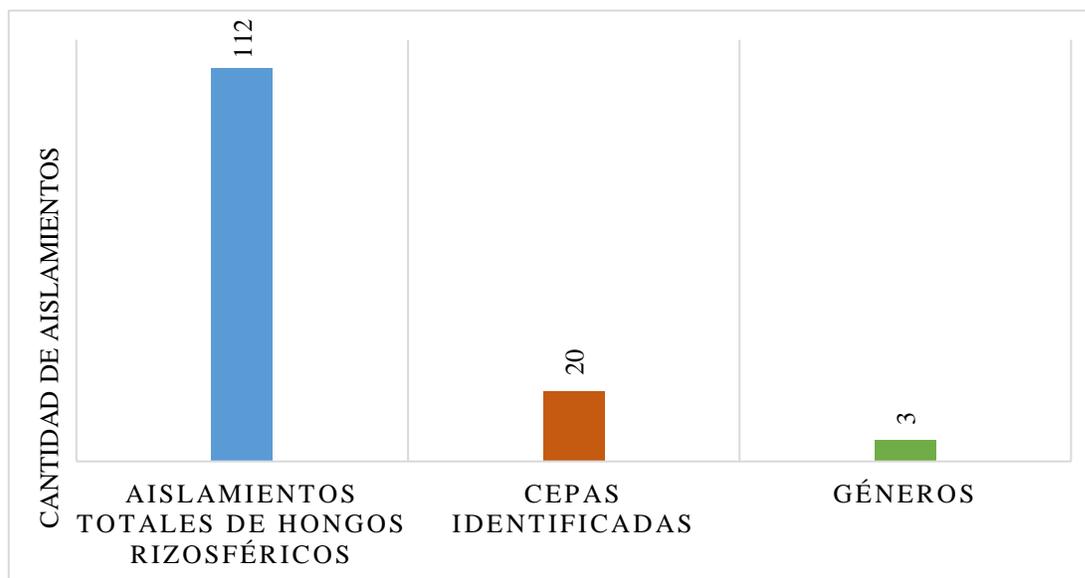
<i>Término</i>	<i>Estimación</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Razón t</i>	<i>Prob > t </i>
Constante del modelo	0.5694257	0.05846	9.74	<.0001
Ciclo de cultivo [Primer ciclo]	-0.153679	0.05846	-2.63	0.0097
Fase fenológica[floración]	0.0338668	0.082675	0.41	0.6828
Fase fenológica[maduración]	0.0443316	0.082675	0.54	0.5929
Sección de la rizósfera[raíz]	-0.119438	0.082675	-1.44	0.1513
Sección de la rizósfera[suelo]	0.059971	0.082675	0.73	0.4697
Dilución [10 ⁻¹]	0.3966245	0.143197	2.77	0.0066
Dilución [10 ⁻²]	0.4982038	0.143197	3.48	0.0007
Dilución [10 ⁻³]	0.3722066	0.143197	2.6	0.0106
Dilución [10 ⁻⁴]	-0.141273	0.143197	-0.99	0.3259
Dilución [10 ⁻⁵]	-0.356735	0.143197	-2.49	0.0142
Dilución [10 ⁻⁶]	-0.356735	0.143197	-2.49	0.0142

Podemos señalar que posiblemente la materia orgánica desempeña un papel relevante en la cantidad y diversidad de géneros fungicos aislados de la rizósfera, debido a que los hongos utilizan la materia orgánica en descomposición como fuente de energía, un % MO bajo puede influir directamente en el desarrollo de los mismo. Castellano (2002) señaló que en suelos en donde la carencia de materia orgánica es alta, la extracción de microorganismos por medio de las trampas de arroz es muy baja.

De los 112 aislamientos, 20 cepas se lograron identificar como antagonistas significativos de *P. oryzae*, agrupados en 3 géneros (Figura 1).

Figura 1.

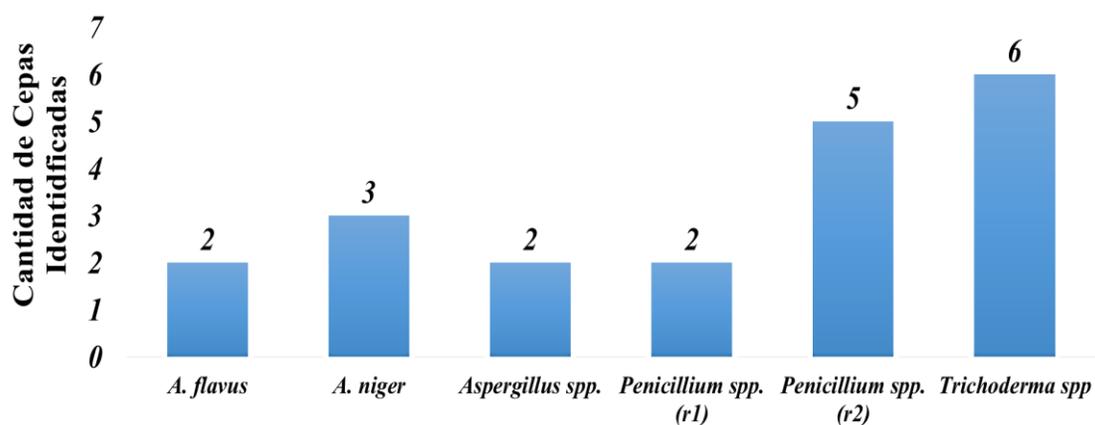
Prospección de hongos rizosféricos aislados. En total se lograron aislar 112 cepas fúngicas.



Del género *Aspergillus*, 2 cepas corresponden a *A. flavus*, 3 a *A. niger*, 2 a *Aspergillus spp.*; del género *Penicillium*, 2 cepas corresponden a *P. sp (morfo tipo r1)*, 5 a *P. spp. (morfo tipo r2)* y 6 cepas corresponden al género *Trichoderma spp.* (Figura 2).

Figura 2.

Géneros fúngicos con capacidad antagonica contra P. oryzae.



El R cuadrado ajustado (Tabla 6) nos indica que las variables involucradas en el modelo para las pruebas de antagonismo *in vitro*, explican en un 23% la inhibición del patógeno, por parte de los géneros fúngicos aislados en la rizósfera del arroz.

Tabla 6.

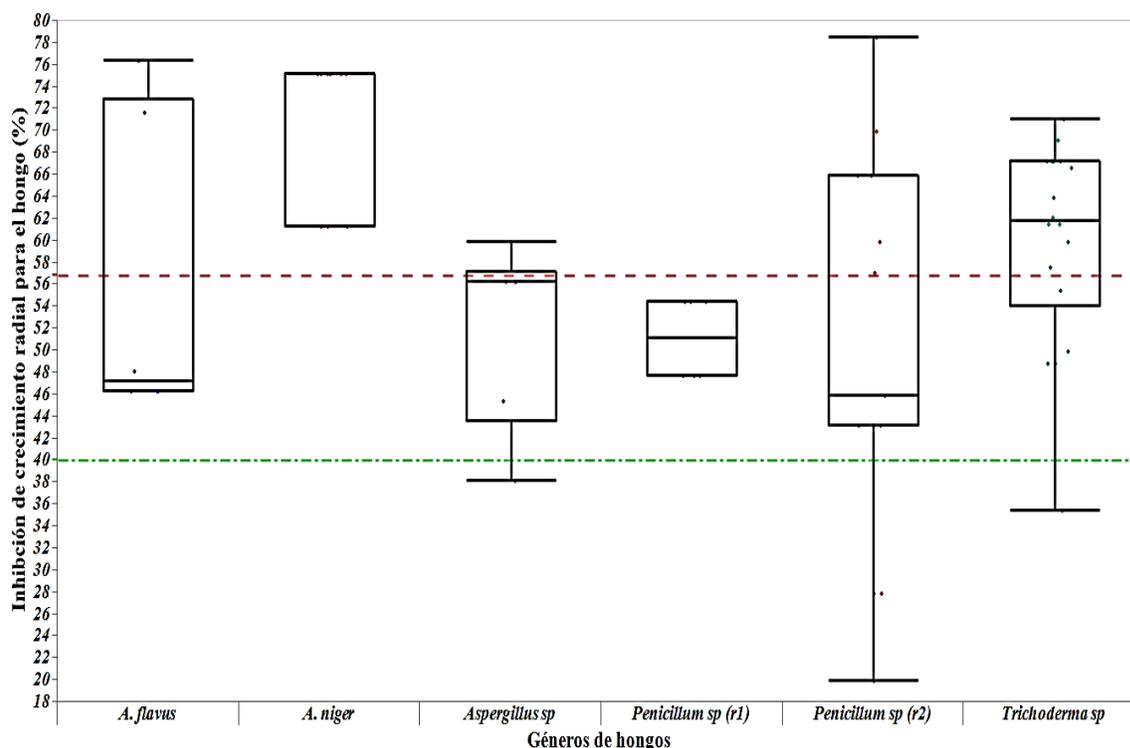
Análisis de varianza de 1 Factor

R cuadrado	0.301051
R cuadrado ajustado	0.236333
Raíz del error cuadrático medio	11.56835
Media de respuesta	56.87277
Observaciones (o suma de pesos)	60

En el gráfico caja barra (Figura 3) se observa que una de las cepas del género *Trichoderma spp*, posee la mediana por arriba del valor promedio (56.87) por lo que correspondería a la cepa con mejor poder inhibitorio.

Figura 3.

Diagrama de caja barras de las cepas identificadas. La línea roja representa el promedio del PCIR para las cepas con capacidad antagonica a P. oryzae. La línea verde corresponde al criterio utilizado para seleccionar los hongos como antagonistas positivos (PCIR ≥ 40 %).



Para comprobar lo mencionado, se efectuó un análisis de varianza (Tabla 7), para los valores de % de inhibición (a los 8 días) entre las cepas identificadas con capacidad antagonica frente a *P. oryzae*, observando que el porcentaje de inhibición promedio más elevado entre las cepas pertenece al género *A. niger*, siendo este, el género fúngico que en promedio actúa como mejor antagonista del patógeno *P. oryzae*.

Tabla 7.

Análisis de varianza-Cepas fúngicas identificadas con capacidad antagonica.

<i>Fuente</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Media de los cuadrados</i>	<i>Razón F</i>	<i>Prob > F</i>
Género 1	5	3112.649	622.53	4.6518	0.0013
Error	54	7226.642	133.827		
C. Total	59	10339.291			

<i>Nivel</i>	<i>Número</i>	<i>Media</i>	<i>Error estándar</i>	<i>Extremo inferior del IC al 95%</i>	<i>Extremo superior del IC al 95%</i>
<i>A. flavus</i>	6	55.9594	4.7228	46.491	65.428
<i>A. niger</i>	9	70.6723	3.8561	62.941	78.403
<i>Aspergillus spp.</i>	6	52.1212	4.7228	42.653	61.59
<i>Penicillium spp.</i>	6	51.1818	4.7228	41.713	60.65
<i>(R1)</i>					
<i>Penicillium spp.</i>	15	49.2386	2.9869	43.25	55.227
<i>(R2)</i>					
<i>Trichoderma spp.</i>	18	60.1201	2.7267	54.653	65.587

Se realizó la prueba de Tukey-Kramer (Tabla 8) para comparar el promedio de inhibición de los géneros identificados a los 8 días de enfrentamiento, resultando *A. niger*, *Trichoderma sp* y *A. flavus* con poder inhibitorio similares, diferenciándose del resto de las cepas.

Tabla 8.

Prueba de Tukey Kramer para las cepas fúngicas identificadas.

Nivel			Media
	<i>A. niger</i>	A	70.672269
	<i>Trichoderma spp.</i>	A B	60.120133
	<i>A. flavus</i>	A B	55.959384
	<i>Aspergillus spp.</i>	B	52.121212
	<i>Penicillium spp. (R1)</i>	B	51.181818
	<i>Penicillium spp. (R2)</i>	B	49.23861

Los géneros identificados con potencial antagonico frente a *P. oryzae*, son similares a los géneros fúngicos aislados del suelo reportados en varias publicaciones. Arias y Piñeros, (2008), observaron que, en los suelos evaluados, los aislamientos más comunes de hongos pertenecían al género *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* Por su parte Pacasa-Quisbert, (2017), aislaron 44 especies de hongos filamentosos de suelo, el género *Penicillium* fueron los más abundantes (8), seguido de *Alternaria* (3) *Rhizopus* y *Mucor* (1), *Fusarium* (1) y *Trichoderma* (1).

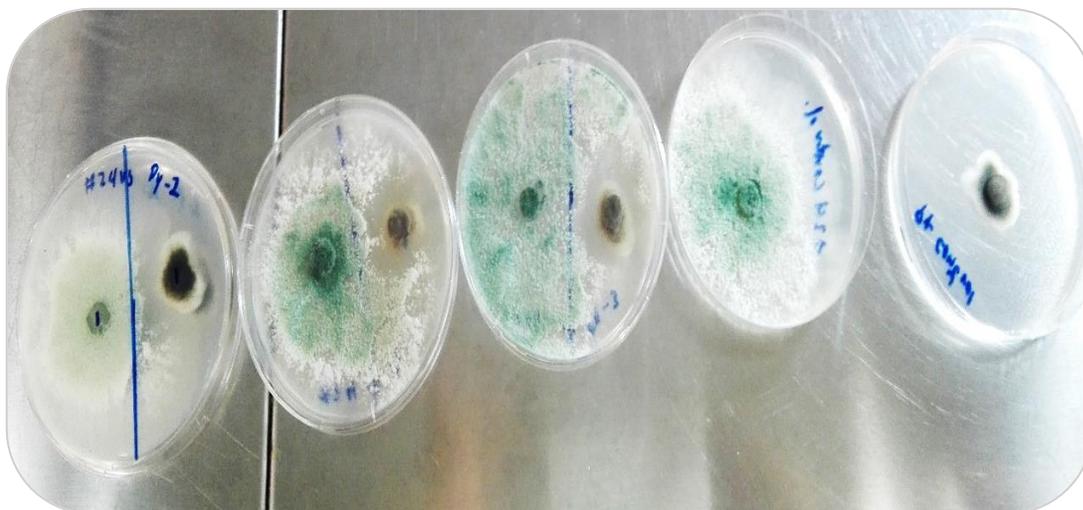
Desde los géneros identificados que inhiben el crecimiento de *P. oryzae*, podemos mencionar que el género *Trichoderma spp.* es uno de los más estudiados como controlador biológico de fitopatógenos de importancia agrícola. Las especies del género *Trichoderma spp.*, se destacan entre las más utilizadas para el biocontrol de patógenos fúngicos (Infante *et al.*, 2009).

La aplicación de materia orgánica y *Trichoderma sp* en 7 variedades de arroz, sembrados fuera de la época de siembra (febrero), para evaluar la incidencia de *B. glumae*, se obtuvieron los mejores rendimientos promedios, cuando se hizo aplicación de *Trichoderma* al suelo. Igualmente se encontró que la incidencia de la bacteria fue menor en el tratamiento de *Trichoderma* + materia orgánica esto debido a que el hongo *Trichoderma* ejerce un efecto antagonico sobre patógenos del suelo como *Rhizoctonia* y *Sarocladium*, favoreciendo la sanidad y vigor de la planta de arroz (Castellano, 2002).

En promedio las cepas del género *Trichoderma* inhibieron el crecimiento de *P. oryzae* (Figura 4) en un 60% a los 8 días de observación. En este sentido, Pérez y Chamorro (2012), hicieron referencias respecto al antagonismo de *T. harzianum* sobre *P. grisea* manifestando que a las 96 h la cepa alcanzó un PICR del hongo fitopatógeno de 93.1 % y a partir de las 120 h se alcanzó un 100 % de capacidad antagonista.

Figura 4.

Prueba de antagonismo *in vitro* *Trichoderma* spp. vs *P. oryzae*. Observación a los 5 días. De izquierda a derecha: Réplica 1, Réplica 2, Réplica 3; Control 1; Control 2.



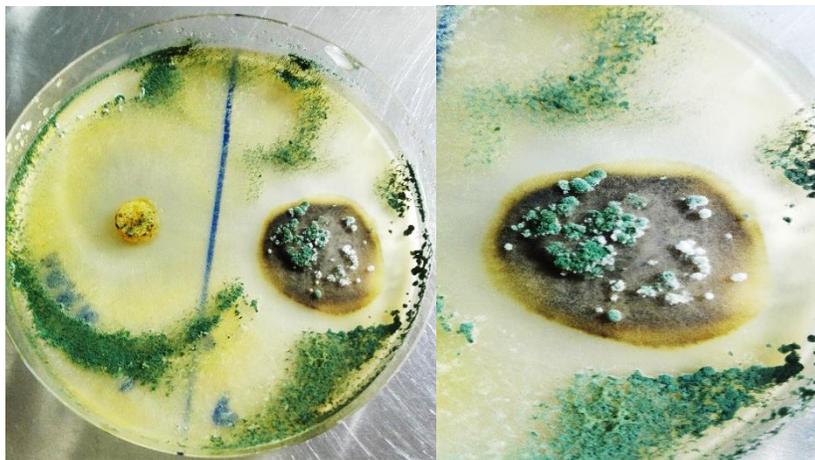
Podemos inferir que los mecanismos de acción de las cepas de *Trichoderma* spp, aisladas de la rizósfera del arroz es por competencia y micoparasitismo, ya que se observó la reducción de espacio por parte de *Trichoderma* spp, posiblemente al aprovechar los nutrientes del medio de cultivo más eficientemente por contar con una velocidad de crecimiento mayor. Infante *et al.* (2009), sostiene que *Trichoderma* está biológicamente adaptado para una colonización agresiva de los sustratos y en condiciones adversas para sobrevivir, fundamentalmente, en forma de clamidosporas. La alta velocidad de crecimiento, abundante esporulación y la amplia gama de sustratos sobre los que puede crecer, debido a la riqueza de enzimas que posee, hacen que sea muy eficiente como saprófito y aún más como agente de control biológico.

De igual forma, se observó la colonización de *P. oryzae* por esporas de *Trichoderma* spp. (Figura 5), quien posiblemente utiliza las enzimas extracelulares generadas por el

fitopatógeno. Infante *et al.* (2009) indica que *Trichoderma* durante el proceso de micoparasitismo crece quimiotrópicamente hacia el hospedante, se adhieren a las hifas de este, se enrollan en ellas frecuentemente y las penetran en ocasiones. La degradación de las paredes celulares del hospedante se observa en los estados tardíos del proceso parasítico, que conlleva al debilitamiento casi total del fitopatógeno.

Figura 5.

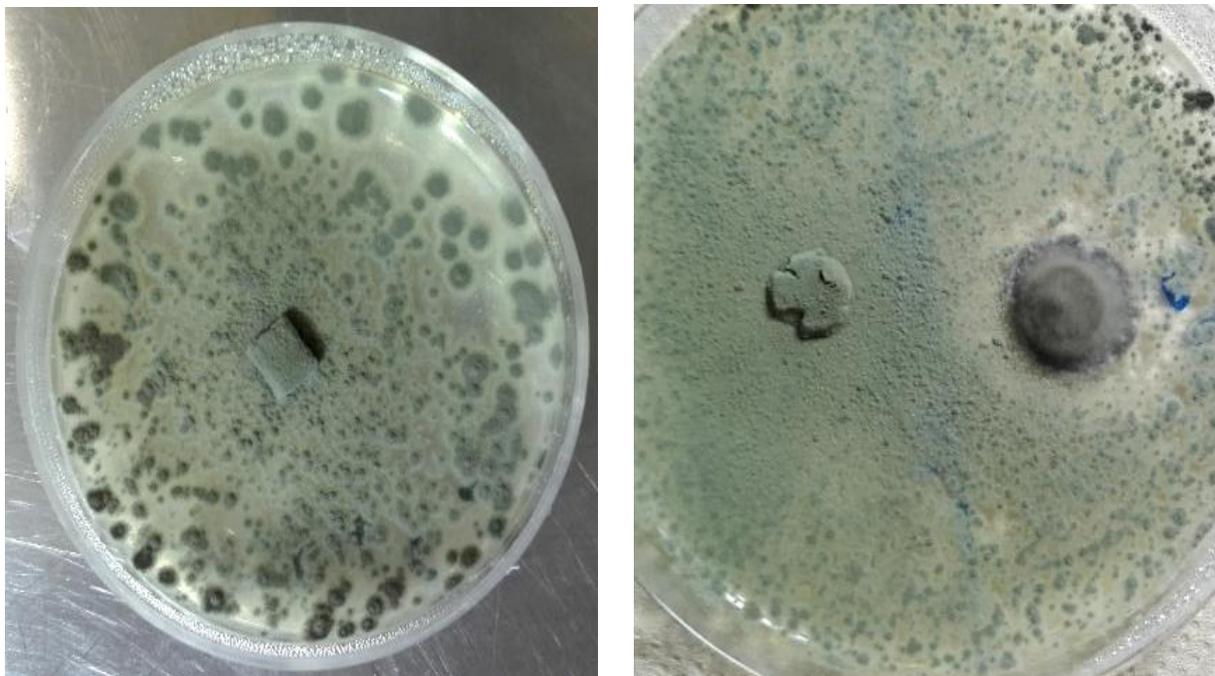
Micoparasitismo de Trichoderma sp. sobre P.oryzae.



Se obtuvieron dos cepas fúngicas del género *Penicillium* (Figura 6 y 7), identificadas como *Penicillium spp. (morfotipo r1)* con un PCIR a los 8 días de 47% y formaba micelio polvoriento y *Penicillium spp. (morfotipo r2)* formando micelio con apariencia algodonosa y con un PCIR de los 8 días de 51%. Ambas cepas de *Penicillium spp.* en los enfrentamientos duales frente a *P. oryzae* (Figura 6 y 7) mostraron un crecimiento/ desarrollo superior al fitopatógeno por lo que posiblemente el mecanismo de acción sea por competencia de nutrientes.

Figura 6.

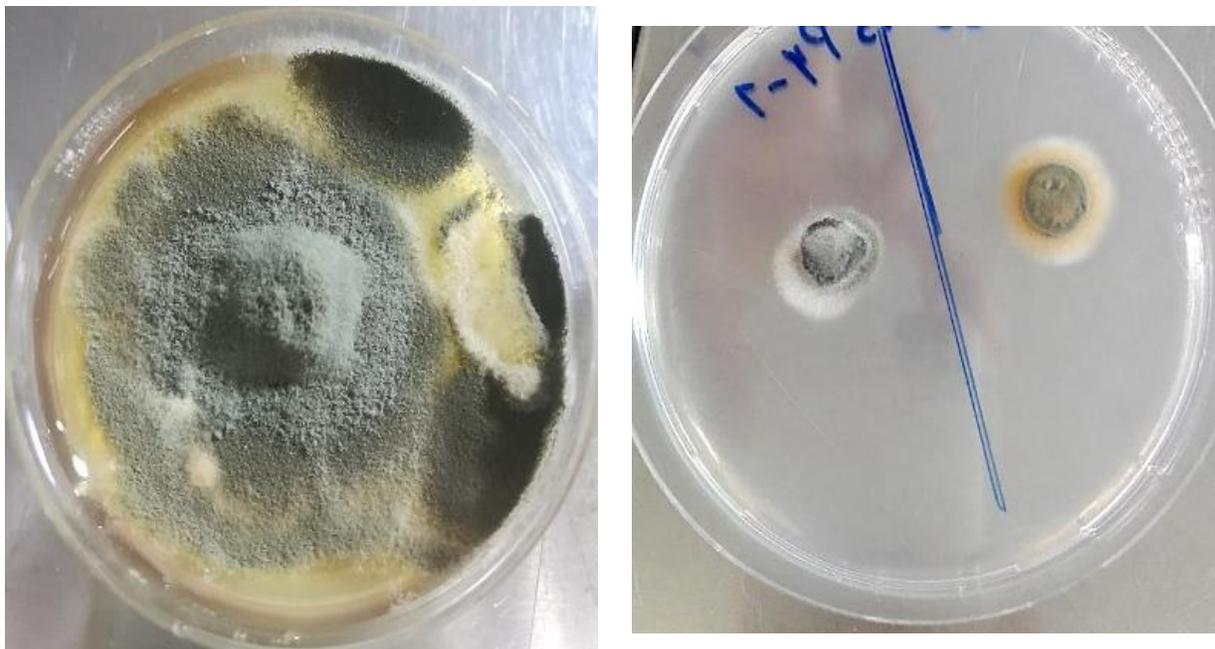
Izquierda: Cepa de *Penicillium spp.* (r1) apariencia polvorienta. Derecha: Enfrentamiento dual frente *P. oryzae* a los 8 días de observación.



La mayoría de las especies del género *Penicillium spp.*, destacan, principalmente, porque son hongos de almacén. Son los causantes de las “podredumbres azules o verdes” en cítricos, frutos de hueso y de pepita, uvas, melones, higos, cebollas, y hortalizas en general. No obstante, se pueden destacar trabajos realizados por el INIA de Madrid, sobre una cepa de *P. oxalicum* que actúa como antagonista de distintas cepas de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* que causan la fusariosis vascular del tomate. Respecto al efecto bicontrolador de *Penicillium*, en ellas se demuestra que *P. oxalicum* es capaz de inhibir el crecimiento de *Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici* en estudios “*in vitro*” de crecimiento dual, al producir enzimas líticos que degradan la pared celular del patógeno (Infante *et al.*, 2009).

Figura 7.

Izquierda: Cepa de Penicillium spp. (r2). Apariencia algodonosa. Derecha: Enfrentamiento dual frente P. oryzae a los 3 días de observación



Castellano (2002), señala que mundialmente el género *Penicillium spp*, se ha utilizado muy poco como control biológico, a pesar, de que se ha comprobado que *P. notatum* era antagonista efectivo de *Sclerotium rolfsii* tanto en suelo natural como en condiciones de campo. Del género *Aspergillus*, el promedio de PCIR para las cepas *Aspergillus spp.* (Figura 8) fue de 52% a los 8 días de observación, mientras que para *A. flavus*, el PCIR fue de 56% y para *A. niger* (Figura 8) de 71%.

Figura 8.

Cepa de Aspergillus spp. Cepa de A. flavus. Cepa de A. niger, respectivamente.



Barrera (2015) aisló posibles antagonistas fúngicos de cuatro diferentes lugares de Río Grande do Sul en Brasil, identificando cuatro géneros: *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus* y *Penicillium*. A su vez sostiene que el género *Aspergillus* tiene alta capacidad de colonización y competitividad con otras especies a nivel de suelo producto de su amplia dispersión tanto en la zona de las rizósfera como en el rizoplano de las plantas.

Para el caso de *Aspergillus spp.* (Figura 9) no se observó micelio de estos colonizando a *P. oryzae*, pero se evidenció la invasión de espacio del patógeno por parte de los biocontroladores, por los que podemos deducir que el mecanismo de acción de estos hongos rizosféricos fue por competencia de nutrientes o bien por antibiosis.

Figura 9.

Derecha: Enfrentamiento dual de cepa Aspergillus spp. vs P. oryzae. Izquierda: Enfrentamiento dual de cepa Aspergillus flavus vs P. oryzae.



Castellano (2002), hace referencia a estudios realizados en Venezuela, señalando que en la zona de la rizósfera y rizoplano de plantas de tabaco *A. flavus*, *A. candidus*, *A. terreus*, *A. niger*, y *A. ustus*. Estos mismos autores en su estudio, no descartan la posibilidad de que tanto *A. terreus* como *A. flavus* tengan posibilidades antagónicas sobre algunas especies del complejo *Fusarium* y *Rhizoctonia sp.*

CONCLUSIONES

- En cuanto a el total de hongos aislados de la rizósfera (112), se observó que existieron diferencias significativas entre los ciclos de cultivo y las diluciones empleadas, mientras que no existieron diferencias significativas entre las distintas secciones de la rizósfera y las fases fenológicas.
- En total 20 cepas fúngicas presentaron un porcentaje de inhibición significativo ($\geq 40\%$) ante el fitopatógeno *P. oryzae*. Agrupadas en tres géneros: *Trichoderma spp.*, *Penicillium spp.* (morfofoto r1) y *Penicillium spp.* (morfofoto r2), *Aspergillus spp.*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*.
- El suelo agrícola tomado como referencia en la prospección de microorganismos nativos, alberga cepas microbianas antagónicas de efectividad contra los patógenos evaluados, dentro de los que consideramos a *Trichoderma spp.*

RECOMENDACIONES

- Se sugiere incluir dentro de los planes de manejo de plagas fúngicas en arroz, el uso y aprovechamiento de microorganismos rizosféricos con actividad biológica antagonista que permitan alcanzar un balance entre rendimiento y rentabilidad para este cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aproscello, J. (2013). Ficha de Información sobre la especie *Magnaporthe grisea* (Herbert) Barr.
- Arias, E., Piñeros, P. (2008). Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestra de suelo de los páramos de Huasca y Cruz Verde. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.
- Awa, O., Oguntade, O. (2015). Molecular Identification of Fungal Species Associated with Mango Anthracnose in Southwest Nigeria. Journal of Agriculture and Environmental Science 2, 99-103

- Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA). (2015). Carta Tecnológica Del Cultivo De Arroz A Chuzo Con Tecnología Para Variedades De Ciclo Corto De 100-110 Días. Panamá: Dirección Nacional de Agricultura-MIDA.
- Barrera, A. (2015). Control químico del manchado de grano de la variedad de arroz INIAP 15 En La Provincia De Los Ríos. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador, 9.
- Castellano, L. (2002). Prospección de hongos antagonistas en la provincia de Cienfuegos. Universidad de Pamplona.
- Chaves, M. (2016). Comunicación oral. Metodología para el enfrentamiento *in vitro* de hongos.
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2009). Plan De Acción Para La Competitividad De La Cadena De Arroz De Panamá: Hacia un mecanismo de reconocimiento de la calidad. Plan De Acción Para La Competitividad De La Cadena De Arroz De Panamá. San José, Costa Rica.
- Infante, D., González, N., Reyes, Y. (2009). Mecanismos de acción de *Trichoderma sp*, frente a hongos fitopatógenos. Revista de Protección Vegetal, 24(1), 14-21.
- Pacasa-Quisbert, F. (2017). Recursos Genéticos de hongos. Journal of the Selva Andina Biosphere 16:1.
- Pérez, C., Chamorro, A. (2012). Bacterial Endophytes: An Alternative Biological Control In *Burkholderia glumae* Rice In Colombia. Revista Colombiana de Ciencia Animal-REICA, 4(1), 172-184
- Quesada, A., García., F. (2014). *Burkholderia glumae* In the Rice Crop In Costa Rica. 25(2), 371-381.
- Quirós, K., Montero, K., Vega, C., Madriz, J., Mendez, W. (2014). Evaluación del Antagonismo De *Trichoderma sp.* y *Bacillus subtilis* Contra Tres Patógenos Del Ajo. Revista Tecnología en Marcha, 27(2), 89-91.
- Rodríguez, J. (2016). *Magnaporthe oryzae*, Un Hongo de Difícil Control y de Efectos Devastadores en Nuestros Cultivos de Arroz. Centro de Biotecnología y Genómica de Plantas UPM-INIA. Parque Científico y Tecnológico de la UPM.
- Yau, J. (2016). Comunicación Oral. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.

JUGUETES DE PLÁSTICO: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL Y RIESGOS PARA LA SALUD HUMANA

PLASTIC TOYS: ENVIRONMENTAL POLLUTION AND HUMAN HEALTH RISKS

Rubén D. Collantes G.¹, Maricsa Jerkovic²

¹Fundación Hrvatska, Chiriquí, Panamá. rdcg31@hotmail.com <https://orcid.org/0000-0002-6094-5458>

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

*Autor de correspondencia: rdcg31@hotmail.com

Recepción: 4 de noviembre de 2022

Aprobación: 27 de marzo de 2023

RESUMEN

La industria del juguete es una de las más importantes y lucrativas a nivel mundial, derivando en impactos socioeconómicos de carácter positivo para los países en donde están instaladas las principales fábricas; pero también es una de las industrias que genera contaminación ambiental y riesgos para la salud humana, principalmente por la utilización de plásticos y otras sustancias. Si bien se han hecho múltiples esfuerzos por reducir, reutilizar y reciclar, además de que algunas empresas importantes en este rubro se han propuesto metas y compromisos con el cuidado del ambiente; el incremento continuo de la población humana en el mundo, actualmente estimada en unos 8 mil millones de habitantes, obliga a que se inviertan más recursos en investigación, innovación y desarrollo (I+I+D), frente al escenario presente y futuro. Este documento es una reflexión sobre los riesgos para la salud humana y la contaminación ambiental por plásticos utilizados en la industria del juguete, así como posibles alternativas para superar estos problemas. Para ello, se desarrolló una revisión sistemática consultando más de 20 fuentes relacionadas con la materia; abordándose cuatro ejes temáticos de interés: Los juguetes plásticos y la salud de las personas; Contaminación ambiental derivada de la industria del juguete; Alternativas de mitigación e innovación sostenible en la industria del juguete. En conclusión, la industria del juguete enfrenta problemas relacionados con la contaminación ambiental y la salud de las personas; sin

embargo, existen empresas comprometidas en realizar acciones a favor del planeta y de la buena salud, en especial de los niños.

Palabras clave: Contaminante, industria, juguete, plástico, salud.

ABSTRACT

Toy industry is one of the most important and lucrative in the world, resulting in positive socioeconomic impacts for the countries where the main factories are installed; but it is also one of the industries that generates environmental pollution and risks to human health, mainly due to the use of plastics and other substances. Although multiple efforts have been made to reduce, reuse and recycle, in addition to the fact that some important companies in the business have proposed goals and commitments with the environment protection; The continuous increase in human population around the world, currently estimated at 8 billion inhabitants, requires that more resources be invested in research, innovation and development (R+I+D), to face present and future scenario. This document is a reflection on human health risks and environmental pollution by plastics and other pollutants used in toy industry, as well as possible alternatives to overcome these problems. For this, a systematic review was developed consulting more than 20 sources related to the matter; addressing four topics of interest: Plastic toys and people's health; Environmental pollution derived from the toy industry; Mitigation alternatives and sustainable innovation in the toy industry. In conclusion, the toy industry faces problems related to environmental pollution and people's health; however, there are companies committed to carrying out actions in favor of the planet and good health, especially for children.

Keywords: Health, industry, toy, plastic, pollutant.

INTRODUCCIÓN

La industria del juguete es una de las más importantes en el mundo, con un ingreso total de USD 104,2 mil millones en el año 2021; siendo la compañía danesa Lego la que liderizó la industria con un valor de USD 7,3 mil millones, seguida por Bandai Namco con USD 6,6 mil millones, Hasbro con USD 6,4 mil millones y Mattel con USD 5,5 mil millones (Tighe, 2022a, b, c). En los Estados Unidos de América, en 2021, este rubro llegó a ocupar a más de

570 mil personas, entre fabricantes, mayoristas, distribuidores, minoristas, entre otros (Tighe, 2022d). Desde mediados del siglo XX, la mayoría de juguetes son fabricados con plástico por factores como su costo aceptable, facilidad de moldeado, posibilidad de reproducir formas complejas, entre otros (Ibáñez et al., 2010).

Sin embargo, por cada millón de dólares en ingresos, 40 toneladas de plástico, además de metales pesados y otras sustancias nocivas, son utilizados para fabricar juguetes (Impacto Positivo, 2022). Belyaev (2021), señaló que, la mayoría de los plásticos utilizados para fabricar juguetes no son reciclables y el 80% de los mismos, terminan en un vertedero, en incineradoras o en el océano. Este trabajo es una reflexión sobre los riesgos para la salud y la contaminación ambiental, derivados de la industria del juguete. Para ello, se consultaron más de 20 publicaciones sobre la materia y las imágenes utilizadas son fotografías originales.

DESARROLLO

Los juguetes plásticos y la salud de las personas

Algunos plásticos contienen químicos tóxicos que ocasionan impactos negativos en la salud; siendo los niños particularmente vulnerables a estas sustancias, porque aún se encuentran en desarrollo (EHCC, 2010). Cerca del 90 % de todos los juguetes producidos son completamente de plástico, 40 % son del tipo disruptor hormonal, interfiriendo en el sistema endocrino, mimetizándose con hormonas y alterando el equilibrio de los procesos internos del cuerpo (Impacto Positivo, 2022). Aurisano et al. (2021), listaron 126 sustancias químicas de preocupación en juguetes de plástico; siendo los plastificantes utilizados en plásticos suaves el mayor riesgo (31 compuestos) y algunas sustancias químicas requieren continuar siendo investigadas. La tabla 1, presenta un listado de algunas sustancias conocidas por ser nocivas para la salud de las personas, en especial de los niños.

Si bien se han realizado diversas campañas por parte de empresas y fabricantes, con la finalidad de fomentar el reciclaje de plástico, papel, cartón, entre otros materiales, el procesamiento inadecuado de los mismos y su mala utilización generan más problemas que beneficios, mediante la generación de contaminantes orgánicos persistentes (COPs) (DiGangi et al., 2017). Por otro lado, los retardantes de llama bromados, son sustancias que evitan la propagación del fuego, siendo utilizados en muebles, material electrónico, juguetes

o ropa; sin embargo, estas sustancias son disruptores endocrinos que afectan la glándula tiroidea, ocasionando además problemas físicos y mentales durante el desarrollo de las personas (Ecologistas en Acción, 2018).

Tabla 1.

Sustancias nocivas en juguetes plásticos. Adaptado de EHCC (2010).

Sustancia	Usos	Vías de ingreso	Posibles efectos para la salud
Ftalatos	Suavizar plásticos como el PVC (policloruro de vinilo), unir fragancias y actuar como solventes y fijadores, como esmaltes de uñas.	Inhalación, ingestión, contacto con la piel.	Interrupción hormonal, problemas de desarrollo y reproductivos, asma, parto prematuro, conteo bajo de espermatozoides, testículos no descendidos, malformaciones genitales, pubertad prematura y desarrollo de algunos tipos de cáncer.
Bisfenol A (BPA)	Fabricar policarbonato (plástico transparente duro), biberones, botellas de agua, forros de comida enlatada y tazas.	Ingestión, piezas para morder/chupar, contacto con la piel.	Cáncer de próstata, cáncer de mama, abortos espontáneos, defectos de nacimiento, pubertad temprana, bajo conteo de espermatozoides, hiperactividad y agresividad.
Policloruro de vinilo (PVC)	Juguetes de plástico flexible, colchonetas, baberos, piscinas inflables, mangueras, impermeables, cubiertas de paredes y suelos, persianas,	Inhalación, contacto con la piel.	Cáncer, defectos de nacimiento, trastornos reproductivos y del desarrollo, conteo bajo de espermatozoides, testículos no descendidos, pubertad prematura y disfunción hepática. Contiene frecuentemente plomo, ftalatos y

	cosméticos, cortinas de baño, partes de cuna, cuero falso y envase de alimentos.		la creación o destrucción de PVC libera dioxinas carcinogénicas en el ambiente.
Poliestireno (PS)	Tazas, envases y empaques de alimentos, bandejas, cubiertos, juguetes.	Ingestión, contacto con la piel.	Carcinógeno sospechoso y neurotoxina.

Contaminación ambiental derivada de la industria del juguete

La mayor preocupación de la industria del juguete en materia ambiental, consiste en la constante generación de contaminantes; dado que los plásticos perduran en el ecosistema por mucho más tiempo del que fueron utilizados, comprometiendo la vida de por lo menos 700 especies (Rivas y Garelli, 2021). Sumado a esto, UNEP (2018), refirieron un estudio en el cual se determinó que, los plásticos de uso más común pueden emitir gases de efecto invernadero (GEI), como metano y etileno al estar expuestos a la luz solar.

Un juguete icónico es el balón de fútbol, del cual se venden en el mundo más de 40 millones de unidades al año; sin embargo, desde la obtención de la materia prima hasta la fabricación, representa el 65% de su huella de carbono, que se traduce en unos 3,5 kg CO₂ equivalente por unidad (El Periódico, 2022). En Francia, por ejemplo, se estima que cada año se tiran a la basura unos 40 millones de juguetes, porque al dañarse no tienen reparación o no venden los repuestos por separado, para poder arreglarlos y prolongar su uso (Control Publicidad, 2019). Otros contaminantes importantes son los metales pesados y otras sustancias, siendo el antimonio, bario, bromo, cadmio, cromo, plomo y selenio los más comunes (Heraldo, 2018). Según Londoño-Franco et al. (2016), la presencia de metales pesados en el ambiente y en los alimentos puede derivar en intoxicaciones, provocando daños irreparables en la salud humana y animal, como efectos teratogénicos, cáncer o la muerte.

Alternativas de mitigación e innovación sostenible en la industria del juguete

La empresa 3D Dagoma y la agencia TBWA París, realizaron un estudio de las partes de juguetes más rotas o perdidas en los últimos 40 años, logrando un catálogo de 100 repuestos impresos en 3D, con la iniciativa denominada *Toy Rescue* (Control Publicidad, 2019). Por su parte, Mattel es la primera compañía de juguetes que incorpora polímeros renovables certificados, comprometiéndose con la sostenibilidad y teniendo por objetivo incorporar materiales plásticos 100 % reciclados, reciclables o de base biológica en todas sus líneas de producción para el año 2030 (Genial Gurú, 2022). Otra iniciativa implementada por Mattel, en línea con la sostenibilidad, es el programa *Mattel Playback*, que consiste en recuperar y reutilizar materiales de juguetes viejos para nuevos productos (Marquardt, 2021).

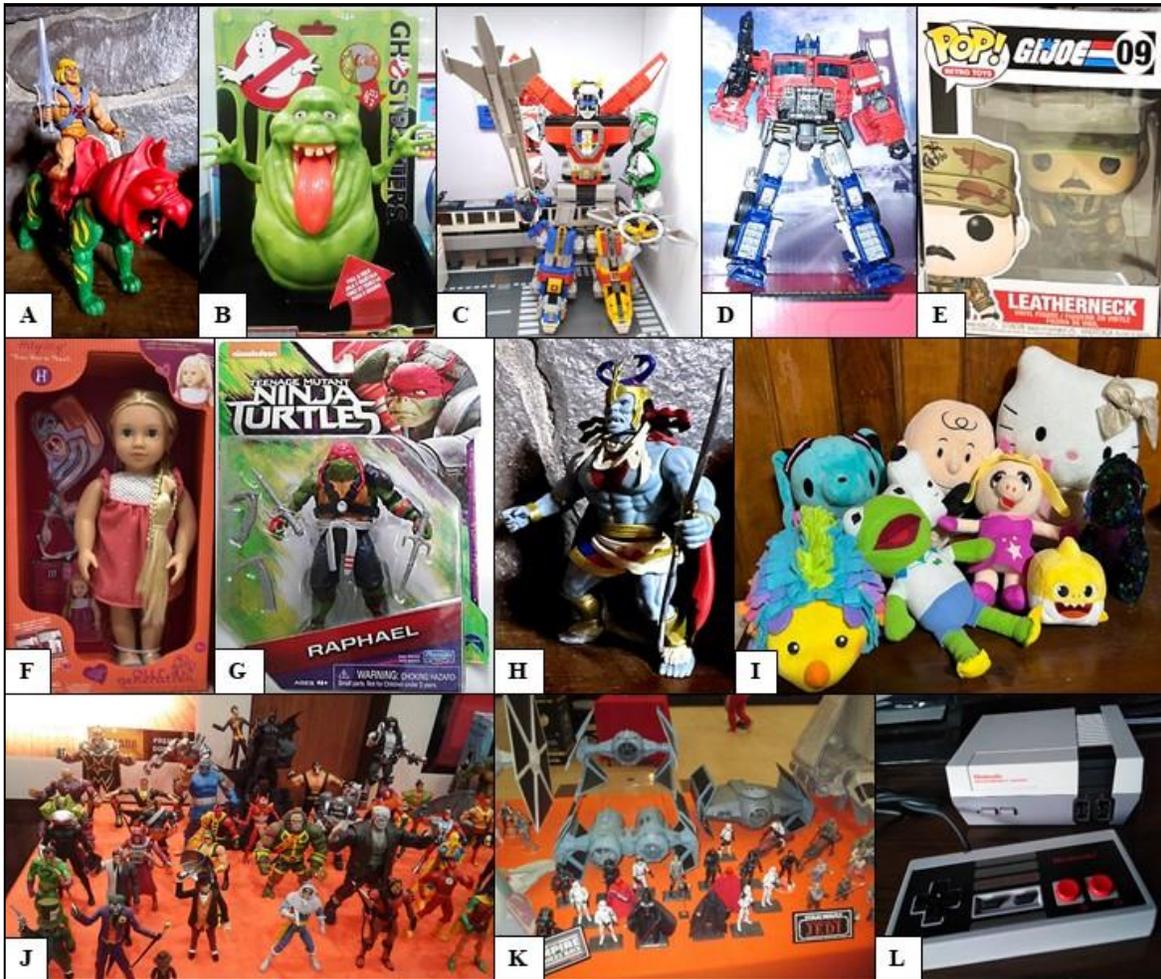
Hasbro, principal rival de Mattel, comunicó que reciclarán materiales para ser utilizados en la construcción de espacios de juegos, maceteros, bancas para áreas verdes, entre otros usos; sumado a que incorporarían a partir del año 2019, la utilización de Polietilen Tereftalato (PET), para fabricar el blíster y ventanas plásticas en el embalaje de productos (Torres, 2018). Por ello, se recomienda adquirir juguetes originales de fabricantes reconocidos (figura 1).

Otra empresa que ha innovado en la industria del juguete es Smoby Green, quienes lanzaron una nueva línea de juguetes ecológicos y biosostenibles, fabricados en un 90% con plástico de origen vegetal, a partir de caña de azúcar; cultivo que además contribuye con la reducción de huella hídrica y secuestro de CO₂ en el ambiente, el cual constituye un GEI importante (Juguetes b2b, 2021).

Frente a los peligros mencionados por Belyaev (2021), en cuanto al destino final de los plásticos de juguetes rotos o dañados en vertederos, incinerados o en los océanos; surgen otras dos alternativas para darles nueva vida: la customización o modificación de figuras, como las que realiza El Customizador Marvel (2022), que consiste en repintar, esculpir, cortar y adaptar partes de otras figuras para lograr un acabado que puede ser fiel al original o inclusive ser superior, dado que es un trabajo más de artesanía que de producción en serie y que en muchos casos es a pedido. Otra opción con potencial es el reciclaje de plásticos recuperados del mar, para la fabricación de instrumentos musicales (Burls Art, 2022); lo cual contribuye con el desarrollo sostenible y concuerda con la propuesta de Collantes et al. (2020).

Figura 1.

Juguetes fabricados con plástico: A) He-Man y Battle Cat, Masters of the Universe; B) Slimer, Ghostbusters; C) Lego Voltron; D) Optimus Prime, Transformers; E) Funko Pop GI Joe; F) Our Generation; G) Teenage Mutant Ninja Turtles; H) Mumm-Ra, Thundercats; I) Peluches con accesorios plásticos; J) DC Comics; K) Star Wars; L) Nintendo. Fotos: R. Collantes.



CONCLUSIONES

La industria del juguete viene confrontando problemas relacionados con la contaminación ambiental y los posibles riesgos para la salud de las personas. Sin embargo, algunas empresas responsables están tomando acciones a favor del planeta y de la buena salud, en especial de los niños. Se requiere continuar desarrollando más estudios sobre la materia, a fin de seguir identificando posibles sustancias peligrosas e innovar en procesos productivos que sean económicamente viables, socialmente responsables y ambientalmente amigables.

AGRADECIMIENTOS

A la Fundación Hrvatska, en especial a Rosario Jerkovic y Megan Elisa Collantes-Jerkovic, por el apoyo y motivación brindados para realizar el presente trabajo. A la memoria de Mark Taylor, reconocido artista y diseñador de juguetes, por haber creado personajes memorables que inspiraron a niños y jóvenes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aurisano, N., Huang, L., Canals, L., Jolliet, O., y Fantke, P. (2021). Chemicals of concern in plastic toys. *Environment International*, 146(11), 106194. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envint.2020.106194>
- Belyaev, D. (2021). *Juguetes de plástico son parte de un problema mayor*. Metro World News. <https://www.metroworldnews.com/hub/noticias/2021/08/27/juguetes-de-plastico-son-parte-de-un-problema-mayor/>
- Burls Art. (2022). *I Built a Guitar Out of Ocean Plastic*. <https://www.youtube.com/watch?v=wKUrjssfiHw>
- Collantes, R., Caballero, H. R., Jerkovic, M., y Caballero, H. (2020). Maderas nativas: Alternativa sostenible para fabricar cordófonos en Panamá. *Aporte Santiaguino*, 13(2), 193-207. <https://doi.org/10.32911/as.2020.v13.n2.692>
- Control Publicidad. (2019). *Los juguetes también contaminan, pero hay una solución*. <https://controlpublicidad.com/campanas-publicitarias/los-juguetes-tambien-contaminan-pero-hay-una-solucion/>
- DiGangi, J., Strakova, J., y Bell, L. (2017). *El reciclaje de COPs contamina a los juguetes de niños con retardantes de llama tóxicos*. Resumen Ejecutivo, IPEN. https://ipen.org/sites/default/files/documents/BFR_report_2017_Executive_summary_ES.pdf

- Ecologistas en Acción. (2018). *¿Juguete o basura tóxica?*
<https://www.libresdecontaminanteshormonales.org/2018/01/03/juguete-o-basura-toxica/>
- EHCC (Eco-Healthy Child Care®). (2010). *Plastics & Plastic Toys*.
https://health.ucdavis.edu/mindinstitute/resources/resources_pdf/Plastics_and_Plastic_Toys_7_14.pdf
- El Customizador Marvel. (2022). MINI - *Restaurar Vaquero Halcón Galáctico, juguete, toy, repintado, diy*. <https://www.youtube.com/watch?v=ILbKGbTigxE>
- El Periódico. (2022). *¿Cuánto contaminan los regalos de Reyes?: la huella ecológica de 5 'hits' navideños*. <https://www.elperiodico.com/es/cuaderno/20220101/regalos-reyes-navidad-contaminan-huella-carbono-ecologica-13035984>
- Genial Gurú. (2022). *Mattel y sus materiales reciclables están haciendo que los juguetes de plástico queden en el pasado*. <https://genial.guru/inspiracion-crianza/como-mattel-apuesta-por-juguetes-hechos-con-materiales-renovables-dandole-un-respiro-del-plastico-al-mundo-1459707/>
- Heraldo. (2018). *¿Son seguros los juguetes con los que juegan tus hijos?*
<https://www.heraldo.es/noticias/salud/2018/02/13/son-seguros-los-juguetes-con-los-que-juegan-tus-hijos-1224572-2261131.html>
- Ibáñez, A., Martínez, A., y Sánchez, A. (2010). *Biodegradable Polymers In the Toy Sector*. British Plastics Federation. [https://www.bpf.co.uk/article/biodegradable-polymers-in-the-toy-sector-364.aspx#:~:text=Nevertheless%2C%20the%20main%20component%20used,ABS%2C%20SB%2C%20etc.\)](https://www.bpf.co.uk/article/biodegradable-polymers-in-the-toy-sector-364.aspx#:~:text=Nevertheless%2C%20the%20main%20component%20used,ABS%2C%20SB%2C%20etc.))
- Impacto Positivo. (2022). *Mattel se compromete a dejar los juguetes de plástico en el pasado*. <https://somosimpactopositivo.com/impacto-ambiental/juguetes-de-plastico-al-pasado-mattel/#:~:text=En%20cifras%2C%20por%20cada%20mill%C3%B3n,objetos%2C%20los%20muerden%2C%20etc.>
- Juguetes b2b. (2021). *Llega Smoby Green, la línea de juguetes más ecológica*.
<https://www.interempresas.net/Juguetes/Articulos/330453-Llega-Smoby-Green-la-linea-de-juguetes-mas-ecologica.html>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., y Muñoz-García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153.
[https://dx.doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://dx.doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

- Marquardt, D. (2021). *Mattel Launches New Toy Takeback Program Called Mattel PlayBack*. Mattel. <https://corporate.mattel.com/news/mattel-launches-new-toy-takeback-program-called-mattel-playback>
- Rivas, M., y Garelli, O. (2021). *Impacto de la contaminación por plásticos en la biodiversidad y patrimonio biocultural de México*. <https://mx.boell.org/es/2021/03/10/impacto-de-la-contaminacion-por-plasticos-en-la-biodiversidad-y-patrimonio-biocultural>
- Tighe, D. (2022a). *Toy industry - statistics & facts*. https://www.statista.com/topics/1108/toy-industry/#dossierContents__outerWrapper
- Tighe, D. (2022b). *Revenue of Hasbro worldwide from 2019 to 2021, by region*. <https://www.statista.com/statistics/198755/hasbro-revenue-by-region-worldwide/>
- Tighe, D. (2022c). *Sales of Mattel worldwide 2018-2021, by region*. <https://www.statista.com/statistics/198722/international-revenue-of-mattel-by-region/>
- Tighe, D. (2022d). *Number of jobs in the U.S. toy industry from 2015 to 2019*. <https://www.statista.com/statistics/241130/us-toy-industry-number-of-jobs/#statisticContainer>
- Torres, N. (2018). *Hasbro recicla sus juguetes*. Ambiente Plástico. <https://www.ambienteplastico.com/hasbro-recicla-sus-juguetes/>
- UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). (2018). *Un problema doble: el plástico también emite potentes gases de efecto invernadero*. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/un-problema-doble-el-plastico-tambien-emite-potentes-gases-de>

CARACTERIZACIÓN DE HONGOS ENDÓFITOS EN PASTOS PARA RUMIANTES, EN EL CORREGIMIENTO DE SANTA ANA, PROVINCIA DE LOS SANTOS

CHARACTERIZATION OF ENDOPHYTIC FUNGI IN PASTURES FOR RUMINANTS, IN THE CORREGIMIENTO OF SANTA ANA, PROVINCE OF LOS SANTOS

Martha de Von Chong¹; Rito Herrera²; Mario Cortez³.

¹Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Coclé. Panamá. martha.chaves@up.ac.pa
<https://orcid.org/0000-0002-1087-4196>

²Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá. Panamá. rito.herrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

³Universidad de Panamá. Centro Regional Universitario de Azuero. Panamá. mcortez@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0004-1236-4022>

Recepción: 1 de diciembre de 2022

Aprobación: 29 de marzo de 2023

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue aislar e identificar hongos endófitos en pastos para rumiantes, procedentes de las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de los Santos. La caracterización se realizó empleando el método de aislamiento de hongos endófitos en pastos sanos, arrojando como resultado que la finca con mayor número de muestras positivas de hongos endófitos fue El Aromo, con un 37.9%, mientras que las fincas Badi y Nigüito registraron un 30.3% y un 31.8% respectivamente. Entre los géneros de hongos endófitos encontrados podemos destacar: *Discosporium sp.*, *Toxosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Nigrospora sp.*, *Curvularia sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Bipolaris sp.* Los hongos endófitos con mayor ocurrencia fueron: *Alternaria sp.* con un 39%, *Curvularia sp.* con un 21% y *Nigrospora sp.* con un 16%, ubicándose mayormente en el ápice de la hoja con un 54%, mientras que en el medio y en la base de la hoja se encontró un 26% y un 20% de hongos endófitos, respectivamente. La identificación se basó en los genes ITS 1, 2 y 4 (genes ribosomales 16 S).

Palabras clave: endófitos, ápice, pastos, *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.*, *Nigrospora sp.*

ABSTRACT

The objective of this study was to isolate and identify endophytic fungi in pastures for ruminants, from the Badi, Nigüito and El Aromo farms, Corregimiento de Santa Ana, Los Santos Province. The characterization was carried out using the method of isolation of endophytic fungi in healthy pastures, yielding as a result that the farm with the highest number of positive samples of endophytic fungi was El Aromo, with 37.9%, while the Badi and Nigüito farms registered 30.3. % and 31.8% respectively. Among the genera of endophytic fungi found, we can highlight: *Discosporium sp.*, *Toxosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Nigrospora sp.*, *Curvularia sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Bipolaris sp.* The endophytic fungi with the highest occurrence were: *Alternaria sp* with 39%, *Curvularia sp* with 21% and *Nigrospora sp* with 16%, located mostly at the apex of the leaf with 54%, while in the middle and on the leaf, base found 26% and 20% endophytic fungi, respectively. Identification was based on ITS genes 1, 2 and 4 (16 S ribosomal genes).

Keywords: endophytes, apex, grasses, *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.*, *Nigrospora sp.*

INTRODUCCIÓN

Los hongos endófitos tienen una relativa importancia en los pastos según lo propuesto por Abello y Kelemu (2006), ya que algunos estudios científicos han demostrado que su presencia, dentro de los tejidos, trae una serie de beneficios para los diferentes pastos. Desde el punto de vista nutricional, estructural y de defensa, entre los beneficios que los hongos endófitos proporcionan a los pastos tenemos: gran potencial adaptativo a las especies vegetales hospederas frente a condiciones adversas que generen estrés, ya sean de tipo abiótico (salinidad, acidez) o biótico (ataque de plagas). Dicha simbiosis otorga mayor habilidad competitiva a los pastos y permite una plena expresión de su potencial genético traducido en altas tasas de germinación, mejor densidad, más biomasa en los tejidos y mayor producción de semilla. Como patógenos, los hongos endófitos afectan a muchos animales que se alimentan de las plantas en las que dichos hongos habitan, en nuestro caso los pastos. Los hongos endófitos causan en los rumiantes diversas enfermedades como la festucosis e intoxicaciones, ya que la gran mayoría de los hongos liberan ciertas toxinas, conocidas como micotoxinas, que al ser consumidas causan graves síntomas, que muchas veces terminan con

la muerte del animal que se contagió (Gundel, 2008). La ganadería, de casi todas las naciones latinoamericanas, fue iniciada cuando los colonizadores trajeron bovinos de países templados, pero en Panamá se comenzó a introducir a los rumiantes para los años de 1600, ya que la carne y leche no eran de buen negocio, dado que los rigores del clima impusieron serias limitaciones en el desarrollo de la agricultura y de la ganadería, determinando así los bajos niveles de vida de sus poblaciones (Alves, 1986). Según Gispert (2008), las primeras luchas para introducir y adaptar las razas europeas mejoradas fueron fallidas, ya que en la faja intertropical; las condiciones adversas desfavorecían el crecimiento del ganado provocando un decaimiento y después de algunas generaciones ya no presentaban el porte de los que lo precedieron, la producción de carne y leche se reducían entre otras consecuencias esto llevo a que agricultores tomarán medidas decisivas para el mejoramiento de las razas de bovinos, adaptándose a mejores técnicas de crianza y alimentación.

Entre los tipos de alimentos consumidos por los rumiantes tenemos los pastos o forrajes tropicales, los cuales pueden ser ingeridos frescos o procesados; estos pastos son ricos en carbohidratos, proteína y grasa, las cuales son esenciales para los ejemplares productores de leche y carne (Clay *et al.*, 1991). En el verano o estación seca, la hierba escasea y es pobre en nutrientes, por ello los ganaderos han recurrido a métodos para la preparación de los pastos, para su posterior consumo en dicha estación (López *et al.*, 2009).

La importancia de los hongos radica en su obtención de alimento y su utilización para diversos fines, como saprófitos destruyen plantas complejas y restos de animales, degradándolos a formas químicas simples que pasan a formar parte del suelo y finalmente, son absorbidas por otras generaciones de plantas. Por ello resulta de capital importancia la caracterización de la microbiota asociada a los pastos usados en ganadería, pues permitirá tener una mejor comprensión de las complejas relaciones biológicas (tróficas) entre hongo, planta y rumiante, lo que se traducirá en un mejor aprovechamiento del recurso biótico (biodiversidad de hongos).

Aunque la simbiosis es facultativa para las plantas (es decir, que las plantas pueden vivir sin el endófito), la asociación gramínea-endófito es considerada de tipo simbiótico-mutualista). Por un lado, los endófitos se benefician de la asociación al obtener nutrición y dispersión, pero su supervivencia y multiplicación depende fuertemente de la aptitud ecológica de la gramínea hospedante Por el otro, entre los beneficios que obtienen las plantas colonizadas se

pueden mencionar mayores tasas de crecimiento, tolerancia a heladas y sequías, y resistencia al estrés por déficit de nitrógeno y fósforo (Petigrosso *et al.*, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Para realizar este estudio se tomaron en cuenta las siguientes variables: independiente (muestras de pastos colectadas) y la dependiente (hongos endófitos aislados de las

Localización Geográfica

Esta investigación se realizó en tres fincas seleccionadas en el corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos. Las áreas de estudios comprendieron las fincas ganaderas: Badi, Nigüito y El Aromo, cada una con 12 hectáreas (ha) y cuatro tipos diferentes de pastos (*Brachiaria sp.*, *Mulato sp.*, *Cynodon sp.*, y *Digitaria sp.*).

muestras de pastos colectadas). Se evaluaron la sección del ápice, medio y base, de 90 muestras de pastos, tomadas de las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, en los meses de enero, febrero y marzo del año 2020. El muestreo del pasto se realizó en diferentes puntos elegidos al azar, en cada una de las fincas seleccionadas para la realización de este estudio.

La recolección de la muestra se realizó con una pinza, cinco muestras de pastos en cada una de las tres fincas, con una distancia que oscila entre los 2 y 3 metros entre una muestra y otra. Luego, cada una de estas muestras de pastos se colocaron en bolsas plásticas estériles con sus datos generales tales como: nombre de la finca, semana de muestreo y número de muestra, para su posterior análisis microbiológico en un lapso no mayor de 2 a 4 horas.

Purificación de las muestras.

Las muestras se colocaron en un vaso químico, el cual se lavó por 1 minuto con agua, para remover la suciedad que se encontraba en la parte externa de la hoja. Después de lavar cada una de las muestras por un minuto bajo el grifo, se procedió a la fase de remoción de hongos no endófitos de la siguiente manera:

- Se dividió cada pasto en tres secciones ápice, centro y base.
- Después para cada sección se realizó el siguiente proceso, para la remoción de los hongos no endófitos.

Alcohol al 70% por 1 minuto.

Cloro al 10% por 3 minutos.

Alcohol al 70% por 30 segundos.

Alcohol al 40% por 30 segundos.

Agua destilada por 3 minutos (este último paso se realiza para eliminar residuos de alcohol que puedan impedir el crecimiento del hongo).

Aislamiento de hongos endófitos.

Una vez removidos los posibles hongos no endofíticos, se procedió a secar cada una de las secciones con papel toalla estéril, para sembrar cada una de las secciones en un plato Petri estéril con agar papa dextrosa (P.D.A.), el cual luego se colocó en la incubadora a 25°C, por 48 ó 72 horas si es necesario, después de las 48 horas se observó en el estereoscopio para confirmar el crecimiento del hongo (desarrollo micelial)

Separación del medio de cultivo.

Las secciones (ápice, centro y base) que presentaron crecimiento, se separaron del medio para evitar la contaminación entre los mismos, luego de este proceso se realizaron los microcultivos, que consisten en cortar una sección de agar en donde el crecimiento del hongo sea abundante y ponerlo sobre un portaobjetos, el cual tiene un trozo de agar papa dextrosa de más o menos 2 cm de largo y ancho, a los cuales por encima se les coloca un cubreobjetos. El objetivo de colocar un trozo de agar para dextrosa estéril es que el hongo siga alimentándose, para que se fije a las paredes del cubreobjetos. Luego este microcultivo es puesto dentro de un plato Petri estéril, para incubarse a 25°C por 48 horas.

Montaje de placas.

Luego de 48 horas, el cubreobjetos es removido del microcultivo, con sumo cuidado para que el hongo se mantenga unido al mismo. Este cubreobjetos se coloca sobre un portaobjeto el cual contiene una gota de azul de lactofenol al 1%, el cual permite que el hongo adquiera una coloración de azul-violeta, para facilitar la identificación de estructuras reproductivas.

Identificación con clave taxonómica y Molecular

Luego de haber realizado el mismo procedimiento en cada una de las secciones de cada pasto de las tres fincas, por sus semanas, se procedió a la fase de identificación, la cual se basó en su identificación por medio de claves taxonómicas para establecer las morfoespecies. Las cepas fúngicas con características macroscópicas similares se agruparon en morfotipos para su identificación taxonómica, se empleó la técnica de microcultivo en cámara húmeda

incubando a 28 °C, alternando 16 h de luz y 8 h de oscuridad, para favorecer el crecimiento de estructuras reproductivas características de los hongos. Se observaron las estructuras microscópicas y se clasificaron por géneros. Posteriormente, para su identificación molecular se amplificaron por PCR convencional los genes ribosomales 16S (ITS 1, 2 y 4) y se secuenciaron con el fin de determinar la especie de hongo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 y la figura 1 se observa el porcentaje de muestras positivas para Hongos Endófitos en pastos, en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, utilizando como base la hoja entera. En la finca El Aromo fue la que arrojó el mayor número de muestras positivas para hongos endófitos, con un 83.3%, seguido de las fincas Badi y Nigüito, con un 66.7% y un 70% respectivamente. El alto porcentaje de muestras positivas de hongos endófitos en las tres fincas podría deberse a la sobreexposición de nutrientes, debido a que los propietarios de las fincas utilizan fertilizantes como: el abono completo 12-24-12, que se compone de (12 Kg de Nitrógeno, 24 Kg de Fósforo y 12 Kg de potasio, en 100 kilo de abono), por lo cual el pasto presenta mayores nutrientes y condiciones ideales para el desarrollo de hongos endófitos según lo propone Gundel (2008).

Tabla 1.

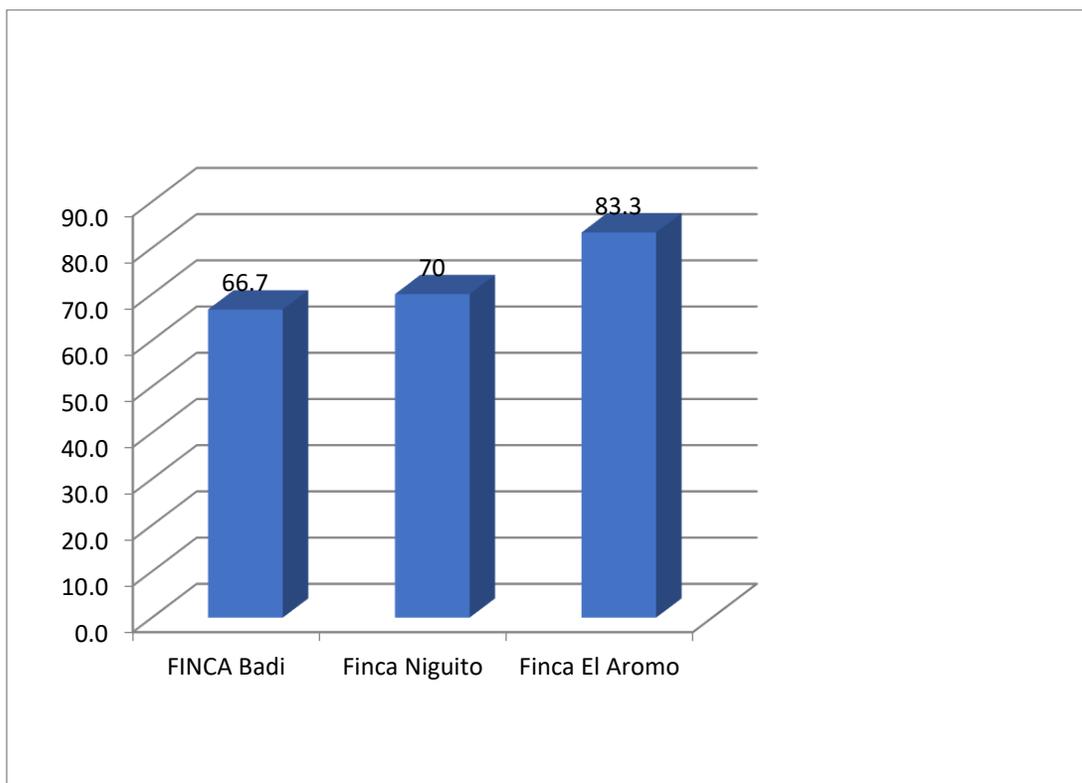
Muestras positivas de hongos endófitos en pastos, considerando como referencia la hoja entera.

Semanas	Finca Badi (66.7%)	Finca Nigüito (70%)	Finca El Aromo (83.3%)
1	5	5	5
2	4	4	5
3	2	4	5
4	4	4	4
5	3	2	2
6	2	2	4
Total	20	21	25

Para esta tabla se tomaron como límites del 0 al 5, lo que representa el número de muestras tomadas en las fincas, durante las seis semanas.

Figura 1.

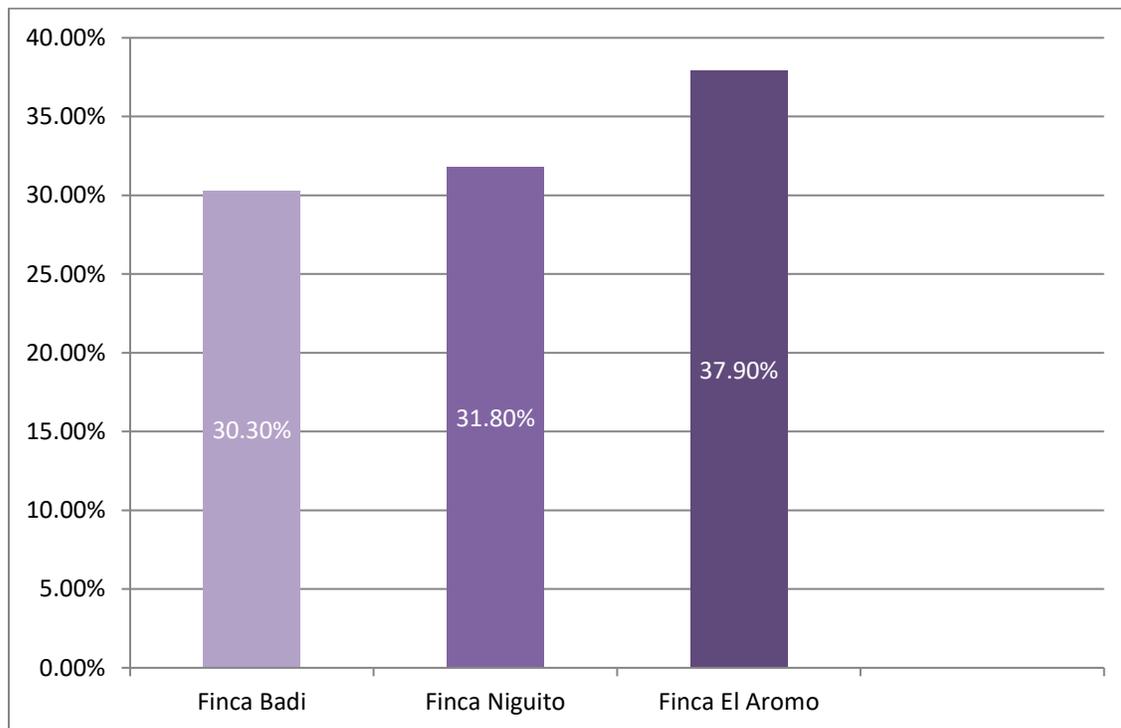
Muestras positivas de Hongos Endófitos, en las Fincas Badi, Nigüito y EL Aromo, durante las seis semanas de muestreo. Eje X (fincas evaluadas), eje Y (número de muestras positivas).



En la figura 2 sólo se emplean las muestras positivas de hongos endófitos obtenidas en las tres fincas, tomando como referencia la hoja entera. Se puede observar que la finca con mayor número de muestras positivas en hongos endófitos es la finca El Aromo, dado que en esta finca además del abono completo 12-24-12, utilizan otros tipos de compuestos nutricionales tales como la urea al 46%.

Figura 2.

Presencia de muestras positivas para hongos endófitos, en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero. Eje X (fincas evaluadas), eje Y (porcentaje de presencia de hongos endófitos).



En la tabla 2 y la figura 3, se puede observar que la sección del pasto en la finca Badi con mayor número de muestras positivas es el ápice, pues es la parte de la hoja que recibe mayores beneficios como, energía, alimentos y sales minerales, lo que facilita la absorción de nutrientes por parte de los hongos.

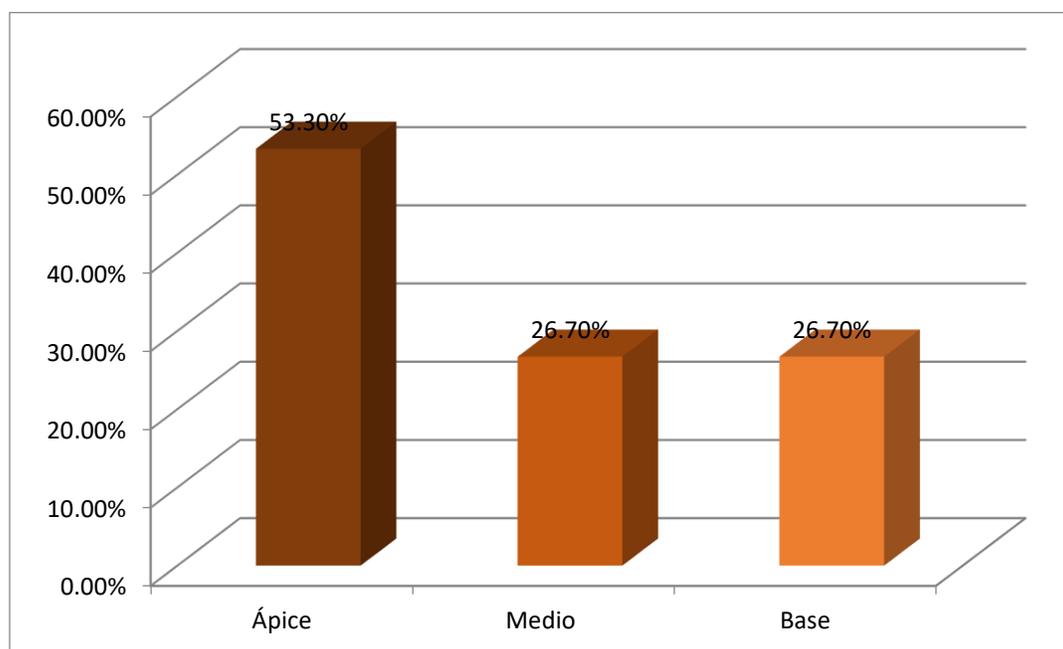
Tabla 2.

Muestras positivas de hongos endófitos en las diferentes secciones de los pastos muestreados, en la finca Badi, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.

Semanas	Ápice (53.3%)	Medio (26.7%)	Base (26.7%)
1	4	2	2
2	2	3	2
3	2	1	1
4	4	2	0
5	2	0	3
6	2	0	0
Total	16	8	8

Figura 3.

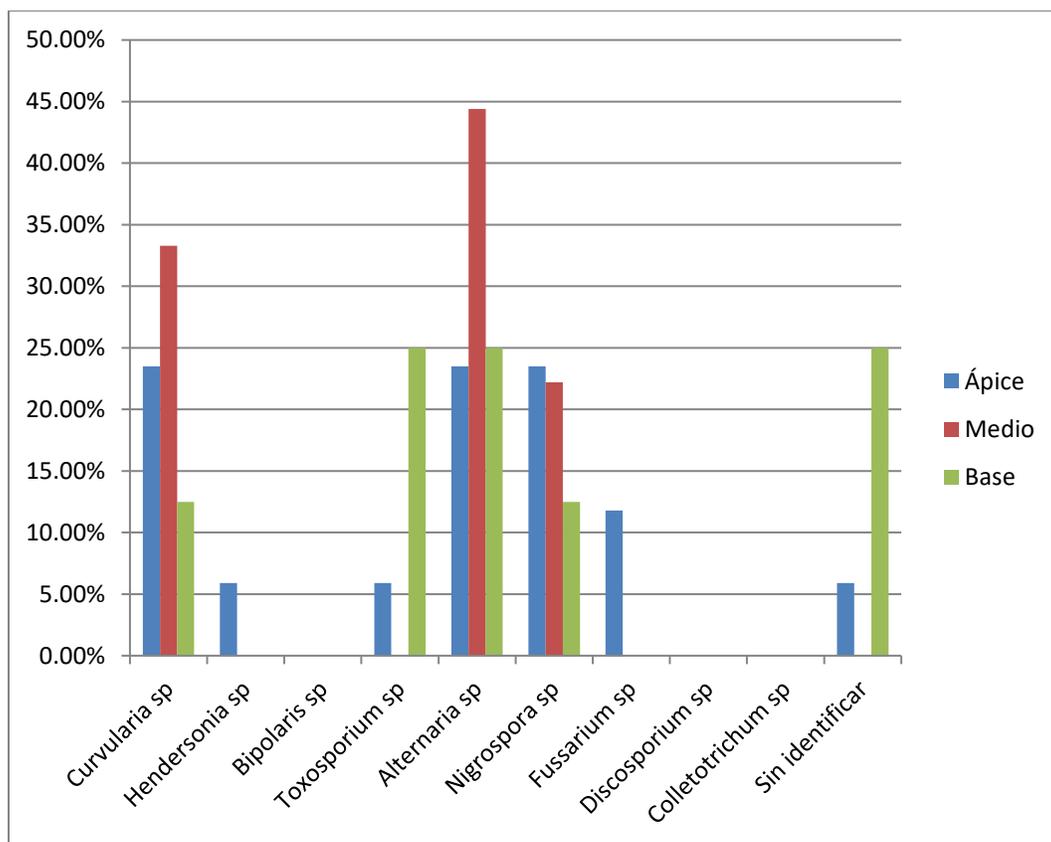
Muestras positivas de hongos endófitos en el ápice, medio y base de los pastos muestreados, en la finca Badi, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero. Eje X (partes de la hoja estudiadas), eje Y (porcentaje de presencia de hongos endófitos).



En la figura 4 podemos observar la ocurrencia de hongos Endófitos, en las tres secciones del pasto, durante las seis semanas de muestreo, en donde los géneros con mayor ocurrencia fueron *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.* y *Nigrospora sp.* Andrews (1992) sostiene que la gran cantidad de esporas de *Alternaria sp.* se debe, a que este se reproduce con mayor frecuencia en lugares en donde la temperatura varía desde los 15° a los 33°C y a que sus esporas son comunes encontrarlas en el ambiente.

Figura 4.

Prevalencia de géneros de hongos endófitos (eje X), en las diferentes secciones de los pastos (eje Y) colectados en la Finca Badi, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.



En la tabla 3 y la figura 5, se puede observar que de las tres secciones en las que se dividió el pasto, la que presentó un mayor número de muestras positivas, es el ápice, corroborando lo anterior expuesto en la figura 3.

En la figura 6 podemos observar la ocurrencia de hongos Endófitos, en las tres secciones del pasto, de la finca Nigüito, durante las seis semanas de muestreo, en donde el género con mayor ocurrencia es *Alternaria sp.*, pues según Andrews (1992), sostiene que este hongo se adapta muy bien a climas con pocas precipitaciones pluviales y sus esporas se encuentran comúnmente en el ambiente, sin embargo la poca ocurrencia de hongos como *bipolaris sp* se debe a que estos hongos son comunes de parasitar otros tipos de plantas, diferentes al pasto.

Tabla 3. Muestras positivas de Hongos Endófitos en sección del ápice, medio y base de los pastos muestreados en la finca Nigüito, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.

Semanas	Ápice (63.3%)	Medio (13.3%)	Base (10%)
1	5	1	2
2	3	2	0
3	4	0	0
4	3	1	1
5	2	0	0
6	2	0	0
Total	19	4	3

Figura 5.

Muestras positivas de hongos endófitos en las diferentes secciones de los pastos muestreados, en la Finca Niguito, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero. Eje X (partes de la hoja estudiadas), eje Y (porcentaje de presencia de hongos endófitos).

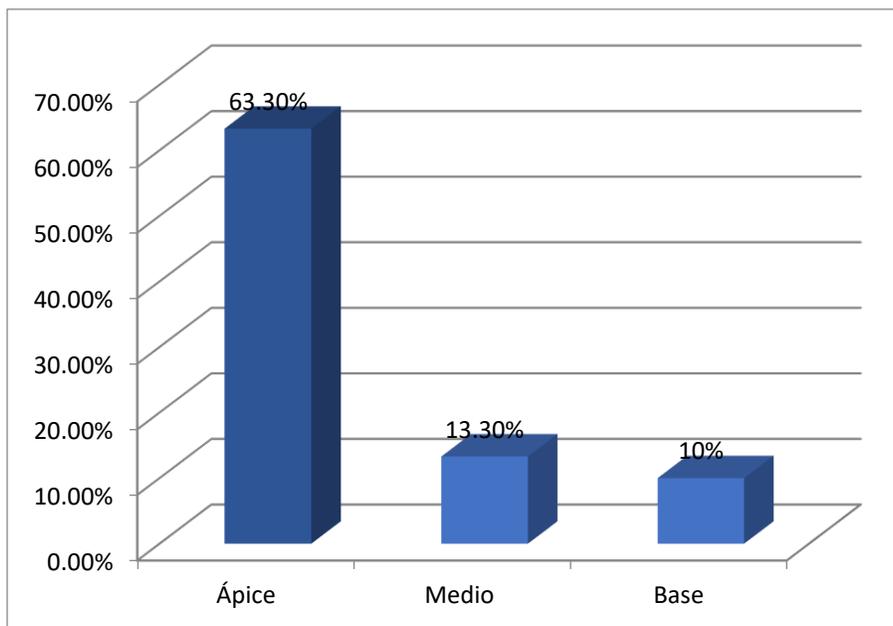
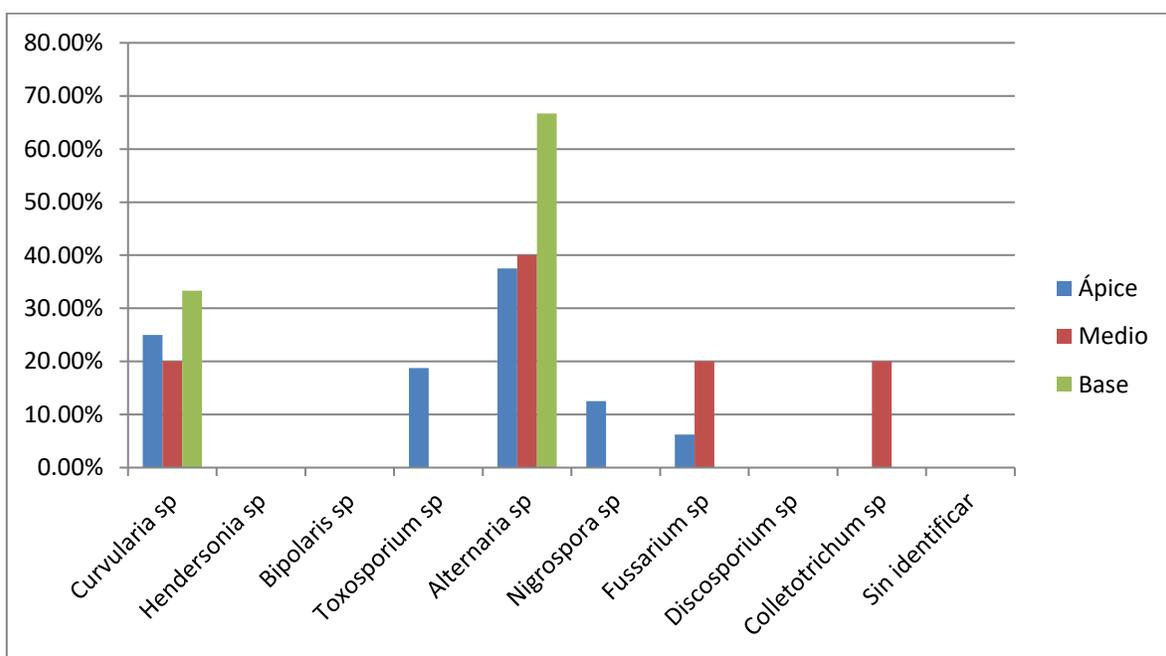


Figura 6.

Ocurrencia de géneros de hongos endófitos (eje X), en las diferentes secciones de los pastos (eje Y) colectados en la finca Niguito, corregimiento de Santa Ana, provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.



En la Tabla 4 y la figura 7 se puede observar que la sección del pasto, con un mayor número de muestras positivas para hongos endófitos, nuevamente es el ápice, lo que corrobora nuestra hipótesis de que la gran cantidad de estos se debe a que es la sección del pasto, que mayores nutrientes y beneficios que recibe, proporcionándole a los hongos mayor absorción de nutrientes y energía.

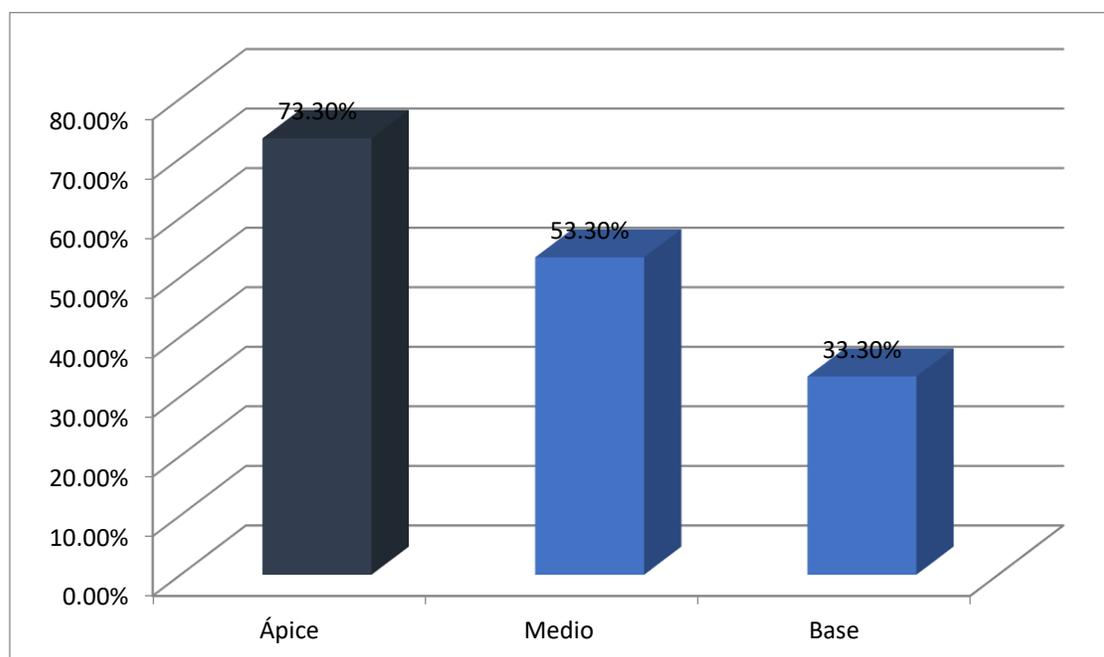
Tabla 4.

Muestras positivas en las diferentes secciones de los pastos muestreados, en la Finca El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.

Semanas	Ápice (73.3%)	Medio (53.3%)	Base (33.3%)
1	5	3	2
2	5	4	3
3	5	4	3
4	2	2	0
5	2	1	0
6	3	2	2
Total	22	16	10

Figura 7.

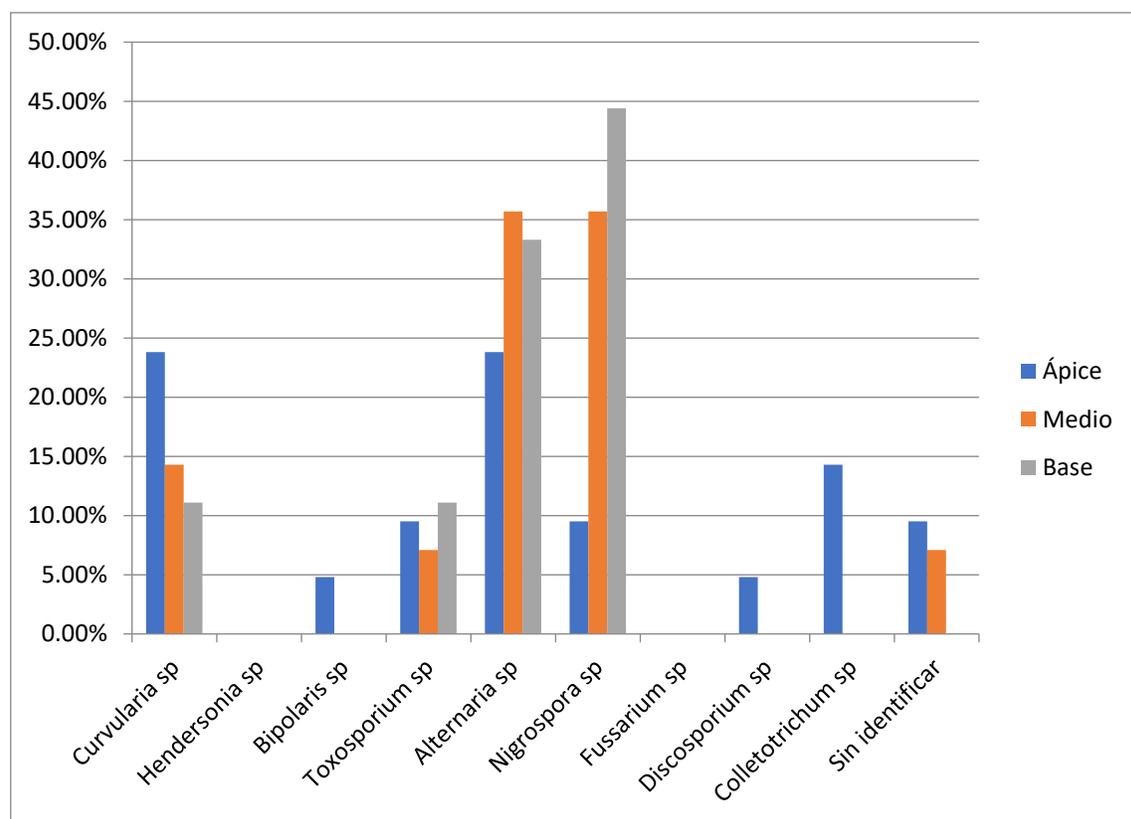
Muestras positivas en las diferentes secciones de los pastos muestreados, en la finca El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero. Eje X (partes de la hoja estudiadas), eje Y (porcentaje de presencia de hongos endófitos)



En la figura 8 podemos observar la ocurrencia de hongos Endófitos, en las tres secciones del pasto ápice, medio y base, durante las seis semanas de muestreo, en donde los géneros con mayor ocurrencia fueron *Nigrospora sp.* y *Alternaria sp.*, pero en la sección de la base la que mayor ocurrencia presento fue *Nigrospora sp.*, ya que Arias y Piñeros (2008) sostiene que este hongo es típico de encontrarse en suelos tropicales y en diferentes tipos de pastos.

Figura 8.

Prevalencia de hongos endófitos (eje X) en las diferentes secciones de los pastos colectados (eje Y), en la finca El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.



En la tabla 5 se muestran los géneros de hongos endófitos aislados de las tres fincas estudiadas, durante seis semanas, en donde la sección que más géneros de presento fue la sección del ápice, con 10 géneros.

Tabla 5.

Géneros de Hongos Endófitos aislados e identificados, en las Fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.

Ápice	Medio	Base
<i>Curvularia sp.</i>	<i>Curvularia sp.</i>	<i>Curvularia sp.</i>
<i>Hendersonia sp.</i>	-----	-----
<i>Nigrospora sp.</i>	<i>Nigrospora sp.</i>	<i>Nigrospora sp.</i>
<i>Toxosporium sp.</i>	<i>Toxosporium sp.</i>	<i>Toxosporium sp.</i>
<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>	<i>Alternaria sp.</i>
<i>Discosporium sp.</i>	-----	-----
<i>Colletotrichum sp.</i>	<i>Colletotrichum sp.</i>	-----
<i>Bipolaris sp.</i>	-----	-----
<i>Fusarium sp.</i>	<i>Fusarium sp.</i>	-----
Sin identificar	Sin identificar	Sin identificar

En la tabla 6 cuadro se muestra la prevalencia hongos endófitos aislados en las secciones del ápice, medio y base, durante las seis semanas de muestreo, en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, en donde se observa que el género de hongo con mayor frecuencia en las tres secciones fue *Alternaria sp.*, ya que éste se adapta mejor a las condiciones tanto nutricionales como de temperatura en los países tropicales. Mientras que los géneros con menor ocurrencia encontrados en las tres secciones son *Hendersonia sp.*, *Discosporium sp.* y *Bipolaris sp.*

Los géneros *Alternaria sp.*, *Curvularia sp.* y *Nigrospora sp.* son hongos micorrizicos lo cual lleva a proporcionarle beneficios a los pastos entre los que se encuentran: mejor absorción de nutrientes, mayor producción de semillas entre otras, según lo sostiene Abello (2006).

Tabla 6.

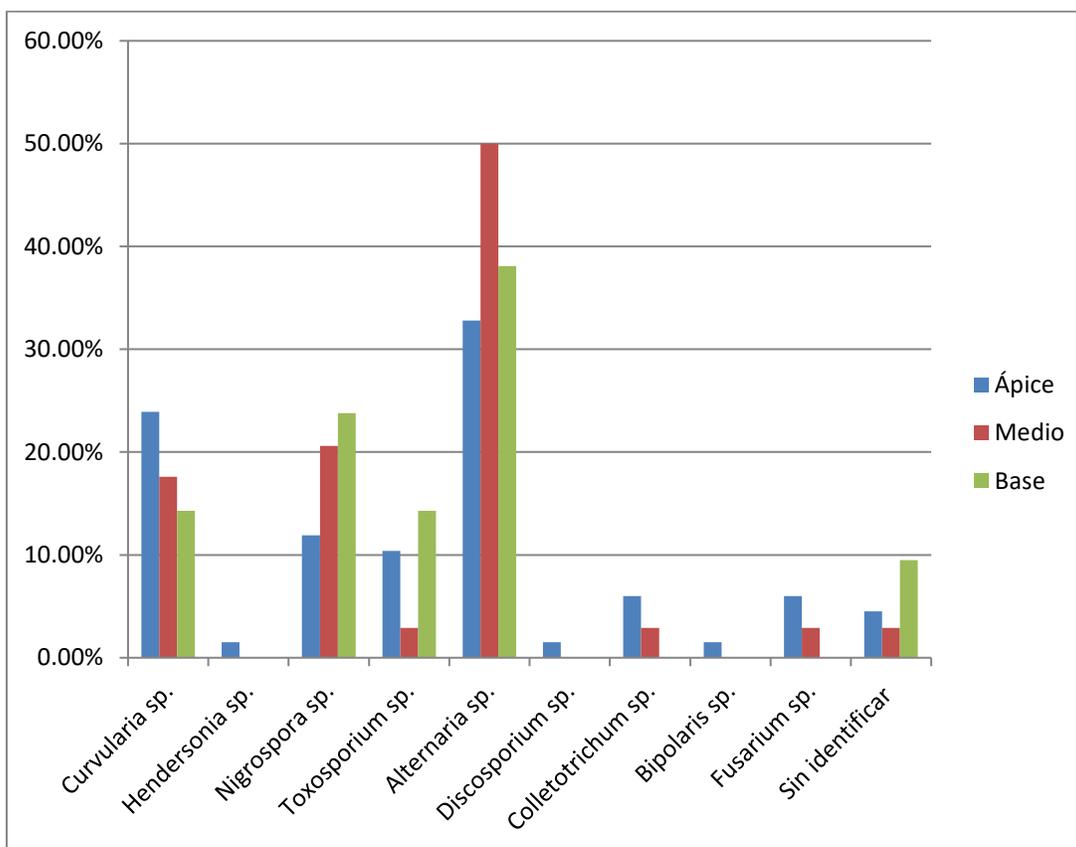
Prevalencia de hongos endófitos aislados, en la sección del ápice, medio y base, en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.

Géneros	Ápice	Medio	Base
<i>Curvularia sp.</i>	23.9%	17.6%	14.3%
<i>Hendersonia sp.</i>	1.5%	0%	0%
<i>Nigrospora sp.</i>	11.9%	20.6%	23.8%
<i>Toxosporium sp.</i>	10.4%	2.9%	14.3%
<i>Alternaria sp.</i>	32.8%	50.0%	38.1%
<i>Discosporium sp.</i>	1.5%	0%	0%
<i>Colletotrichum sp.</i>	6.0%	2.9%	0%
<i>Bipolaris sp.</i>	1.5%	0%	0%
<i>Fusarium sp.</i>	6.0%	2.9%	0%
Sin identificar	4.5%	2.9%	9.5%

En la figura 9 se muestra la ocurrencia de cada género de hongo endófito que se encontró, en la sección del ápice, medio y base del pasto, en las seis semanas de muestreo, en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo. En la cual *Alternaria sp* se encontró mayoritariamente en las tres secciones.

Figura 9.

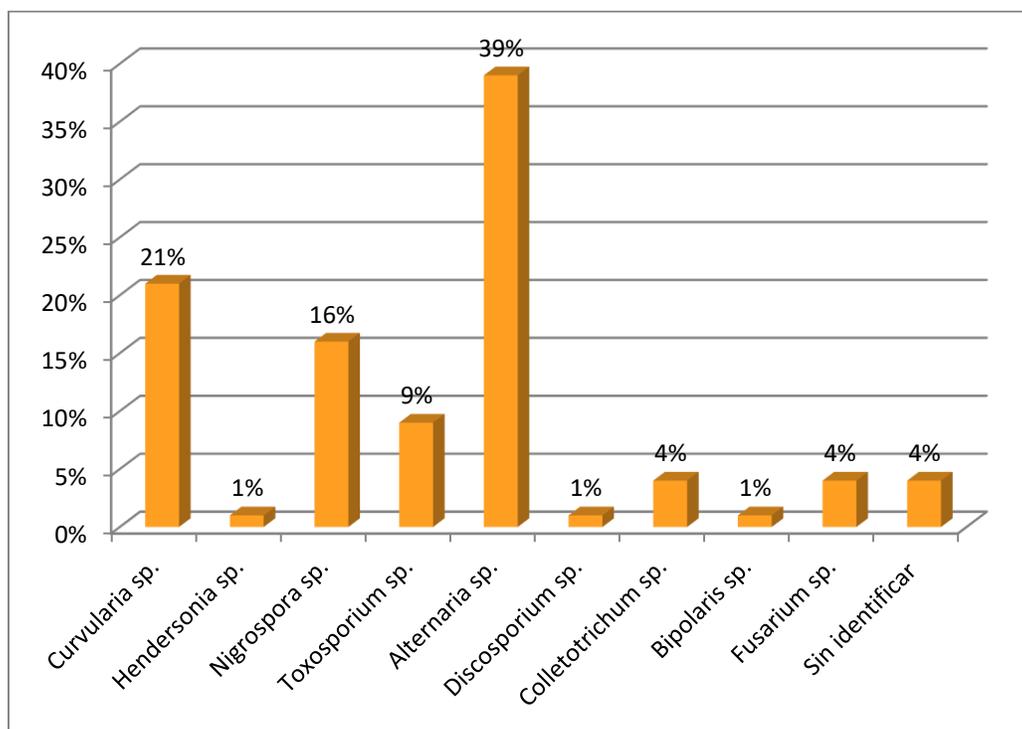
Prevalencia de géneros de hongos endófitos aislados (eje X), en la sección del ápice, medio y base (eje Y), en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.



En la figura 10 se muestra el recuento total de los géneros de hongos endófitos, en donde se observa claramente, que *Alternaria sp.* es el que mayor ocurrencia presente en las tres Fincas, dicha recurrencia podría deberse al hecho de que las esporas de este género (*Alternaria sp.*) se encuentra comúnmente suspendidas en el aire, tal como lo sostiene Andrews (1992). También observamos una alta presencia del género *Curvularia sp.*, esto debido, presumiblemente a los sustentado por Chong (1999), que estos hongos se desarrollan comúnmente en el suelo de las áreas tropicales. Por otra parte, vale la pena destacar que también se encontraron otros géneros como *Hendersonia sp.*, *Discosporium sp.*, y *Bipolaris sp.*, pero con menor frecuencia, debido a que mucho de estos géneros no son comunes de habitar en los pastos, sino en diferentes plantas.

Figura 10.

Ocurrencia de géneros de hongos endófitos (eje X) encontrado en la hoja entera de pastos (eje Y), colectados en las fincas Badi, Nigüito y El Aromo, en el Corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos, durante los meses de enero y febrero.



CONCLUSIONES

-La finca con mayor número de muestras positivas de hongos endófitos fue El Aromo, con un 37.9%, mientras que las fincas Badi y Nigüito registraron un 30.3% y un 31.8%, respectivamente.

-Entre los géneros de hongos endófitos encontrados podemos destacar: *Discosporium sp.*, *Toxosporium sp.*, *Fusarium sp.*, *Alternaria sp.*, *Nigrospora sp.*, *Curvularia sp.*, *Colletotrichum sp.*, *Bipolaris sp.*

-Los hongos endófitos con mayor ocurrencia fueron: *Alternaria sp.* con un 39%, *Curvularia sp.* con un 21% y *Nigrospora sp.* con un 16%, ubicándose mayormente en el ápice de la hoja con un 54%, mientras que en el medio y en la base de la hoja se encontró un 26% y un 20% de hongos endófitos, respectivamente

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abello, J., Kelemu, S. (2006). *Hongos Endófitos: ventajas adaptativas que habitan en el Interior de las plantas*.
- Alves, A. (1986). *Ganado bovino para los países tropicales*. Editorial Limusa, S.A. D.c.v. Primera Edición. México, D.F. Pág. 1-2.
- Andrews, S. (1992). Differentiation of *Alternaria* species isolated from cereals on dichloran malt extract agar. pp. 351-355 en: Samson RA et al., editores. *Modern Methods in Food Mycology*. Elsevier, Amsterdam.
- Arias, E., Piñeros, E., (2008). *Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelo de las Paramas de Guasca y Cruz Verde*. Bogotá. Tesis de Licenciatura. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
- Chong, M. (1999). *Aislamiento y caracterización de microhongos de interés industrial a partir de micromycetes en descomposición*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Panamá.
- Clay, K. (1991). Endophytes as antagonists of plant pests. In (J.H. Andrews and S.S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 331–357). Berlin, Germany, Springer-Verlag.
- Gispert, C. (2008). *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*. Primera Edición. Editorial MMVII OCEANO. Barcelona, España. Pág.: 1028.
- Gundel, P. (2008). *Hongos benéficos para mayor producción forrajera*. *Producir XXI*, Bs As. 16 (206):24-32.
- López, M., Solís, G., Murrieta, J., López, R. (2009). Percepción de los ganaderos respecto a la sequía: viabilidad de un manejo de los agostaderos que prevenga sus efectos negativos. *Estud. soc vol.17 spe* Hermosillo.
- Petigrosso, L., Gundel, P., Colabelli, M., Fernández, O., Assuero, S. (2019). *Hongos endófitos en festuca alta: del problema a las soluciones*. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, vol. 45, núm. 2, pp. 292-303. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

ANEXO FOTOGRÁFICO

Figuras anexas del artículo con estructuras reproductivas de los hongos aislados durante esta investigación. **Créditos de microfotografía Mario Cortéz.**

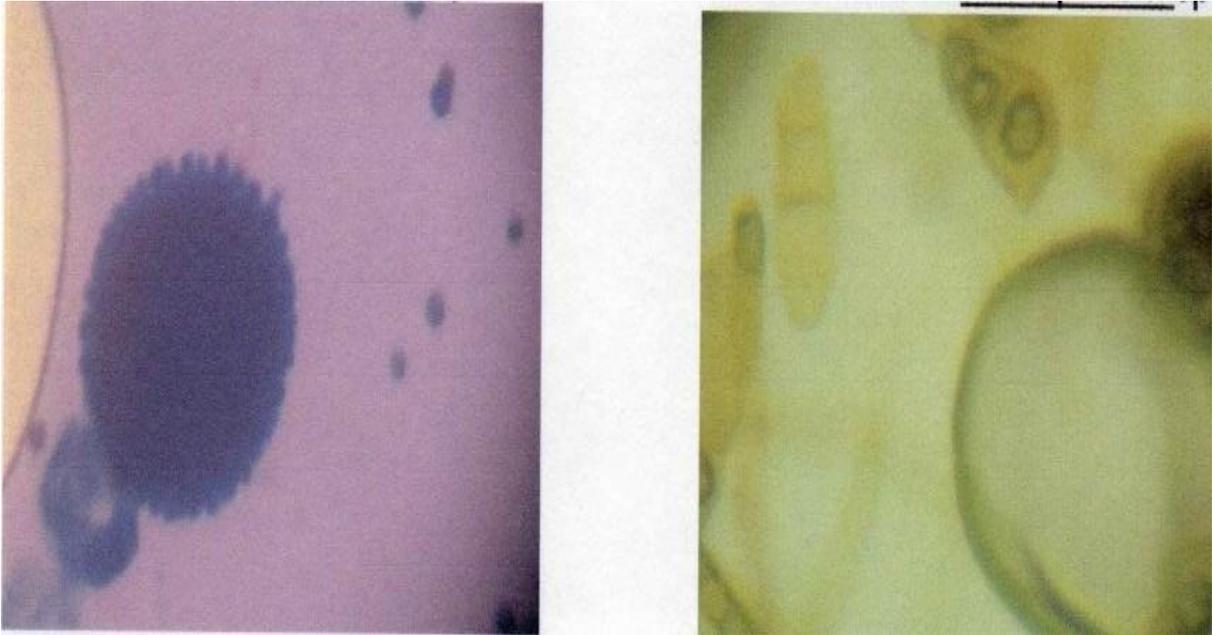


Figura 1. Esporas de *Nigrospora sp.*, presenta conidios de color negro e hifas septadas (Izquierda). Esporas de *Toxosporium sp.*, que poseen de tres a cinco septos (derecha).

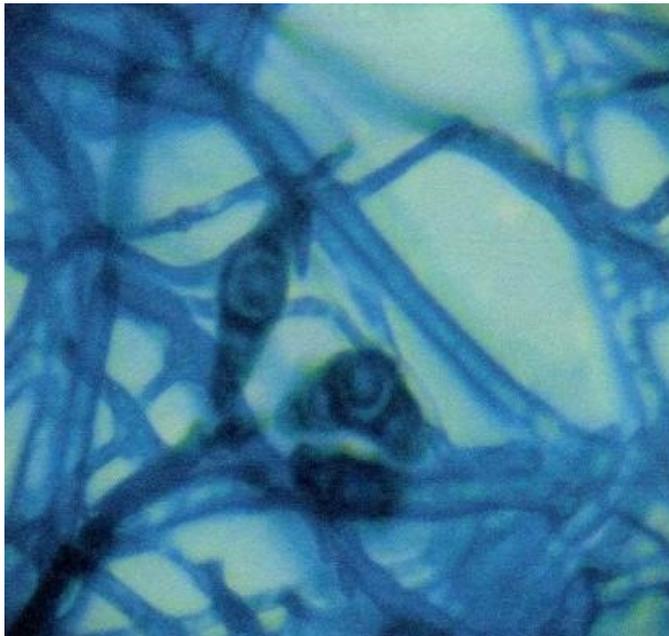


Figura 2. Esporas de *Curvularia sp.* con conidióforo de color marrón e hifas septadas.

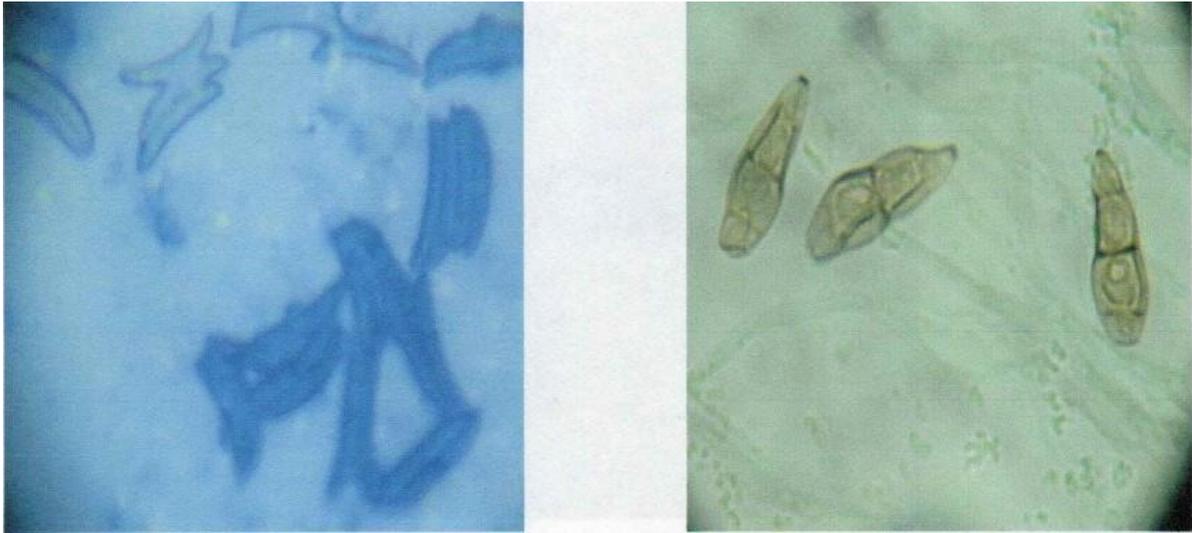


Figura 3. Esporas curvadas de *Fusarium sp*, con célula basal en forma de pie (izquierda). Esporas de *Alternaria sp* con septos transversales llamados dictiosporas (derecha).



Figura 4. Esporas de *Discosporium sp* (izquierda). Esporas de *Bipolaris sp*, con desarrollo simpodial de color marrón con conidios pseudoseptados (derecha).



Figura 5. Esporas de *Colletotrichum sp*, los conidios unicelulares hialinos los cuales se producen en acervulo.

EFEECTO DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE LA CAÑA DE AZÚCAR EN EL ARCO SECO DE PANAMÁ

EFFECT OF AIR TEMPERATURE ON THE GROWTH AND DEVELOPMENT OF SUGAR CANE IN THE DRY ARC OF PANAMA

Antonio Menéndez Sierra¹

¹Universidad Central del Este, San Pedro de Macorí. Republica Dominicana. amenendez90@hotmail.com,
amenendez@uce.edu.do; <http://info@uce.edu.do>

Recepción: 25 de diciembre de 2022

Aprobación: 24 de marzo de 2023

RESUMEN

Durante el periodo de 2009 al 2015 se montaron, midieron y analizaron 40 puntos de observación permanente en el arco seco de Panamá para estudiar el efecto del clima en el crecimiento y el desarrollo de la caña de azúcar. Las variables independientes (temperatura máxima, mínima, promedio y amplitud térmica) fueron procesadas en rangos mediante técnicas no paramétricas, regresiones y modelos lineales discontinuos, junto a las variables dependientes (altura, grosor y número de tallos por metro lineal de surco). Se calcularon además los Grados Día de Crecimiento (GDC). Los resultados mostraron que las temperaturas están relacionadas con el crecimiento mediante un modelo cuadrático con el que se estableció la temperatura base para el cultivo ($T_b = 24.8 \text{ }^\circ\text{C}$); la temperatura óptima ($T_o = 27.7 \text{ }^\circ\text{C}$) y la temperatura máxima ($T_m = 30.5 \text{ }^\circ\text{C}$). Los tiempos térmicos fueron estimados a partir de modelos lineales discontinuos, evaluados en las tangentes en los cambios de pendiente, obteniendo los valores en GDC desde la cosecha hasta: el final del periodo de ahijamiento (248.24); el final del gran periodo de crecimiento (880.95) y el momento a la cosecha siguiente (1131.5) y por diferencia la duración de cada etapa. Se observó una dependencia estadística significativa entre los GDC y las velocidades de crecimiento. Esta relación puede ser usada para evaluar el desarrollo de un campo. Cuando se clasificaron los días de acuerdo con la temperatura promedio y su efecto sobre el crecimiento se pudo observar que en general un 65 % fueron buenos, un 23.62 % fueron

regulares y un 11.34 % fueron malos o nulos; estos porcentajes variaron por años resultando en periodos, unos mejores que otros, (años buenos y años malos). Este efecto puede empeorar debido a la variabilidad de la temperatura inducida por el cambio climático.

Palabras clave: Cambio Climático, Caña de azúcar, Crecimiento y desarrollo, Temperatura.

ABSTRACT

During the period from 2009 to 2015, 40 permanent observation points were set up, measured and analyzed in the dry arc of Panama to study the effect of climate on the growth and development of sugarcane. The independent variables (maximum, minimum, average temperature, and thermal amplitude) were processed into ranges using non-parametric techniques, regressions, and discontinuous linear models, together with the dependent variables (height, thickness, and number of stems per linear meter of furrow). The Growth Degree Days (GDC) were also calculated. The results showed that the temperatures are related to the growth through a quadratic model with which the base temperature for the culture was established ($T_b = 24.8$ °C); the optimal temperature ($T_o = 27.7$ °C) and the maximum temperature ($T_m = 30.5$ °C). The thermal times were estimated from discontinuous linear models, evaluated in the tangents in the slope changes, obtaining the values in GDC from harvest to: the end of the tillering period (248.24); the end of the great period of growth (880.95) and the time to the following harvest (1131.5) and by difference the duration of each stage. A significant statistical dependence was observed between the GDCs and the growth rates. This relationship can be used to evaluate the development of a field. When the days were classified according to the average temperature and their effect on growth, it was observed that in general 65% were good, 23.62% were regular and 11.34% were bad or null; these percentages varied by year resulting in periods, some better than others, (good years and bad years). This effect may worsen due to temperature variability induced by climate change.

Keywords: Climate Change, Sugarcane, Growth and development, Temperature.

INTRODUCCIÓN

Desde que Reaumur, en 1730, inventó el termómetro de alcohol e introdujo el concepto de “requerimientos térmicos de las plantas para alcanzar su madures”, los técnicos e investigadores están tratando de cuantificar en qué medida la dinámica del desarrollo vegetal está definida por este factor. (Wang, 1960).

En términos generales se sabe que la temperatura determina la distribución geográfica de las plantas, su desarrollo y su rendimiento, además sus cambios inciden en la velocidad con que ocurren los eventos fisiológicos, lo que influye en aspectos agrícolas tales como:

1. La duración del ciclo del cultivo y sus diferentes fases.
2. El pronóstico del rendimiento.
3. Los coeficientes de evapotranspiración.
4. La absorción de los nutrientes.
5. La aparición de plagas y enfermedades.

Uno de los usos más comunes que se le ha dado es establecer la demanda energética de cada etapa fenológica lo que le permite al técnico o productor predecir y proyectar el crecimiento cuando se cultiva en condiciones diferentes, aspecto vital sobre todo en los tiempos actuales donde hay tanta transferencia de tecnología e intercambio y/o introducción de nuevos genotipos. Sin embargo, su efecto sobre la velocidad de crecimiento no es tomado en cuenta a la hora de estimar la producción de los campos.

Dentro de los índices más comúnmente usados para estimar el desarrollo de las plantas en función de la temperatura están los GRADOS-DÍA-DE-CRECIMIENTO, GDC, (Growing Degree Days), o las UNIDADES TÉRMICAS (HT) que algunos autores también llaman “TIEMPO TÉRMICO” (TT).

Estos índices se fundamentan en la diferencia entre tiempo cronológico y tiempo fisiológico, definidos como tiempo cronológico: el tiempo necesario para que una planta cambie de un estado de desarrollo a otro, y tiempo fisiológico como la energía necesaria para que la planta cambie de un estado a otro, con la diferencia que mientras el tiempo cronológico puede cambiar, influenciado por las variables climáticas, el tiempo fisiológico está determinado únicamente por la temperatura, que es la variable que controla la velocidad de las reacciones bioquímicas.

El efecto de la temperatura se mide mediante la acumulación de calor en la planta a partir de una temperatura base (T_b) por debajo de la cual el crecimiento es “0” y cuyo valor es propio para cada especie, cultivo o variedad.

Los GDC para un cultivo son la diferencia entre la temperatura media, en una localidad dada, y la temperatura base de un cultivo en cuestión, pudiendo estimarse para un día, o acumularse para una semana, mes, año o una fase de crecimiento. Puede decirse que es la suma de calor que expresa la cantidad total de energía a que la planta estuvo sometida en un periodo de tiempo.

$$GD = \frac{(t_{max} - t_{min})}{2} - tb \quad GDC = \sum GD \ 1 \rightarrow n$$

Donde:

GD = Grados día.

tmax = temperatura máxima.

tmin = temperatura mínima.

tb = temperatura base.

GDC = grados día de crecimiento.

n = número de días del periodo evaluado.

En caña de azúcar los estudios con relación al efecto de la temperatura no abundan y más bien son de tipo descriptivo, usando extrapolaciones de otros cultivos y/o las características usuales de las zonas donde se cultiva el género, pero estudios realizados en maíz han demostrado que si bien el tiempo que transcurre hasta alcanzar una determinada etapa de desarrollo no es una función lineal de la temperatura (Tollenaar et al., 1979; Warrington & Kanemasu, 1983), la respuesta de la velocidad de desarrollo (inversa a la duración en días de la etapa) a la misma, es aproximadamente lineal en el rango térmico comprendido entre una temperatura base (temperatura mínima a la cual la velocidad de desarrollo es nula) y una temperatura óptima (a la cual se alcanza la máxima velocidad de desarrollo); Warrington & Kanemasu, 1983; Ellis et al., 1992). Por encima de la temperatura óptima el desarrollo se reduce progresivamente hasta detenerse al alcanzar un límite máximo de temperatura.

Este estudio busca contribuir al conocimiento que se tiene sobre los efectos del clima y explicar en qué medida la temperatura influye en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, en la zona del “ARCO SECO DE PANAMÁ”

MATERIALES Y MÉTODOS.

Entre los años 2009 y 2014 se montaron, midieron y analizaron 40 puntos de observación permanente (POP) en caña de azúcar dentro de las áreas de la “Compañía Azucarera La Estrella S.A. (CALESA) ubicada en la zona conocida como “Arco Seco de Panamá” en la vertiente sur del Pacífico panameño, cerca del poblado de Aguadulce, provincia de Coclé.

Se llamó punto de observación permanente (POP) a un área fija de 4 surcos de 10 m de largo de un campo cultivado con caña de azúcar en la que, mensualmente, se medía altura y diámetro en 10 tallos y donde además se contaban los tallos para determinar tallos por metro lineal de surco. (figura 1, ubicación geográfica de los POP)

Los lugares seleccionados se mantuvieron como puntos de muestreo permanente por un periodo de 6 años; otras características como variedad, tipo de suelo, clase agro-productiva, categoría de inundación, época y edad de cosecha, etc. fueron tomadas de los datos generales de los campos donde se encontraban los POP.

La ubicación de los POP fue sistemática, buscando representar todas las condiciones de la empresa, además de facilitar el desarrollo de modelos de terreno para representar y extrapolar tanto las condiciones como los resultados. Las mediciones se realizaban mensualmente: la altura siempre desde la base hasta el primer dewlap visible superior (tvd), el diámetro en la parte central del tallo y se contaban todos los tallos en los dos surcos centrales (20 m de surco).

Los datos climáticos eran suministrados por una estación automática tipo MISOL Wireless, que leía y registraba la información cada 1 hora, aunque los datos eran promediados por día y por mes.

Se consideraron variables dependientes la altura, el grosor y el número de tallos por metro lineal de surco y variables independientes la temperatura máxima, mínima y promedio y la amplitud térmica. En el caso del número de tallos por metro lineal de surco y el diámetro se trabajó con los totales de cada medición de cada mes, además de la relación de grosor/día

(ATR “absolute thickness ratio”) y un factor de reproducción ampliada (ABR “absolute breeding ratio”) que se le llamo a la relación cantidad de tallos/ha/día.

Los periodos de desarrollo fisiológico se determinaron por los cambios de pendiente de las variables del crecimiento y fueron utilizados para la estimación de los grados día de crecimiento (GDC).

Par obviar los supuestos de la estadística clásica los datos fueron procesados con técnicas no paramétricas para lo que las temperaturas fueron transformadas en variables ordinales agrupándolas en 5 clases cuyos límites eran calculados por división directa de la escala en 5 grupos distribuidos a intervalos iguales. La significancia entre grupos se estableció mediante un análisis de varianza de clasificación por rangos de Kruskal-Wallis (H).

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{R_j^2}{n_j} - 3(N+1)$$

Dónde: K = Numero de muestras.

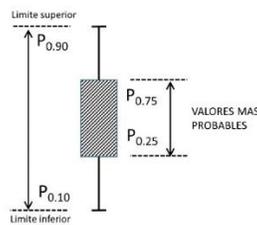
n_j = Número de casos de la muestra de orden j.

N = Número total de casos de todas las muestras combinadas.

R_j = Suma de rangos en la muestra de orden j.

El grado de significancia se obtenía de la distribución χ^2 ya que está probado que el valor de H se distribuye como χ^2 con grados libertad de K-1.

Los resultados son mostrados en gráficos de caja y bigote elaborados para cada grupo de temperatura, donde los límites se establecían a partir de los percentiles: $P_{0.10}$ y $P_{0.90}$ para los bigotes, asumiendo el 10% de error y $P_{0.25}$ y $P_{0.75}$ para las cajas asumiendo que en ese rango se encuentran los valores de ocurrencia más probables; como valor central para cada rango se utilizó la mediana ($P_{0.50}$).



También se utilizaron técnicas de regresión simple y modelos lineales discontinuos.

En total fueron procesadas 2538 observaciones mensuales, realizadas en 171 cosechas que por variedad y cepa se muestran en la tabla 1.

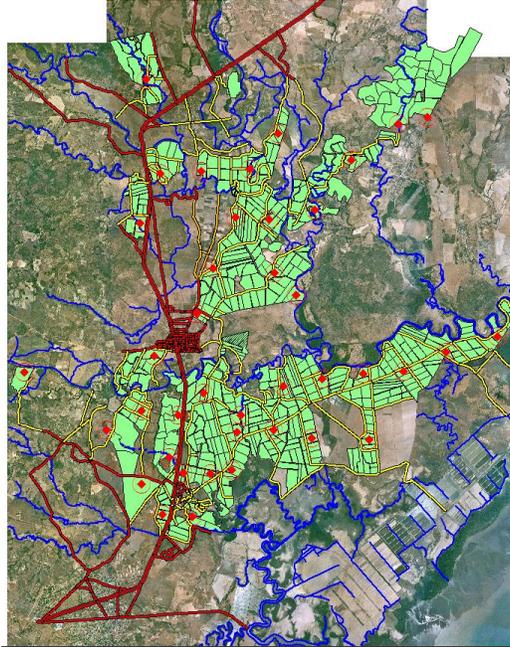
Tabla 1.

Puntos de observación permanente – Cosechas por variedad y cepa

Variedad	Cepas (Número de cortes)									Total
	00-R	01-R	02-R	03-R	04-R	05-R	06-R	07-R	08-R	
BT-7742	4	37	30	7	4	3	3	2	3	83
B-74-125	3	-	5	15	23	15	12	11	3	78
B-80-689	10	22	20	11	-	-	-	-	-	54
Variedades	7	8	3	7	3	-	-	-	-	24
Ragnar	-	4	-	4	-	-	-	-	-	8
DB-7160	-	-	-	3	4	-	-	-	-	7
Total	20	34	28	40	30	15	12	11	3	171

Figura 1.

Distribución Geográfica de los puntos de observación permanente (POP, en rojo)

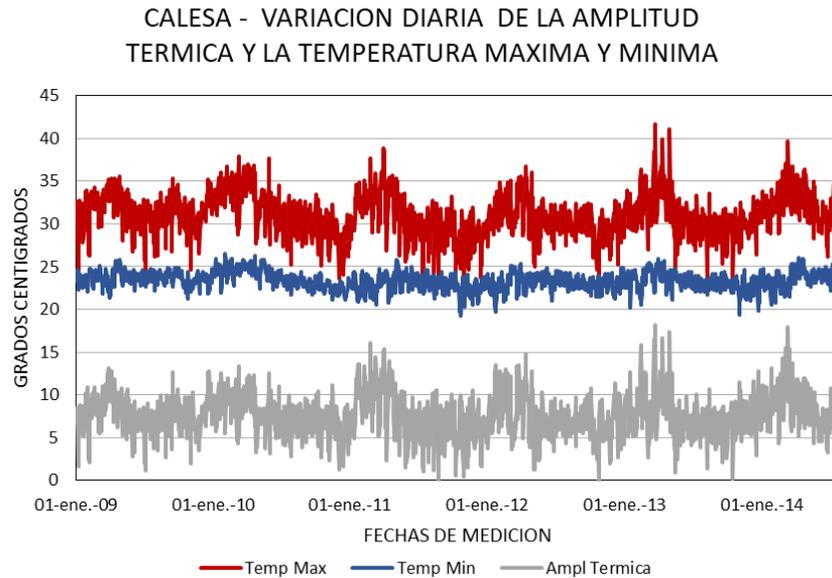


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de la data se pudo comprobar que la temperatura es muy variable y su comportamiento es estacionario. Las mayores diferencias se observan entre meses, aunque también hay diferencias entre años, incluso pueden observarse diferencias entre días consecutivos que sobrepasan los 8 °C para las máximas, que es donde se aprecian las mayores variaciones, (figura 2) sin relación alguna con las mínimas, mucho más estables y donde las diferencias entre días consecutivos no superan los 3 grados.

Figura 2.

Variación diaria de amplitud térmica y la temperatura máxima y mínima en CALESA en el periodo comprendido de enero de 2009 a diciembre de 2014.



Estas variaciones (diarias) son aleatorias y no guardan relación con el año o el mes, pudiendo considerarse como el resultado casual de la interacción directa de la temperatura con la cantidad y duración de la lluvia, el grado de nubosidad y/o el viento, entre otras.

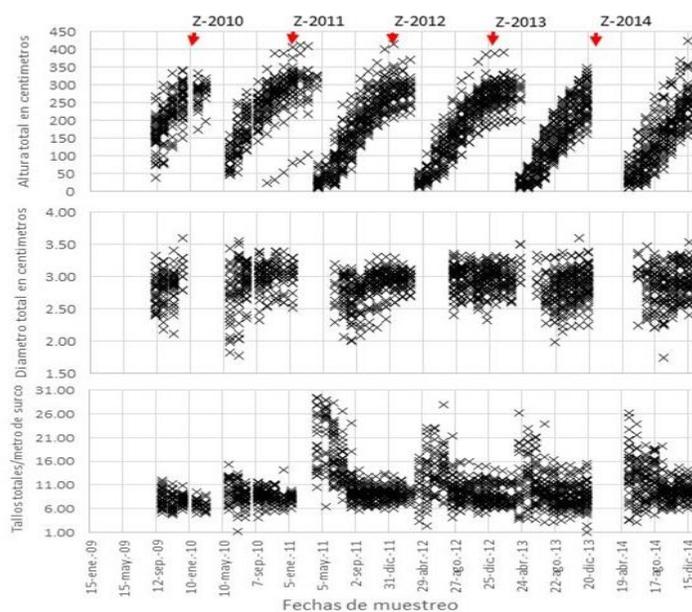
Aunque la temperatura promedio anual alcanzada fue de 27.9 ± 1.4 °C las máximas variaron entre 41.6 y 21.3 °C y las mínimas entre 26.5 y 19.2 °C. El mes más caluroso del año es abril, mes en que la temperatura comienza a descender hasta noviembre, que es el mes más fresco. La amplitud térmica promedio es de 7.7 °C aunque ha llegado a los 18.2 grados, asociada con el aumento de la temperatura máxima.

El crecimiento de la caña de azúcar resulto también estacional y muy variable (figura 3), con un promedio anual de altura de 309.8 ± 53.6 cm; los meses de mayor crecimiento son Junio – Julio – Agosto y Septiembre con crecimientos que pueden llegar hasta 1.5 cm/día. El diámetro por su parte se incrementa mensualmente y su mayor valor se presenta poco antes de la cosecha (3.18 ± 0.1 cm promedio) mientras que el mayor número de tallos por metro

lineal de surco se observa en los meses de abril, mayo y junio, cuando empiezan a disminuir para estabilizarse en septiembre – octubre hasta valores de 8.9 ± 1.2 tallos/metro que como promedio son los que llegan a cosecha.

Figura 3.

Variación diaria de la altura total, el diámetro y los tallos por metro en CALESA en el periodo comprendido de enero de 2009 a diciembre de 2014.



Todos estos valores son circunstanciales y están afectados, por los niveles de humedad del suelo, el genotipo y las condiciones de cultivo en cada punto específico.

Cuando se analizó el efecto de cada rango de temperatura sobre el crecimiento mensual del tallo se pudo observar que este aumenta hasta un punto en que comienza a disminuir, este análisis resulto significativo, tabla 3 y figura 4 y cuando esta relación se modela mediante una regresión polinomial de 2do grado se obtiene:

$$y = -4.4923x^2 + 248.6x - 3404.3$$

Pudiendo establecerse como:

- La TEMPERATURA BASE 24.8 °C (temperatura en la que el crecimiento es muy bajo o se detiene, $y = 0$).
- La TEMPERATURA OPTIMA 27.7 °C (en la que se alcanza el máximo crecimiento, $y = \max$) y como
- La TEMPERATURA MÁXIMA, crítica, 30.5 °C en la que se produce un estrés por temperatura y el crecimiento se reduce al mínimo o se detiene ($y = 0$).

Tabla 3.

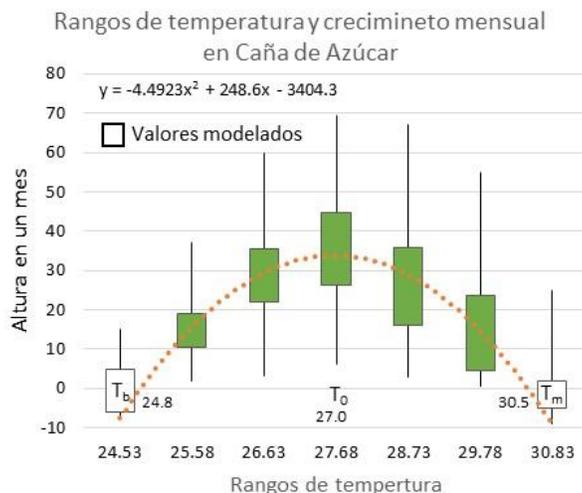
Prueba de Kruskal-Wallis para altura/mes por rangos de temperatura promedio mensual

<i>Rangos de Temperatura</i>	<i>Tamaño Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>	<i>Mediana</i>
< 25.58	28	310.589	15.00
26.63	262	732.807	29.45
27.68	603	922.066	36.00
28.73	350	652.364	24.95
> 28.73	210	339.552	12.05

Estadístico H = 348.095 Valor-P = 0

Figura 4.

Modelo que describe el comportamiento de la altura del tallo de caña de azúcar en relación a la temperatura media. Datos mensuales de 40 POP en CALESA (2009 – 2014).



La variación intercuartilica para la altura de los tallos, es alta, como muestran los gráficos de caja y bigote, lo que se debe al efecto que sobre esta variable ejercen además de la temperatura otros factores (genéticos, biológicos, edafológicos, climáticos, agrotécnicos, antropogénicos, etc.) y sus interacciones, que no pueden ser fácilmente segregados en los estudios desarrollados en campos comerciales, produciendo un sesgo que los hace menos precisos, aunque más representativos y confiables al estar sometidos a las condiciones de producción.

Resultados similares han sido reportados para Colombia (Larrahondo, et al, 1995) donde, se aceptan como óptimas las temperaturas medias entre 25 y 26.5°C, con una fluctuación entre 19 como mínima y 30 como máxima. Se ha observado además que por debajo de los 19°C se alarga el periodo vegetativo y que por encima de 32.3°C su crecimiento se detiene. En otros entornos como Pakistán se reporta un óptimo crecimiento a temperaturas de 45°C, mientras que en Egipto afirman que las temperaturas superiores a los 35°C producen un aumento de la foto respiración y como consecuencia la fotosíntesis neta disminuye por lo que el proceso fotosintético se reduce y junto con ella el rendimiento de la planta y ya por encima de 36°C la planta presenta síntomas de marchitez, a pesar de disponer de riego.

Cuando se analizó la relación de la altura mensual con el resto de las variables independientes (temperaturas máximas y mínimas y amplitud térmica) se obtuvieron resultados significativos y similares para la máxima y la mínima, aunque la relación con esta última fue menor; (Tabla 4 – 5), siendo cuasi lineal para la amplitud térmica (Figura 6) presumiblemente por no contar con diferencias menores de 5 °C entre las temperaturas máximas y mínimas.

Esta relación sugiere que con una amplitud térmica superior a los 7 grados Celsius el crecimiento de la caña comienza a disminuir y con diferencias de temperatura mayores a 11 °C el mismo se detiene. Resultados similares han sido reportados por Larrahondo, J.E, (1995) que encontró que entre 11 y 12 °C se estimula el almacenamiento de sacarosa ya que estas diferencias ejercen una marcada influencia sobre la reducción de la tasa de crecimiento vegetativo y el enriquecimiento de azúcar de la caña por hectárea por año (con 14 % de sacarosa, 14 % de fibra y de 2 % de otros productos solubles). Humbert R.P. (1970); Chaves Solera M.A. (1982); Duarte Álvarez, et al (2019), entre otros han reportan efectos similares.

Tabla 4.			
<i>Prueba de Kruskal-Wallis para Altura/Mes por rangos de temperatura mínima</i>			
Temperatura mínima	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Mediana
< 22.49	188	634.303	25.90
22.94	323	710.033	29.00
23.4	482	760.612	31.90
23.85	375	788.58	30.00
> 23.85	85	534.224	20.00
Estadístico (H)= 38.8174 Valor-P = 7.59 E-8			

Figura 5.

Modelo que describe el comportamiento de la altura del tallo de caña de azúcar en relación a la temperatura mínima.

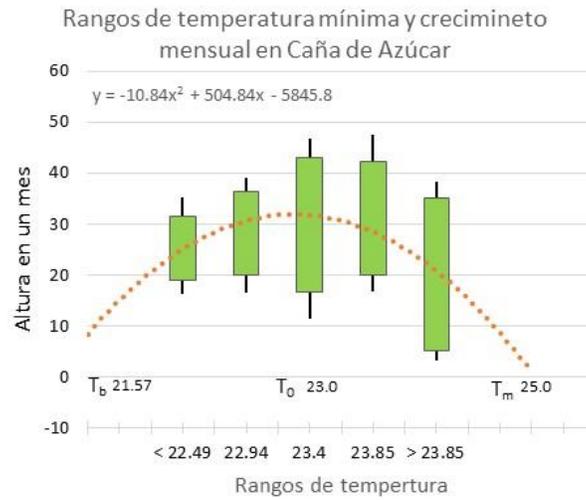


Tabla 5.

Prueba de Kruskal-Wallis para Altura/Mes por rangos de temperatura máxima

Temperatura máxima	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Mediana
< 28.28	101	572.124	24.50
29.67	392	898.672	35.00
31.06	636	801.82	31.00
32.45	183	567.53	23.00
> 32.45	141	230.152	7.30
Estadístico (H) = 323.75 Valor-P = 0			

Figura 6.

Modelo que describe el comportamiento de la altura del tallo de caña de azúcar en relación a la temperatura máxima.

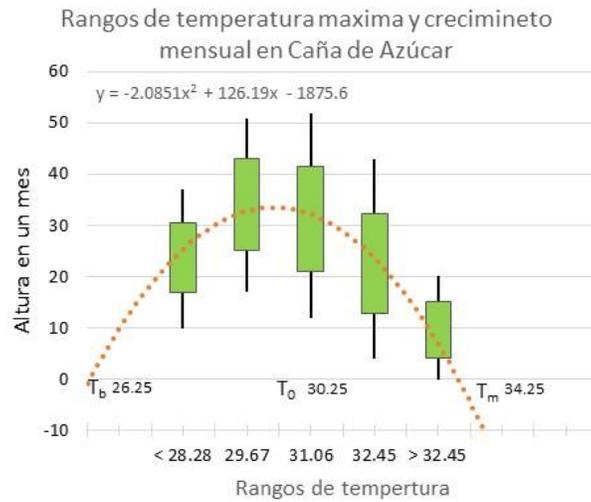


Tabla 6.

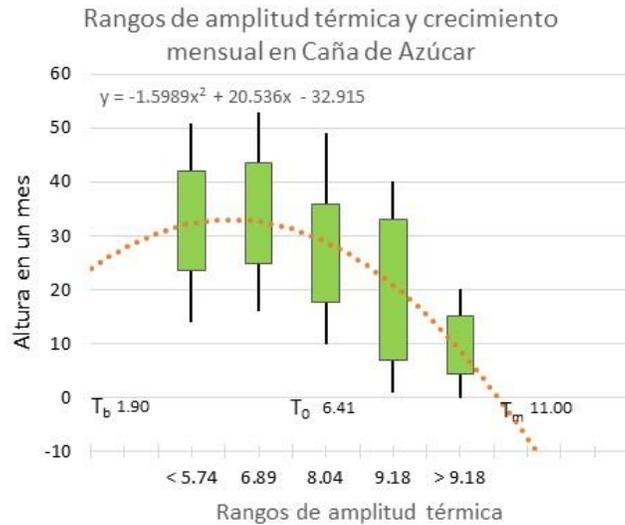
Prueba de Kruskal-Wallis para Altura/Mes por rangos de amplitud térmica

Amplitud térmica	Tamaño Muestra	Rango Promedio	Mediana
< 5.74	170	837.047	32.05
6.89	622	873.342	34.10
8.04	410	673.767	25.95
9.18	110	560.005	23.30
> 9.18	141	233.826	8.00

Estadístico (H) = 306.178 Valor-P = 0

Figura 7.

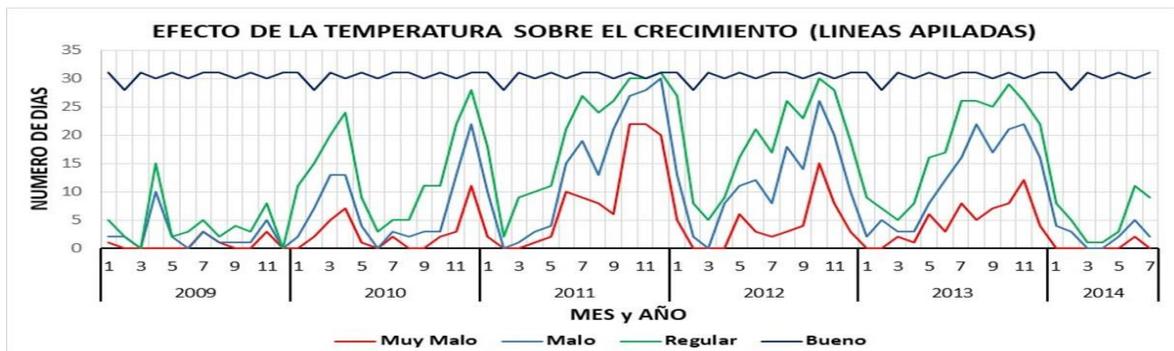
Modelo que describe el comportamiento de la altura del tallo de caña de azúcar en relación a la amplitud térmica.



Cuando se clasificaron los días de acuerdo con la temperatura promedio y su efecto sobre el crecimiento (figura 8) en días buenos (>80% del óptimo); regulares (40-80%); malos (0-40%) y muy malos ($\leq T_b$) se pudo observar que en general un 65 % fueron buenos, un 23.62 % fueron regulares y un 11.34 % fueron malos o muy malos, pero estos porcentajes variaron por años resultando en periodos unos mejores que otros (años buenos y años malos).

Figura 8.

Calidad y cantidad de días en función de la temperatura promedio diaria y su efecto sobre el crecimiento en caña de azúcar. (Líneas apiladas)



Por otra parte el efecto de la temperatura se manifiesta en dos direcciones: 1, sobre la duración de las fases de crecimiento; y 2, sobre la velocidad del crecimiento; de lo que se desprende que el mayor crecimiento y por ende la mayor producción se obtienen cuando se logra una alta velocidad de crecimiento (> 1.5 cm/día) con una mayor duración del gran periodo de crecimiento (GPC).

El cálculo de la duración de las fases de crecimiento (edad fisiológica) se realizó a partir de los GDC una vez estimada la T_b ; con ellos (GDC) y la altura acumulada se establecieron las cantidades de calor necesarias para lograr los cambios de fase del cultivo, sobre la base de considerar que los cambios en la pendiente de la curva están asociados al comienzo de cada fase.

El procedimiento utilizado con este fin consistió en calcular un modelo de regresión de la altura acumulada total en función GDC, posteriormente se estimaron las rectas tangentes en los puntos de cambio de pendiente y con ellas los puntos de intersección donde se considera cambian las etapas fisiológicas (figura 8).

Este procedimiento difiere del reportado por Yang et al, 1995; Oliveira, 1998; Salazar-Gutiérrez et al, 2013, que utilizaron, para calcular la temperatura base, métodos estadísticos como la menor varianza (VAR) en GDC, la menor desviación estándar (SD), la menor SD en días, el menor coeficiente de variación (CV) y regresión lineal, utilizando el coeficiente de regresión y los métodos de intercepto en X dentro de la fase fisiológica analizada; definidas por los cambios fisiológicos observados en el cultivo.

En este caso el modelo de mejor contraste fue un polinomio de 4to grado que describía el proceso con un 76 % de ajuste y a partir del cual se obtuvieron las rectas tangentes en los puntos de cambio.

$$\begin{aligned} \text{Altura} = & 24.3087 - 0.135882 * \text{GDC} + 0.00123554 * \text{GDC}^2 - 0.00000117853 \\ & * \text{GDC}^3 + 3.31647E - 10 * \text{GDC}^4 \end{aligned}$$

$$(R^2= 0.7646; F= 1318.67; \alpha = 0.0000; \sigma = 34.48)$$

Los modelos de las tangentes obtenidas fueron:

Ahijamiento: $y = 0.121x + 21.29$

Gran Periodo de Crecimiento: $y = 0.3453x - 34.36$

Maduración: $y = 0.0594x + 215.56$

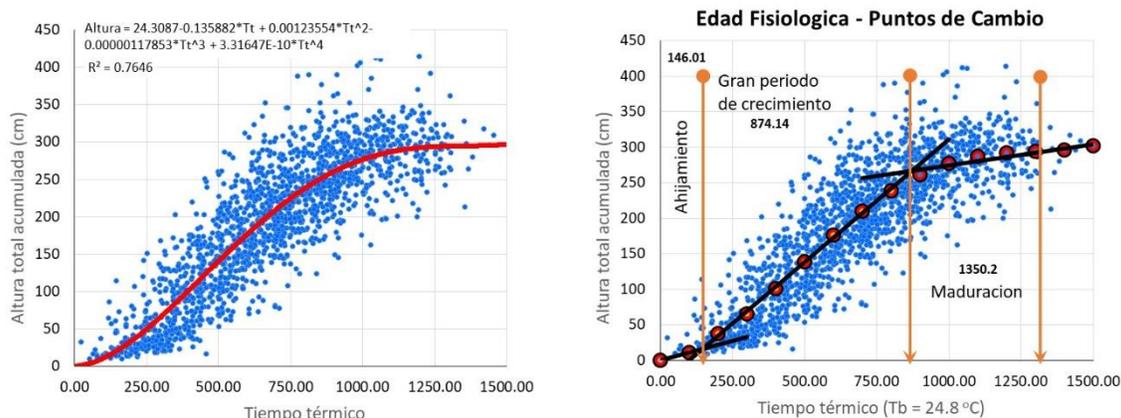
Y los puntos de cambio (puntos de corte de las tangentes):

- 248.24 GDC, desde que la caña se cosecha hasta terminado el ahijamiento.
- 880.95 GDC, desde que la caña se cosecha a que comienza la maduración.
- 1131.5 GDC desde que la caña se cosecha a que termina la maduración; calculando la energía total necesaria para 365 días a 27.9 °C – 24.8 °C, (temperatura anual promedio – temperatura base) asumiendo caña cortada con 12 meses de edad.

Resultando 248.24 GDC para el ahijamiento; 631.81 GDC para el gran periodo de crecimiento y 250.55 GDC para la maduración.

Figura 9.

Relación entre la altura total de los tallos y los GDC (tiempo térmico); a la izquierda; a la derecha tangentes y puntos de cambio de pendiente utilizando un modelo lineal discontinuo.



Quando se calcularon los GDC necesarios en cada periodo fisiológico con las diferentes causas de variación (tabla 7) se obtuvieron valores variables, sobre todo para el periodo comprendido desde el corte hasta el ahijamiento, presumiblemente afectado, además del genotipo, por el tiempo que demora la brotación y el cierre de campo ya que como se sabe el ahijamiento en caña de azúcar es consecuencia directa de la incidencia del sol y comienza a

controlarse (disminuir) cuando el follaje impide la penetración de los rayos solares, lo que demora más en suelos afectados por factores limitantes donde el cultivo crece menos y/o en campos despoblados. Independientemente, contados desde el momento del corte, 248.24 ± 96.63 parece ser el tiempo térmico (GDC) que la caña necesita para concluir el ahijamiento.

La baja variación observada en función de la clase agrícola del suelo se debe a que la calidad del suelo no influye directamente sobre la temperatura del aire y la alta variación entre variedades puede deberse a diferencias en la T_b , que puede ser distinta para cada genotipo, lo que ha sido reportado por Trudgill et al, 2005, aunque no pudo ser demostrado en este trabajo, donde las diferencias en T_b entre genotipos no resultaron significativas.

Tabla 7.

Afectaciones en la duración absoluta del ahijamiento (a la izquierda) y el gran periodo de crecimiento (a la derecha) medidas en términos de tiempo térmico (GDC)

Causa de Variación	GDC para ahijamiento			GDC para gran periodo		
	Media	DS	CV%	Media	DS	CV%
Año	294.29	146.68	49.80%	865.57	110.21	12.80%
Variedad	203.81	52.77	40.60%	870.54	72.14	8.30%
Clase Agrícola	227.18	49.69	19.70%	883.7	37.54	4.20%
Mes de corte	267.68	137.39	51.30%	903.98	130.36	14.40%
Promedio	248.24	96.63	40.40%	880.95	87.56	9.93%

La energía necesaria para concluir el gran periodo de crecimiento se muestra mucho más estable y se ubica en alrededor de 880.95 ± 87.56 GDC con CV mucho más bajo (9.9%) y dentro de los límites de error aceptables para este estadígrafo.

Otra forma que puede ser usada para analizar efecto de la temperatura sobre el crecimiento y el desarrollo es en función de la velocidad con que crece la planta (“absolute growth rate”, AGR) que se define como el crecimiento por unidad de tiempo, es decir.

$$AGR = g/t$$

Donde:

$$AGR = \text{Velocidad de crecimiento (cm/día)}$$

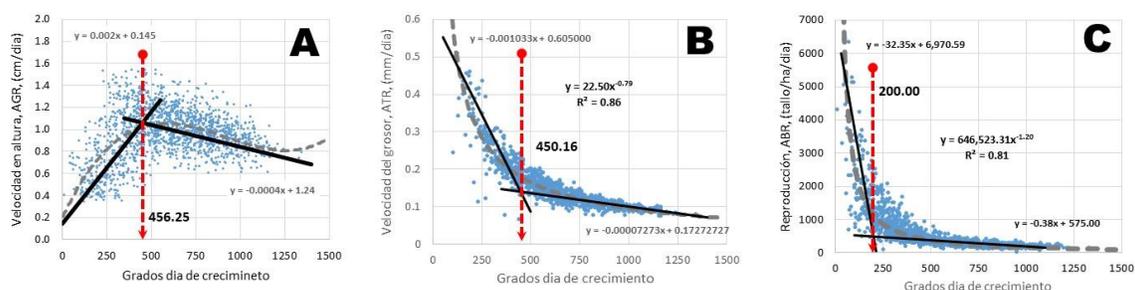
g = Altura del tallo hasta el 1er dewlap visible, o diámetro en el centro del tallo, o tallos por hectárea.

t = tiempo desde el momento de corte o siembra hasta el momento “g”

Las figuras 6a, 6b y 6c muestran estas relaciones.

Figura 10.

Relación entre la velocidad de crecimiento en altura (A), grosor (B) y reproducción de tallos por hectárea por día (C) y los grados día de crecimiento. CALESA, POP, 2009 -2014 .



Como se aprecia la velocidad con que se incrementa la altura (6A) va en aumento a razón de 2 mm/GDC ($y = 0.002x + 0.145$) hasta los 456 GDC cuando alcanza la máxima velocidad (1.06 cm/GDC) y empieza a disminuir a razón de 0.4 mm/GDC ($y = -0.0004x + 1.24$) hasta 1131 GDC en que la planta se corta. El hecho de que en esta zona, al momento del corte, la planta esté creciendo aun a razón de 0.79 cm/GDC fundamenta el uso de maduradores u otro método para detener el crecimiento y obligar a la planta a concentrar azúcares.

Para el grosor (6B) la relación también se divide en dos partes pero ambas desaceleran; la primera a mayor velocidad ($y = -0.001033x + 0.605000$) hasta los 450 GDC en que prácticamente se estabiliza entre 0.14 y 0.07 mm/GDC al momento del corte ($y = -0.00007273x + 0.1727$).

En la reproducción ampliada (tallos/ha/día) se observa la misma tendencia que para el grosor dividiéndose la gráfica en dos partes a los 200 GDC, tiempo en que va concluyendo el ahijamiento cuando llegan a multiplicarse a razón de 500 tallos/ha/día ($y = -32.35x + 6,970.59$) hasta valores de 0 tallos/ha/GDC pasados los 1000 GDC. Esta caída es más

pronunciada debido a que el número de tallos con el tiempo va disminuyendo como consecuencia de la competencia por la luz.

En la gráfica 10, se destacan dos aspectos importantes, 1: que la mayor dispersión de datos se observa en la altura del tallo, lo que se debe a que en esta variable es donde se concentra el mayor efecto de los factores concomitantes y 2: que la caña incrementa su velocidad de crecimiento hasta un punto crítico que se alcanza a los 450 GDC y es antes de llegar a ese punto cuando habría que intervenir para garantizar las condiciones óptimas y alcanzar el máximo crecimiento y producción.

Otro aspecto interesante es que utilizando 200 GDC como punto crítico del ahijamiento se puede inferir que realizando una labor de aporque anterior a este momento se puede aumentar el tiempo del gran periodo de crecimiento, además de redirigir energía hacia esa etapa lo que debería aumentar la velocidad de crecimiento y con ello el rendimiento y la producción. Además: comparando las velocidades de crecimiento reales con las teóricas (estándares) se puede deducir con bastante anterioridad si hay afectaciones y corregirlas y/o tomarlas en cuenta.

CONCLUSIONES

1. A pesar del conocimiento que se tiene de la importancia de la temperatura en el crecimiento y el desarrollo de los cultivos, en el caso de los cultivos comerciales de fondo industrial, con grandes extensiones de área, esta no se toma en cuenta ni en la evaluación de la producción ni en la planeación de las actividades culturales.
2. La variabilidad inducida en la temperatura por el cambio climático causa efectos negativos y significativos en el crecimiento y por ende en la producción de la caña de azúcar, al punto que en el periodo estudiado el 35% del tiempo, como promedio, resultado de regular a malo para el cultivo, observándose una tendencia al incremento en los últimos años.
3. La relación de la temperatura con el crecimiento esta expresada en el modelo cuadrático " $y = -4.4923x^2 + 248.6x - 3404.3$ "; a partir de este modelo se calculó la temperatura base ($T_b = 24.8$ °C), la temperatura optima ($T_o = 27.7$ °C) y la

temperatura máxima ($T_m = 30.5 \text{ }^\circ\text{C}$). Temperaturas por debajo de 24.8 y por encima de 30.5 $^\circ\text{C}$ pueden detener el crecimiento.

4. Con el tipo de utilización de la tierra promedio de CALESA, en las condiciones del arco seco de Panamá, la caña de azúcar puede crecer hasta 1.5 cm/día en el gran periodo de crecimiento si las temperaturas son óptimas.
5. Al igual que el enyerbamiento, las plagas y enfermedades o el riego entre otros la temperatura promedio diaria debe ser un factor a tomar en cuenta a la hora de analizar el nivel de producción esperada ya que al igual que los otros afecta significativamente el crecimiento.
6. Los cálculos de los tiempos térmicos (GDC) resultaron en 248.24 GDC, desde que la caña retoña hasta terminado el ahijamiento; 880.95 GDC, desde que termina el ahijamiento a que comienza la maduración y 1131.5 GDC hasta que termina la maduración lo que representa una duración de 248.24 GDC para el ahijamiento, 631.81 para el GPC y 250.55 GDC para la maduración.
7. El margen óptimo de temperatura efectiva en la zona es de 3 $^\circ\text{C}$, si este se mantuviera constante el agricultor tendría unos (450 GDC/3 $^\circ\text{C}$) 150 días calendario para trabajar y obtener la máxima velocidad de crecimiento, las intervenciones posteriores a 450 GDC resultan mucho menos eficientes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chaves Solera Marco A (1982) LA MADURACION, SU CONTROL Y LA COSECHA DE LA CAÑA DE AZUCAR 1 MAG <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/FAmCPefIHfqCIJhAhnzDdGwAStzOdssA>
- Dos Santos, A.C., J.L. Souza, I. Teodoro, G.V. Souza, G.M. Filho, R.A. Ferreira. (2008) Vegetative development and production of sugarcane varieties as a function of water availability and thermic units. *Ciênc. Agrotec.*, 32 (5): 1441-1448, 2008.
- Duarte Álvarez, Oscar Joaquín; Gonzalez Villalba Jorge Daniel (2019) Guía Técnica del cultivo de la caña de azúcar. San Lorenzo, Paraguay 2019. https://www.jica.go.jp/paraguay/espanol/office/others/c8h0vm0000ad5gke-att/gt_01.pdf

- Ellis, R. H., R. J. Summerfield, G. O. Edmeades, & E. H. Roberts, (1992) Photoperiod, temperature, and the interval from sowing to tassel initiation in diverse cultivars of maize. *Crop Sci.*, 32: 1225-1232
<https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200050033x>
- Larrahondo, J.E.; Villegas, F. (1995) Control y características de maduración. CENICAÑA. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia, Calí, 1995, 3-10
- Oliveira M. (1998) Cálculo de la temperatura base de brotación y floración para *Vitis vinifera* cv. Touriga Francesa en la región del Duero de Portugal. *Soy J. Enol Vitic.* 1998;49(1):74-78.
- Parra-Coronado, A., F. Gerhard, B. Chaves-Cordoba. The thermal time for Productive Phenological Stages of Pineapple. *Acta biol. Colomb.*, 20 (1): 163-173, 2015.
- Salazar-Gutierrez MR, Johnson J, Chaves-Cordoba B, Hoogenboom G. (2013) Relación de la temperatura base con el desarrollo del trigo de invierno. *Int J Planta Prod.* 2013;7(4):741-762.
- Tollenaar, M., T. Daynard, & R. Hunter, (1979) Effect of temperature on rate of leaf appearance and flowering date in maize. *Crop Sci.*, 19(1): 363-366
- Trudgill DL, Honek A, Li D, Van Straalen NM. (2005) Thermal time – Concepts and utility. *Ann Appl Biol.* 2005;146(1):1-14. Doi: 10.1111/j.1744-7348.2005.04088.x.
- Vásquez Condado Juan José (2017) Efecto del Clima en la Producción de Caña y Azucar en Central Progreso. <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>
- Warrington, I. J., & E. Kanemasu, (1983) Corn growth response to temperature and photoperiod. I. Seedling emergence, tassel initiation, and anthesis. *Agron. J.*, 75(5): 749-754. <http://dx.doi.org/10.2134/agronj1983.00021962007500050008x>
- Yang S, Logan J, Coffey DL. (1995) Fórmulas matemáticas para el cálculo de la temperatura base de los grados día de crecimiento. *Agrícola para Meteorol.* 1995;74(1-2):61-74. Doi: 10.1016/0168-1923(94)02185-M

**DESARROLLO DE UN PROTOCOLO DE MULTIPLICACIÓN DE BAMBÚ
GUADUA ANGUSTIFOLIA USANDO BIORREACTORES DE INMERSIÓN
TEMPORAL BITS, CON FINES DE REFORESTACIÓN**

**DEVELOPMENT OF A BAMBU *GUADUA ANGUSTIFOLIA* MULTIPLICATION
PROTOCOL USING TEMPORARY IMMERSION BIOREACTORS TIBS, FOR
REFORESTATION PURPOSES**

**Heidi M. Hernández I¹; Ismael Núñez C²; Luz E. Juárez³; Prudencia E. Guevara⁴; Angela M. Fuentes⁵;
Silvia Lopez⁶; Yumelis A. Saavedra⁷; Iroel Rodríguez D.⁸; Abby S. Guerra M.⁹**

¹Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. heidi.hernandez@grupocalesa.com.

²Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. ismael.nez@yahoo.com

³Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. luzejuarez01@gmail.com

⁴Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. prudencia.guevara@grupocalesa.com

⁵Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. angela.fuentes@grupocalesa.com

⁶Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. silvia.lopez@grupocalesa.com.

⁷Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. yumelis.saavedra@grupocalesa.com

⁸Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. iroel.rodriguez@grupocalesa.com

⁹Compañía Azucarera La Estrella S. A. (CALESA). Gerencia de Operaciones Agrícolas. Departamento de Agronomía, Sección de Biotecnología. Panamá. abby.guerra@grupocalesa.com <https://orcid.org/0000-0001-8854-5926>

Recepción: 6 de febrero de 2022

Aprobación: 13 de abril de 2023

RESUMEN

El Bambú *Guadua angustifolia* posee gran importancia económica y ambiental, pero sus métodos tradicionales de propagación son ineficientes. El objetivo del estudio fue desarrollar un eficiente protocolo de micropropagación para *Guadua*, utilizando Biorreactores de Inmersión Temporal BITS. Para el establecimiento se utilizaron segmentos nodales desinfectados y medio Murashige & Skoog MS + 2 mg L⁻¹ de bencilaminopurina BAP. Para la micropropagación se ensayaron 5 dosis de BAP 2, 3, 4, 5 y 6 mg L⁻¹. En fase de multiplicación en BITS se utilizó MS con 3 dosis de BAP 3, 4, 5 mg L⁻¹ y frecuencias de inmersión cada 3, 6 y 8 horas. Para enraizamiento en BITS se utilizó MS + 2.5 mg L⁻¹ de sulfato de adenina. Los resultados mostraron que usando 2 mg L⁻¹ de BAP, se obtuvo un brote por explante, mientras que con 3, 4, 5 y 6 mg L⁻¹ de BAP se obtuvieron 2 brotes. En multiplicación BIT se obtuvieron 3.5, 7.5 y 10.4 brotes por explante con dosis de 3, 4 y 5 mg L⁻¹ de BAP, respectivamente. Usando frecuencias de inmersión cada 3, 6 y 8 horas, se obtuvieron 7.5, 8.7 y 13.6 brotes por plantas, respectivamente. El número de raíces fue de 11.3, 4.0 y 4.3 con frecuencias de inmersiones de 3, 6 y 8 horas. Los mejores resultados en BITS se obtuvieron usando 3 mg L⁻¹ de BAP y frecuencia de inmersión cada 3 horas. Los resultados muestran avances significativos en micropropagación de bambú y aplicable a otras especies.

Palabras clave: Bambú, BAP, biorreactor de inmersión temporal, *Guadua*, micropropagación.

ABSTRACT

The Bamboo *Guadua angustifolia* has great economic and environmental importance, but its traditional methods of propagation are inefficient. The objective of the study was to develop an efficient micropropagation protocol for *Guadua*, using Temporary Immersion Bioreactors BITS. For the establishment, disinfected nodal segments and Murashige & Skoog MS medium + 2 mg L⁻¹ of benzylaminopurine BAP were used. For micropropagation, 5 doses of BAP 2, 3, 4, 5 and 6 mg L⁻¹ were tested. In the multiplication phase in BITS, MS was used with 3 doses of BAP 3, 4, 5 mg L⁻¹ and immersion frequencies every 3, 6 and 8 hours. For rooting in BITS, MS + 2.5 mg L⁻¹ of adenine sulfate was used. The results showed that using 2 mg L⁻¹ of BAP, one shoot per explant was obtained, while with 3, 4, 5 and 6 mg L⁻¹ of BAP, 2 shoots were obtained. In BIT multiplication, 3.5, 7.5 and 10.4 shoots per explant were

obtained with doses of 3, 4 and 5 mg L⁻¹ of BAP, respectively. Using immersion frequencies every 3, 6, and 8 hours, 7.5, 8.7, and 13.6 shoots per plant were obtained, respectively. The number of roots was 11.3, 4.0 and 4.3 with immersion frequencies of 3, 6 and 8 hours. The best results in BITs were obtained using 3 mg L⁻¹ of BAP and immersion frequency every 3 hours. The results show significant advances in bamboo micropropagation and applicable to other species.

Keywords: Bamboo, BAP, Temporary Immersion Bioreactors, Guadua, micropropagation.

INTRODUCCIÓN

El género *Guadua* es un bambú americano y reúne más de 30 especies, de los cuales el *Guadua angustifolia* es la especie de bambúes más grande y económicamente importante de América Tropical (Judziewics et al., 1999).

En Panamá, se encuentra de forma natural en la provincia de Chiriquí, pero se encuentra bastante deterioradas debido a mal manejo, desconocimiento de su uso, alcance e importancia. <http://www.panamaagro.com/noticias/actualidad/2047-el-cultivo-de-bambu-frente-a-los-efectos-negativos-del-cambio-climatico-y-de-sus-perspectivas-en-el-pais.html>.

La especie *Guadua* brinda múltiples beneficios, económicos, ambientales y culturales. Es utilizado para la elaboración de artesanías, construcciones. En aspecto medio ambiental, provee una gran fuente de biomasa, lo que contribuye a la mejora de la textura y estructura del suelo, mejorando los niveles de erosión y anclaje (Giraldo et al., 2007).

La Propagación de *G. angustifolia* se realiza de manera asexual, puesto que la formación de semilla para la propagación sexual es escasa e irregular, por lo tanto, este no es un método regularmente utilizado, además las semillas tienen un periodo de viabilidad o capacidad de germinación muy corto (Luis F. Botero C. 2001). Por lo anterior, este método de reproducción no es económicamente viable para la *G. angustifolia*. De manera asexual el bambú puede ser propagado a partir de diversas partes de la planta. Los métodos más usados y con mayor éxito son la siembra de rizomas o raíces, de secciones de tallo y el cultivo de “chusquines” o brotes pequeños del rizoma (Luis F. Botero C. 2001). Lo anterior limita su propagación a gran escala por lo que se han realizado diversos estudios sobre metodologías de micropropagación con muy buenos resultados. Algunas especies de bambú han sido propagadas por Sistemas de

Inmersión Temporal (TIS, igual que BITs), como *Dendrocalamus latiflorus* (Mongkolsook *et al.*, 2005), *Bambusa ventricosa* y *Dracaena deremensis* (Chaille *et al.*, 2011), *Bambusa vulgaris* (García Ramírez *et al.*, 2014) y *Guadua Angustifolia* Kunt (Holst, 2010, Gonzaga *et al.*, 2016).

El objetivo de este estudio fue desarrollar un protocolo viable y económico para la micropropagación de *Guadua*, utilizando Biorreactores de Inmersión Temporal BITs, como alternativa a la producción masiva de plantas.

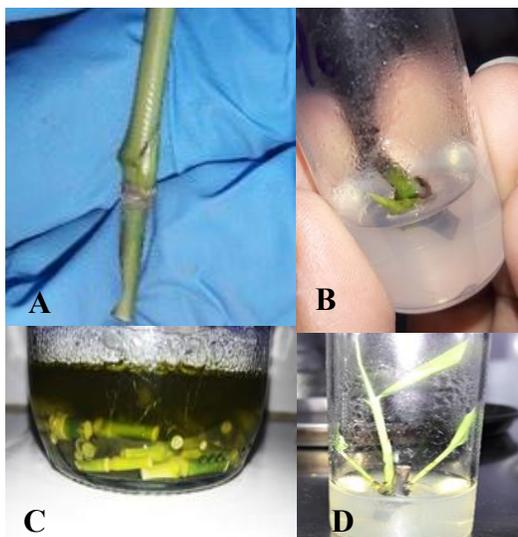
MATERIALES Y MÉTODOS

Para el establecimiento *in vitro* de *G. angustifolia*, se seleccionaron segmentos nodales, según Muthukumaran. *et al.*, 2018, de rodales cercanos a CALESA con características de *Guadua angustifolia* (Figura 1), los cual fueron identificadas previamente (Rodolfo Flores, 2020). La desinfección consistió en una exposición previa con 0.5% de hipoclorito de sodio por 1 h, detergente 5g en 250 ml por 5 min, 3% hipoclorio de sodio + 2 gotas tween 20 por 10 min, luego 48 h en Benomil 5g L⁻¹ + Phyton 5 ml + 3 lavados con agua destilada y estéril. El medio de cultivo utilizado para la fase de establecimiento fue Murashige y Skoog (1962) o MS, + 2 mg L⁻¹ de BAP, con pH ajustado a 5.70, sacarosa 30 g L⁻¹, gelificado con agar (7 g L⁻¹) e incubados a 25°C con luz constante (1800 luxes). Los implantes en esta etapa fueron observados y se evaluó la presencia de hongos y bacterias a los 8, 15 y 22 días después de incubados. Para seleccionar el mejor explante, se seleccionaron explantes de la parte basal, intermedia y final del tallo y se evaluó su respuesta de brotación y de presencia contaminantes tipo hongos y bacterias.

Para la etapa de multiplicación convencional y en BITs, se utilizó material vegetal previamente establecido (Figura 2). Para multiplicación convencional se ensayaron 5 concentraciones de BAP 2, 3, 4, 5 y 6 mg L⁻¹, según referencia de Marulanda *et al.*, 2005. En fase de multiplicación en BITs se utilizó MS con 3 concentraciones de BAP 3, 4, 5 mg L⁻¹ y 3 frecuencias de inmersión (3, 6 y 8 horas). Para el enraizamiento en BITs se utilizó MS + 2.5 mg L⁻¹ de sulfato de adenina.

Figura 1.

Proceso de establecimiento *in vitro* de *G. angustifolia*: A) segmentos nodales; B) Brotación de segmento nodal; C) Desinfección de explantes; D. Planta desarrolla a partir de segmento nodales.

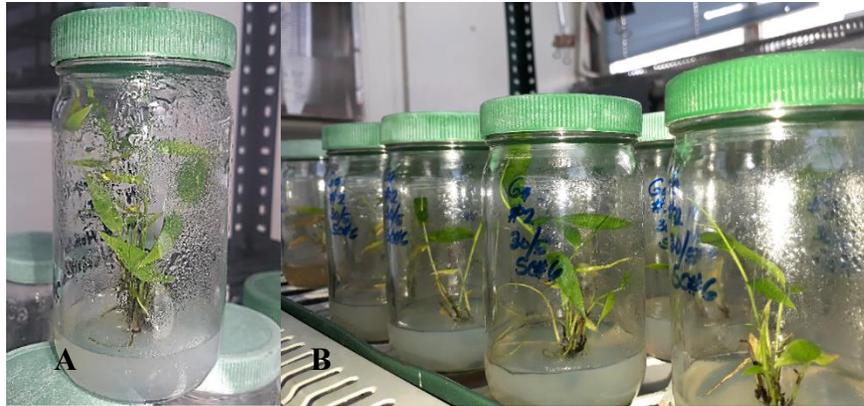


RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el establecimiento *in vitro*, utilizando fungicidas y bactericidas, muy similar al protocolo de Jiménez *et al.*, 2006, se obtuvo 67.4% de explantes con contaminantes, 14.3% de explantes muertos y 18.4% de explantes vivos. Para el establecimiento *in vitro* se utilizaron segmentos nodales de la parte basal, media y apical (Figura 1). Los segmentos nodales de la parte hacia el ápice resultaron con menor incidencia de contaminantes, y coinciden con aquellos resultados de Marulanda, *et al.*, 2002.

Figura 2.

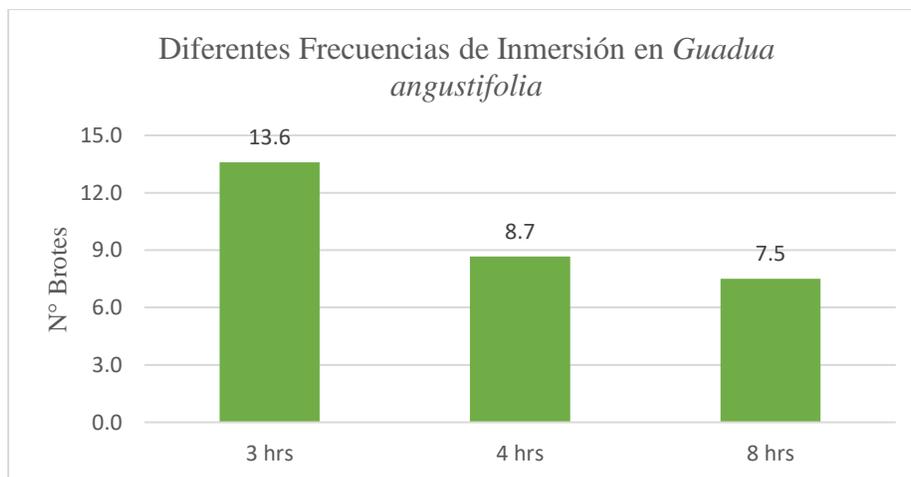
Plántulas de *G. angustifolia* en micropropagación convencional: A) plantas con 30 días en MS + 3 mg L⁻¹ BAP; B) Plántulas en etapas iniciales de multiplicación convencional.



Para la fase de multiplicación convencional en frascos, los mejores coeficientes de multiplicación se obtuvieron utilizando 4 y 5 mg L⁻¹ de BAP (2 brotes por explante), a los 15 días después de colocados en medios fresco; seguido del medio con BAP en dosis de 3mg L⁻¹ a los 22 días. Los resultados concuerdan con aquellos resultados de Jiménez, *et al.*, 2006, para *G. angustifolia*. Igual, estos resultados son similares con el reporte de Freire, *et al.*, 2008, para los géneros *Bambusa vulgaris* var. *vittata* A. & C. Riviere y *Dendrocalamus strictus* (Roxburgh), donde la máxima producción de brotes ocurrió con dosis superiores a 3 mg L⁻¹.

Figura 3.

Respuesta de *G. angustifolia* a diferentes frecuencias de inmersión en BITs.



Para evaluar el efecto de frecuencia de la inmersión de los explantes en medios líquidos (BITs), se establecieron 3 frecuencias de inmersión, partiendo de inmersiones cada 3 horas, basados en experiencia propia con vitroplantas de caña de azúcar en BITs (datos no publicados aun). Como promedio se obtuvo un total 13.6 brotes por explante para la frecuencia de inmersión cada 3 horas, y fue la mejor respuesta comparada con los intervalos de 4 y 8 horas en donde solo se obtuvieron 8.7 y 7.5 brotes por explante, respectivamente (Figura 3). Cada explante consistía de un clúster con 3 plantas aproximadamente.

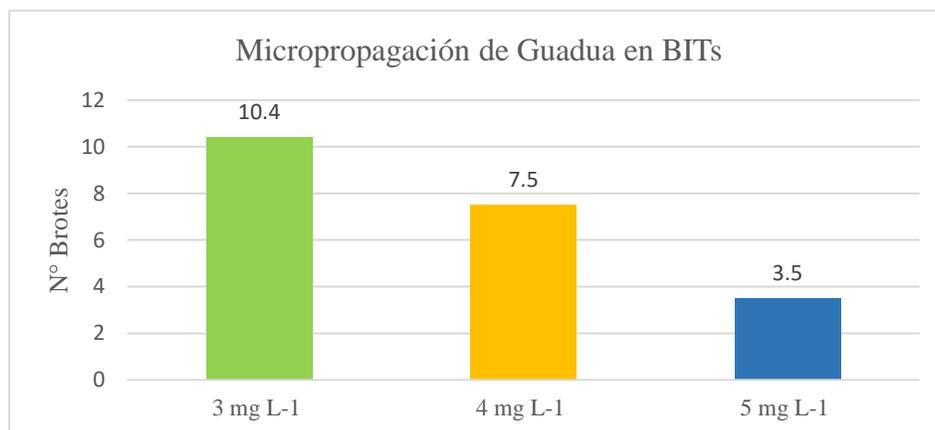
Figura 4.

Respuesta de Explantes 22 días después de inoculados en BITs: A) 3 mg L⁻¹ de BAP; B) 4 mg L⁻¹ de BAP; C) 5 mg L⁻¹ de BAP.



Figura 5.

Número de brotes por explante con diferentes concentraciones de BAP (mg L⁻¹), utilizando BITs.



Una vez se determinó la mejor respuesta de los explantes (clúster de plantas) a intervalos o frecuencia de inmersión, se evaluaron diferentes concentraciones de citoquinina BAP desde 3 hasta 5 mg L⁻¹, en el mismo medio Basal MS, suplementado con una fuente de carbono (sacarosa), similar a los estudios de Jiménez, *et al.*, 2006, a nivel de multiplicación convencional.

Usando una concentración de 3 mg L⁻¹ de BAP en medio de cultivo MS, se obtuvieron los mejores coeficientes de multiplicación en BITs. A partir de 4 mg L⁻¹ se observó fenolización y muerte de tejidos (Figura 4 y 5). Probablemente el medio de cultivo requiera la adición de antioxidantes (ácido cítrico, carbón activado u otro), para contrarrestar los niveles de fenolización (Figura 6). Un aspecto importante al momento de seleccionar plantas para BITs es, tener mucho cuidado con la presencia de contaminantes de microorganismos endófitos, que puedan proliferar en el paso hacia BITs.

Figura 6.

Respuesta de los explantes (22 días de edad), en BITs, con diferentes frecuencias de inmersión: A) 3 horas; B) 4 horas; C y D) Cada 8 horas.

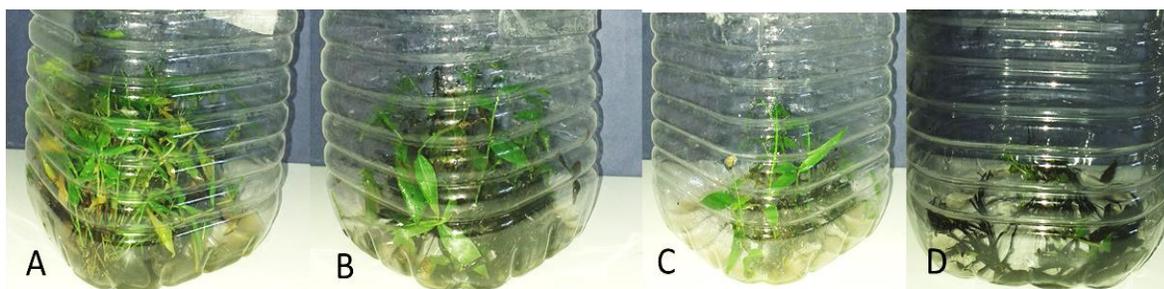
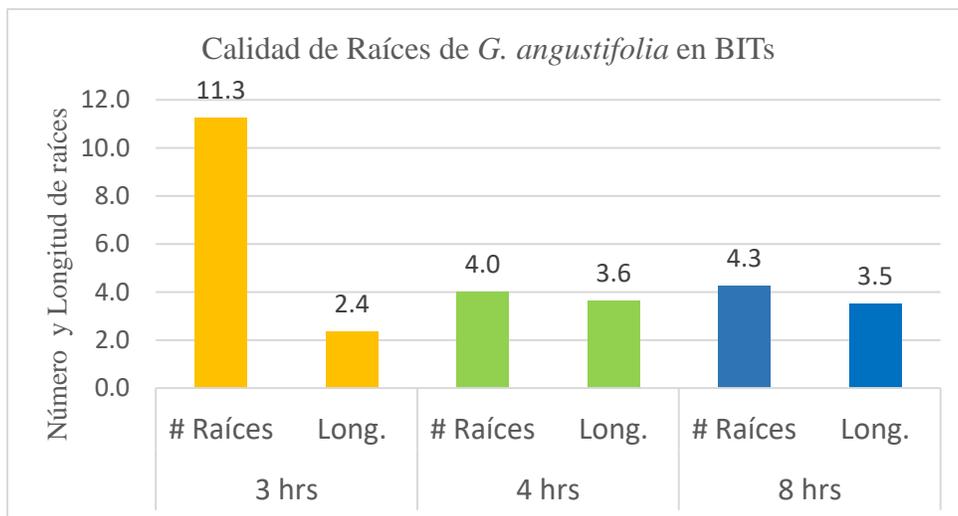


Figura 7.

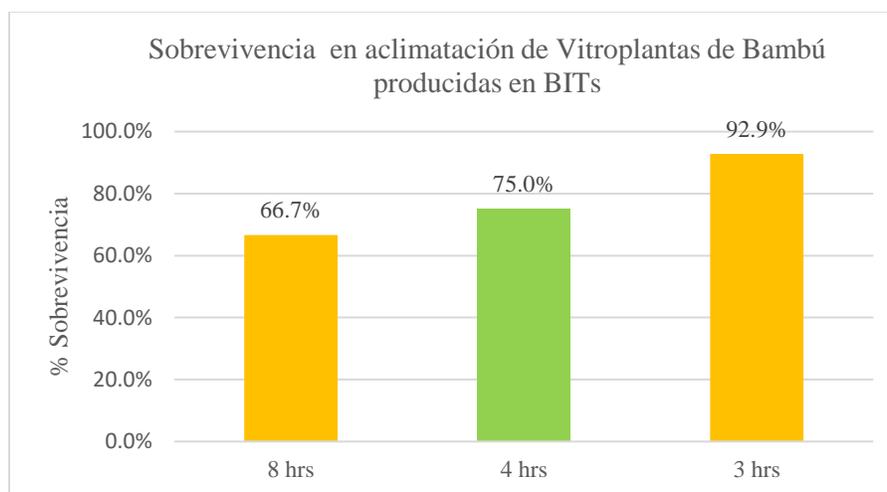
Calidad de raíces de plantas obtenidas en BITs con diferentes frecuencias de inmersión.



En medio de cultivo MS suplementado con sulfato de adenina 10 mg L^{-1} , se obtuvo generación espontánea de raíces, después de 45 días de inoculados los explantes en BITs. Las plantas sometidas a intervalos de inmersión cada 3 horas, produjeron mejor calidad de raíces con promedio de 11.3 raíces y 2.4 cm de longitud, en comparación con 4 y 4.3 raíces, y una longitud de 3.6 y 3.5 cm, obtenidos con la inmersión cada 4 y 8 horas, respectivamente (Figura 7).

Figura 8.

Porcentaje de sobrevivencia de plantas utilizando diferentes frecuencias de inmersión en BITs.



En fase de aclimatación se evaluó la sobrevivencia de vitroplantas de bambú obtenidas bajo 3 intervalos o frecuencias de inmersión evaluadas en este estudio. Como resultado, las plantas obtenidas con intervalo de inmersión cada 3 horas, se adaptaron mejor a las condiciones ex vitro, por la cantidad y calidad de raíces de las plantas y lograron una sobrevivencia de 92.9%, muy superior a 75 y 66.7% de sobrevivencia obtenido con 4 y 8 horas de inmersión, respectivamente (Figura 8). Durante los primeros 8 días se colocaron en malla sombra, tal como sugiere Sánchez *et al.*, 2019 y bajo cámara húmeda. Después se pasaron a bandejas, donde estuvieron por 30 a 45 días y al final fueron separadas y trasplantadas a bolsas negras plásticas de polietileno. Al cabo de 2.5 meses después de trasplante, las plántulas desarrollaron suficientes raíces para ir a siembra final en campo (Figura 9). Como sustrato se utilizó ceniza de bagazo de caña, compost y vermicompost, a razón de 80:10:10 volumen en volumen, respectivamente.

Figura 9.

Diferentes estados de crecimiento de *G. angustifolia* en aclimatación: A) Plantas de 8 días; B) Plantas de 30 días; B, C y D) Plantas óptimas para transplante; E y F) Plantas de 15 días después de transplante (DDT); G) Plantas de 45 días DDT, listas para campo.



CONCLUSIONES

Para lograr altas tasas de multiplicación in vitro y de sobrevivencia del Bambú se sugiere utilizar medio MS con una concentración de 3 mg L^{-1} de BAP, con el cual se obtuvieron los mejores coeficientes de multiplicación en BITS, tal como fue evaluado por Gonzaga *et al.*, 2016. En promedio se obtienen un total de 13.6 plantas por brote inicial (explante), con intervalos de frecuencia de inmersión cada 3 horas, en comparación con 8.7 y 7.5 plantas para 4 y 8 horas de inmersión, respectivamente. Los resultados de este estudio difieren un poco de aquellos resultados de Gonzaga *et al.*, 2016, el cual obtuvo mejor respuesta de multiplicación in vitro, usando intervalos de frecuencia cada 6 horas. Por otro lado, con el uso de sulfato de adenina con una concentración de 2.5 mg L^{-1} , en medio de cultivo MS y utilizando BITS, en 15 a 20 días se logró la generación espontánea de raíces y una mejora en la calidad de la planta. Con intervalos de frecuencia de inmersión de cada 3 horas (8 inmersiones de 3 minutos por día), se logró obtener el mayor número de raíces, lográndose 11 raíces en promedio y con una longitud de 2.4 cm. Igual, la mayor sobrevivencia se obtuvo

en plantas cultivadas a en BITs a intervalos de frecuencia de inmersión de cada 3 horas (8 inmersiones diarias).

Se recomienda realizar otros estudios sobre el tiempo de inmersión de los explantes, para valorar el nivel de fenolización y muerte de tejidos a diferentes intervalos o frecuencias de inmersión y asegurar cultivos axénicos para que no se enmascaren los resultados. El uso de BITs, ha demostrado ser una excelente herramienta altamente valiosa para la producción, no solo de Bambú, sino también de un sinnúmero de diferentes especies de interés comercial.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACYT), por cofinanciar y destinar fondos necesarios para el desarrollo de este estudio. A todo el personal de campo involucrado en toda la logística de colecta de material vegetal, y desarrollo del estudio. Al MSc. Rodolfo Flores, por la ayuda con la identificación de las diferencias especies de bambú que existen en áreas de CALESA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Botero Cortés L. F. (2001). Reproducción de la *Guadua angustifolia* por el Método de chusquines. Guayaquil, Ecuador: International Network for Bamboo and rattan (Inbar).

Marulanda, M L., Carvajalino, M., Vargas, C. Londoño, X. (2002). La biotecnología aplicada al estudio y aprovechamiento de la guadua. Pereira, mayo 16-17 y 18 de 2002.Seminario - Taller Avances en la investigación sobre Guadua.

Marulanda, M. L., Gutiérrez L.G., Márquez M. Del Pilar. (2005). Micropropagation of *Guadua angustifolia* Kunth. Universidad Tecnológica de Pereira: Facultad de Ciencias Ambientales. Actual Biol 27 (82): 5-15.

Mongkolsook, Y., Tanasombut, M., Sumkaew, R., Likitthammanit, P., Wongwean P. (2005). Temporary Immersion System (TIS) for Micropropagation of *Dendrocalamus latiflorus* in Commercial Production. Institute, Kasetsart University, Bangkok. Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement.

- Jiménez, V., Castillo, J., Tavares, E. (2006). In vitro propagation of the neotropical giant bamboo, *Guadua angustifolia* Kunth, through axillary shoot proliferation. *Plant Cell Tissue and Organ Culture* 86, 389–395. <https://doi.org/10.1007/s11240-006-9120-4>
- Giraldo, E., Sabogal, A., (2007). Una alternativa sostenible: La Guadua técnicas de cultivo y manejo. Corporación Autónoma Regional del Quindío. 3ra Ed. Armenia, Colombia.
- Freire Seijo, M.Y., García Ramírez, Y., Tejeda, M., Gallardo, G., Fajardo, M., Cruz Martín, M., Sánchez García, C., Alvarado Capó, Y., Acosta Suárez, M., Roque, B., Leiva Mora, M. (2008). Empleo de la biotecnología en la propagación de dos especies de Bambú. Instituto de Biotecnología de las Plantas, Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. *Biotecnología Vegetal* Vol. 8, No. 2: 99 - 102, abril - junio, 2008. ISSN 1609-184.
- Holst San Juan, Andrea., Jimenez García, V. M. (2010). Efecto del Sistema de Inmersión Temporal (RITA®) sobre el Desarrollo de plántulas de *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae: Bambusoideae) y su posterior aclimatación. Universidad de Rodrigo Facio, Costa Rica. Tesis presentada para optar por el título grado de Licenciado en Ingeniería Agronómica. PDF
- Gonzaga Gutiérrez, L., López Franco, R., Morales Pinzón, T. (2016). Micropropagation of *Guadua angustifolia* Kunth (Poaceae) using a temporary immersion system RITA®. *African Journal of Biotechnology*. <https://www.researchgate.net/publication/345151179>
- García Ramírez, Y., Gonzáles González, M., Quiala Mendoza, E., Freire Seijo, M., La O Cárdenas, M., Moreno Bermúdez, J. L., Hurtado Ribalta, O. (2014). Effect of BA treatments on morphology and physiology of proliferated shoots of *Bambusa vulgaris* Schrad. Ex Wendl in temporary immersion. *Am. J. Plant Science*. 5:205-211.
- Muthukumaran, P., Saraswathy, N., Abarna, S., Kanthimathi, R., Monisha, V., Niranjana, N.,,, Raja Nivetha, M. (2018). Protocol for Induction of Multiple Shoot through Nodal Explants Culture of *Bambusa bambos* for Biomass Production. Department of Biotechnology, Plant Tissue Culture Laboratory, Kumaraguru College of Technology, Coimbatore- 641049, India. <https://www.researchgate.net/publication/323776238>
- Sanches Ornellas, T., Kades Marchetti, C., Henrique de Oliveira G., Fritsche, Y., Pedro Guerra, M. (2019). Micropropagation of *Guadua chacoensis* Pesquisa Agropecuária Tropical, vol. 49, pp. 1-8, 2019. <https://www.redalyc.org/journal/2530/253067965059/html/>
- Flores, R. (2020). Informe final para la identificación de seis poblaciones de Bambú en la empresa Grupo Calesa, Aguadulce, Coclé, Panamá. PDF

Londoño, X. Por qué el bambú debe ser considerado un producto agrícola Sociedad Colombiana del Bambú. <http://bambuquadua.org/wp-content/uploads/2021/06/Por-que-el-bambu-no-es-un-arbol.pdf>

Judziewicz, E.J., L.G. Clark, X. Londoño & M.J. Stern. 1999. American Bamboos. Smithsonian Institution, Washington D.C., Washington, Estados Unidos.
<http://www.panamaagro.com/noticias/actualidad/2047-el-cultivo-de-bambu-frente-a-los-efectos-negativos-del-cambio-climatico-y-de-sus-perspectivas-en-el-pais.html>

**REGISTRO DE PARASITISMO DE *MINACRAGA PLATA* (LEPIDOPTERA:
DALCERIDAE) POR *HOUGHIA AREATA* (DIPTERA: TACHINIDAE) EN
BORDES DE BOSQUE ADYACENTES AL SUMMIT RAINFOREST & GOLF
RESORT, PANAMÁ**

RECORD OF PARASITISM OF *MINACRAGA PLATA* (LEPIDOPTERA:
DALCERIDAE) BY *HOUGHIA AREATA* (DIPTERA: TACHINIDAE) ON FOREST
EDGES NEAR SUMMIT RAINFOREST & GOLF RESORT

Alonso Santos-Murgas¹; Alfredo Lanuza-Garay²; Jeancarlos Abrego L.³; José A. Rivera L.⁴

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 Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Colón, Escuela de Biología, Departamento de Zoología, Museo de Invertebrados Graham Bell Fairchild. Panamá. alfredo.lanusa@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-0480-5490>

³ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología. Panamá. jeanscarlos1705@gmail.com <https://orcid.org/0000-0002-9576-9175>

⁴ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología. Panamá. jriveralorenzo@gmail.com <https://orcid.org/0000-0001-8551-8965>

Recepción: 27 de febrero de 2023

Aprobación: 25 de marzo de 2023

RESUMEN

Se registra por primera vez el parasitismo sobre las larvas de la mariposa *Minacraga plata* SE Miller, 1994 (Lepidoptera: Dalceridae) por la mosca *Houghia areata* Fleming & Wood, 2014 (Diptera: Tachinidae). Se colectaron dos larvas de *M. plata* en el borde del bosque de uno de los senderos ubicados en el Hotel Summit Rainforest and Golf Resort, sobre hojas de *Anacardium excelsum* L. 1885 (Plantae: Anacardiaceae). Las larvas de *M. plata*, fueron colocadas en una cámara de donde al cabo de ± 15 días ambas iniciaron el proceso de pupa y 33 días después de la colecta emergieron de las pupas de *M. plata*, 10 pupas de mosca después de 16 días, las larvas de las moscas haber pupado emergieron 10 moscas adultas de *Houghia areata* (Diptera: Tachinidae). Podemos concluir que a pesar de ser un bosque secundario; los

bordes de bosque en las áreas adyacentes del Hotel Summit Rainforest and Golf Resort, juega un papel muy importante como corredor biológico entre las dos zonas protegidas, Parque Nacional Soberanía y Parque Nacional Camino de Cruces; adicionalmente, estos bosque pueden alojar estas especies de mariposas y su controladores biológicos; lo que evidencia el equilibrio natural que puede existir en estos corredores biológicos.

Palabras clave: Bosques secundarios, control biológico, Dalceridae, parasitoides, Tachinidae.

ABSTRACT

Parasitism on the larvae of the butterfly *Minacraga plata* SE Miller, 1994 (Lepidoptera: Dalceridae) by the fly *Houghia areata* Fleming & Wood, 2014 (Diptera: Tachinidae) is recorded for the first time. Two *M. plata* larvae were collected at the edge of the forest of one of the trails located at the Hotel Summit Rainforest and Golf Resort, on leaves of *Anacardium excelsum* L. 1885 (Plantae: Anacardiaceae). The *M. plata* larvae were placed in a chamber where, after ± 15 days, both began the pupal process and 33 days after collection, 10 fly pupae emerged from the *M. plata* pupae after 16 days. The larvae of the flies having pupated, emerged 10 adult flies of *Houghia areata* (Diptera: Tachinidae). We can conclude that despite being a secondary forest; the forest edges in the adjacent areas of the Hotel Summit Rainforest and Golf Resort, play a very important role as a biological corridor between the two protected areas, Soberanía National Park and Camino de Cruces National Park; additionally, these forests can house these species of butterflies and their biological controllers; which shows the natural balance that can exist in these biological corridors.

Keywords: Secondary forests, biological control, biological corridors, Dalceridae, parasitoid flies, Tachinidae.

INTRODUCCIÓN

El orden Lepidoptera (mariposas), junto con Diptera (moscas), Hymenoptera (avispas, abejas y hormigas) y Coleoptera (escarabajos) se reconocen como los cuatro órdenes hiperdiversos de la clase Insecta (Martin-Piera et al., 2000; Llorente-Bousquets et al., 2014), con un número de especies que superan a los 650 000. De los Lepidoptera se han descrito y denominado unas 155 000 especies (Nieukerken et al., 2011; Llorente-Bousquets et al., 2014), es decir, constituyen el 10% del total de las especies animales; aunque las

estimaciones oscilan entre 255 000 y cerca del medio millón de especies (Heppner (1991, 1998), Scoble (1992), Kristensen (1998, 2004), Kristensen et al., (2007) y Llorente-Bousquets et al., 2014).

La familia Dalceridae es un grupo de mariposas pequeña, con 84 especies en 11 géneros distribuidos principalmente en la región Neotropical (Miller. 1994). Uno de los aspectos que más interesa a los investigadores Dentro de Lepidoptera es la interacción existente las especies de mariposas y polillas y sus depredadores naturales. Autores como Prince (1991), Obregón (2015, Savino (2017), Toro-Delgado et al (2022) han realizado estudios profundos sobre el tema, sin embargo en el caso de la familia Dalceridae, son pocos los estudios que abordan este tema. Por ejemplo; Miller (1994) y Epstein (1997) indican que las larvas de Dalceridae son anfitriones de un número restringido de familias de parasitoides, mayormente Hymenoptera; y los Diptera asociados pertenecen a la familia Tachinidae, específicamente dentro de los géneros *Pararrhinactia* Townsend 1935 (genero actualmente considerado sinónimo del género *Houghia* Coquillet, 1897) (Miller, 1994), *Itaplectops* Townsend, 1935 (Fleming 2015), *Lespesia* Townsend, 1935 (Lourencao & Savino, 1993) y *Umarya* Robineau-Desvoidy, 1830 (Fleming et al, 2017).

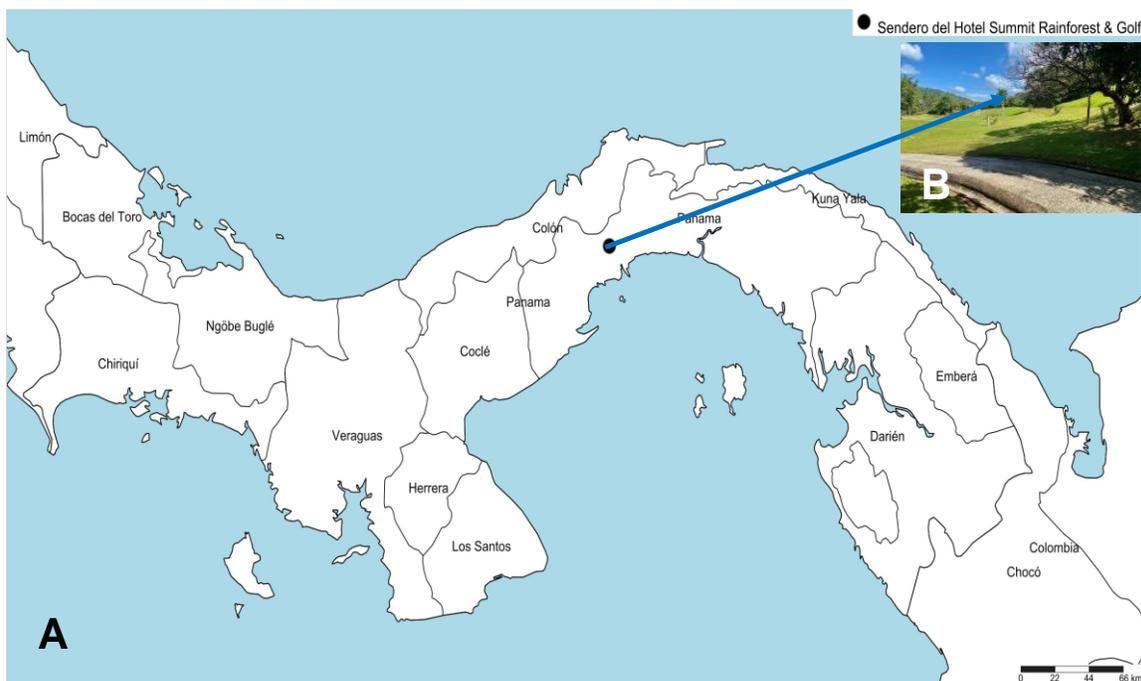
Minacraga plata Miller, 1994 es una mariposa de hábitos nocturno que habita en bosques tropicales húmedos tanto de Panamá como de Costa Rica, de las cual se desconocen sus enemigos naturales y la interacción que tienen con estos. Es por ello que el objetivo de este trabajo es reportar para Panamá el parasitismo de las larvas de la mariposa *Minacraga plata* Miller, 1994 (Lepidoptera: Dalceridae) y su parasitoide *Houghia areata* Fleming & Wood, 2014 (Diptera: Tachinidae).

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en los senderos del área boscosa del Hotel Summit Rainforest & Golf Resort en la provincia de Panamá, distrito de Panamá, corregimiento de Ancón, Avenida Omar Torrijos (9°03'02" N 79°37'56" O) (Figura 1 A-B). Para la confección del mapa se utilizó la plataforma SimpleMappr (Shorthouse, 2010) y los datos geográficos obtenidos con soporte de un GPS Garmin 62s.

Figura 1.

A. UBICACIÓN DEL SITIO DE COLECTA SENDEROS HOTEL SUMMIT RAINFOREST & GOLF RESORT. FUENTE: SHORTHOUSE, DAVID P. 2010. SIMPLEMAPPR. B. VISTA PANORÁMICA DEL SITIO DE COLECTA.



Se realizaron observaciones y colectas manuales a lo largo de dos senderos, con extensión aproximada de 3.5 km entre los dos senderos. Se utilizaron bolsa ziploc plásticos de un galón para la colecta y transporte de los especímenes colectados.

A lo largo de los dos senderos se ubicaron cinco individuos de Espavé (*Anacardium excelsum* (Bertero & Balb.) Skeels.) que presentaban aproximadamente entre 15-30 metros de altura; los cinco arboles presentaban ramas a baja altura que se podía observar sus hojas y localizar las larvas que estuvieran alimentandose.

Las larvas vivas que fueron colectadas el 27 de octubre de 2022 y trasladadas al laboratorio de Artrópodos Venenoso del Museo de Invertebrados G.B. Fairchild, de la Universidad de Panamá, en bolsas ziploc de un galón, y colocadas en cajas plásticas donde se le colocaron

hojas frescas de la planta hospedera, con el objetivo de que las larvas siguieran alimentándose y desarrollándose.

La identificación de las larvas de las mariposas Dalceridae fueron realizadas con la literatura Janzen & Hallwachs (2009). La identificación de las moscas Tachinidae fue mediante la clave de Fleming et al. (2014). Los adultos de moscas eclosionadas, producto del parasitismo de las dos larvas de *M. plata*, se encuentran depositadas en la Colección de referencia del Museo de Invertebrados G. B. Fairchild de la Universidad de Panamá (MIUP).

RESULTADOS

Las larvas de *M. plata* (Figura 2 A-B) después de transcurrido ± 15 días de la colecta, iniciaron el proceso de pupa con el recubrimiento de unos 10 cm de seda (Figura 3 A-B); posteriormente en el interior de la seda, las larvas construyeron un capullo (pupario) de color blancuzco (Figura 4 A-B).

Trascurrido entre 12 a 20 días después de la colecta, ambas larvas habían pupado completamente entre el 08 al 16 noviembre del 2022. Pasados 33 días después de la colecta, emergieron de las dos pupas de *M. plata*, 10 larvas (3 de la pupa A y 7 de la pupa B) de moscas (Diptera) respectivamente, las cuales puparon trascurrido 30 minutos, dentro del puparium de *M. plata* (Figura 5 A-B). Después de 49 días de la colecta de las larvas parasitadas, eclosionaron 10 adultos de *Houghia areata* Fleming & Wood, 2014 (Tachinidae) (Figura 6 A-B-C).

Figura 2.

A. Larva de *Minacraga plata* (Lepidoptera: Dalceridae) catalogada como larva-1. B. Larva de *Minacraga plata* (Lepidoptera: Dalceridae) catalogada como larva-2.



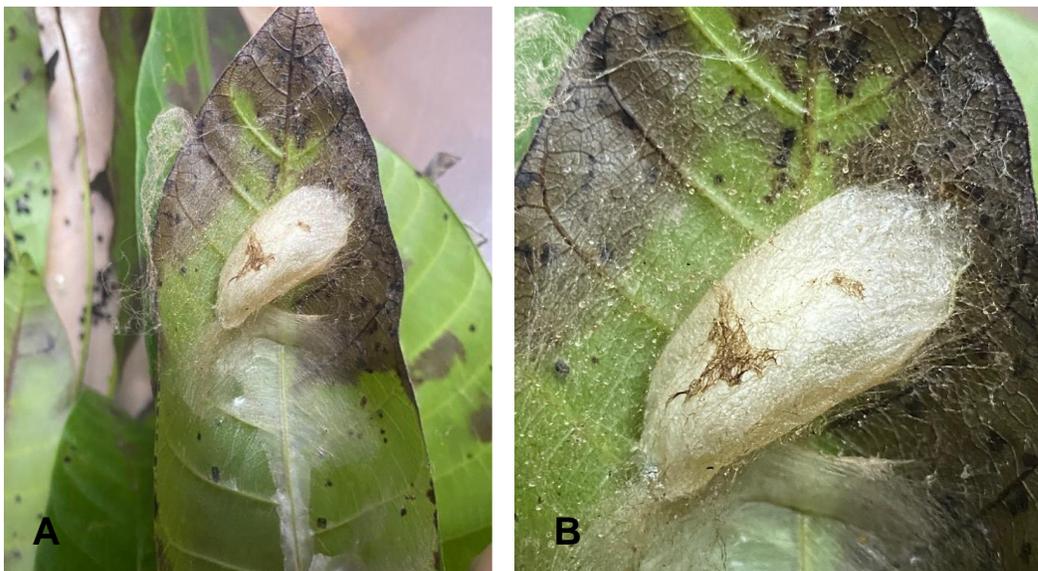
Figura 3.

A. *M. plata* en pre-pupa inicial. B. *M. plata* en pre-pupa tardío recubierto con seda en la periferia.



Figura 4.

A. *M. plata* en pupa y capullo, extensión de la seda en toda la periferia. B. *M. plata* en pupa y capullo, seda color blancusca tornandose amarilla.



Se pudo obtener que *Houghia areata* (Diptera: Tachinidae), es uno de los enemigos naturales de la polilla *Minacraga plata* (Lepidoptera: Dalceridae), información no conocida previamente. Entre una de las limitaciones u desventajas de nuestros resultados es que no pudimos obtener adultos de la polilla, el parasitoide atacó a las dos larvas encontradas en campo. Esto representa una limitante ya que no quedan registros de los adultos del hospedero en las colecciones de referencias.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la interacción endoparasítica e idiobionte de *Houghia areata* parasitando a las larvas de *Minacraga plata*. Según, Fleming et al. (2014) las especies *Acraga coa* Schaus y sus larvas son parasitadas por *Houghia griseifrons* Fleming & Wood, 2014 mientras que *Acraga hamata* Schaus, 1910, es parasitada por *Houghia macilenta* Fleming & Wood, 2014. También se confirma su selectividad en escoger como hospedantes los últimos estadios larvales de las especies de esta familia de polillas.

Las larvas de *Minacraga plata* son consideradas como larvas de poblaciones bajas y difíciles de encontrar y observar; cuando se localizan, no superan los cinco individuos por plantas. De acuerdo a Janzen & Hallwachs (2009), las larvas de esta especie de mariposa tiene varias plantas hospederas, entre las que se pueden mencionar *Lacistema aggregatum* (P.J.Bergius) Rusby (Lacistemaceae), *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae), *Costus laevis* Ruiz & Pav. (Costaceae), *Costus scaber* Ruiz & Pav. (Costaceae), *Gymnanthes riparia* (Schltdl.) Klotzsch (Euphorbiaceae), *Lozania pittieri* (S.F. Blake) L.B. Sm. (Lacistemaceae), *Miconia trinervia* (Sw.) D. Don ex Loudon. (Melastomataceae), *Myrcia splendens* (Sw.) DC. (Myrtaceae), *Erythrolalum scandens* Blume (Olacaceae), *Ardisia revoluta* Schltdl. (Primulaceae), *Ardisia standleyana* P.H. Allen (Primulaceae) y *Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich. ex DC. (Rubiaceae). Concordamos con lo manifestado por Janzen & Hallwachs (2009), en que, al parecer esta especie de mariposa, sus larvas tienen probablemente ciertas preferencias por plantas de la familia Anacardiaceae, como por ejemplo *A. excelsum*, reportado en este estudio y *S. mombin*, donde obtuvieron 30 individuos de *M. plata*.

Figura 5.A.

Pupas (3 una en el interior del capullo de M. plata larva-1) de la mosca Houghia areata (Diptera: Tachinidae). B. Pupas (7 todas en el interior del capullo de M. plata larva-2) de la mosca Houghia areata.

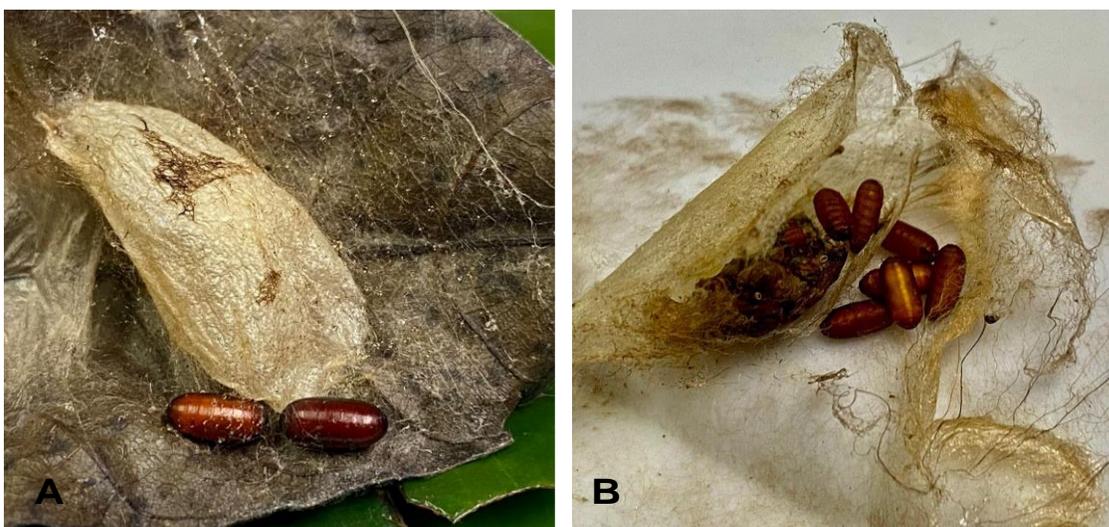
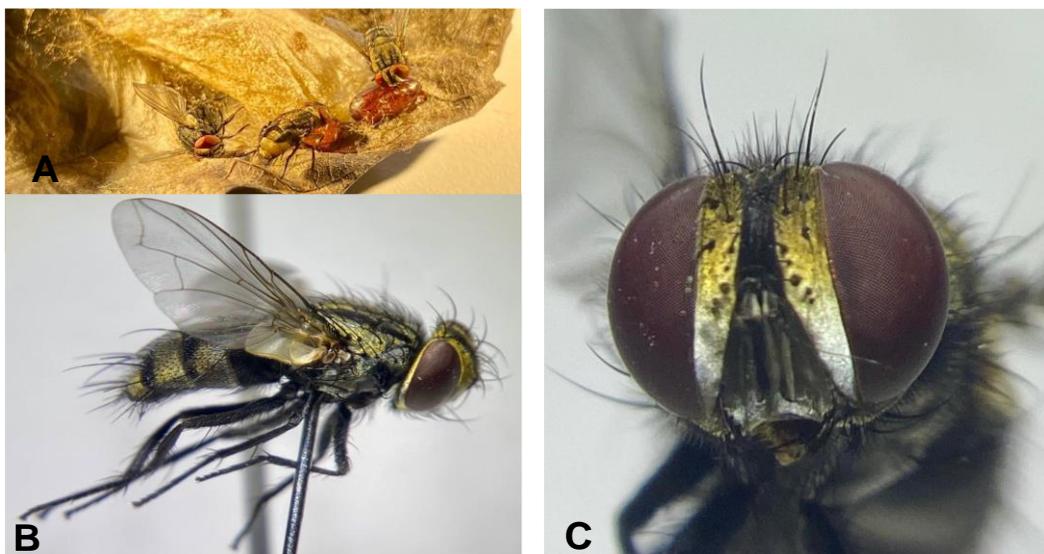


Figura 6.

A. *Houghia areata*, eclosionando de las pupas. B. Vista lateral del adulto. C. Cabeza vista frontal.



CONCLUSIONES

Como conclusión de esta investigación, se reporta el primer caso de endoparasitismo-idiobionte de *Houghia areata* Fleming & Wood, 2014 (Diptera: Tachinidae), sobre larvas del último estadio de *Minacraga plata* SE Miller, 1994 (Lepidoptera: Dalceridae), en la planta hospedera *Anacardium excelsum* (Plantae: Anacardiaceae). Adicionalmente, podemos resaltar que además de la interacción biológica y ecológica que damos a conocer entre estos insectos; es importante preponderar la importancia de la conservación del hábitat donde se encuentran estas especies de insectos y plantas involucradas en esta interacción; que consiste en bosques tropicales húmedos, tropicales premontanos húmedos; teniendo en cuenta que *M. plata* solo se encuentra en Costa Rica y Panamá.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a la administración del Hotel Summit Rainforest & Golf Resort, por permitirnos establecer y vigilar las estaciones de monitores de insectos, y permitirnos colocar tres trampas malaise y realizar otras investigaciones con abejas Euglossini dentro del área de conseción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Fleming, A. J., Monty W. D., Smith M. A., Hallwachs W., Janzen D.H. (2014). Revision of the New World species of *Houghia* Coquillett (Diptera, Tachinidae) reared from caterpillars in Area de Conservación Guanacaste, Costa Rica. *Zootaxa* 3858 (1): 001–090.
- Guimarães, J.H. (1971). Family Tachinidae (Larvaevoridae). *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*, 104, 1–333.
- Heppner, J. B. (1991). Faunal regions and the diversity of Lepidoptera. *Tropical Lepidoptera* 2 (suppl. 1):1-85.
- Heppner, J. B. (1998). *Classification of Lepidoptera*. Part 1. Introduction. *Holarctic Lepidoptera* 5 (suppl. 1):1-148.
- Janzen, D. H. & Hallwachs, W. (2009). Dynamic database for an inventory of the macrocaterpillar fauna, and its food plants and parasitoids, of Area de Conservación Guanacaste (ACG), northwestern Costa Rica (nn-SRNP-nnnnn voucher codes).
- <http://janzen.sas.upenn.edu>.
- Kristensen, N. P. (ed.). (1998). *Handbook of Zoology*. 4. Part 35. Lepidoptera, moths and butterflies, vol. 1. Evolution, systematics, and biogeography. Walter de Gruyter, Berlin. 530 p.
- Kristensen, N. P. (ed.). (2004). *Handbook of Zoology*, vol. IV. Part. 36. Lepidoptera, moths and butterflies, vol. 2: Morphology, physiology, and development. Walter de Gruyter, Berlin. 576 p.
- Kristensen, N. P., M. J. Scoble y O. Karsholt. (2007). Lepidoptera phylogeny and systematics: the state of inventorying moth and butterfly diversity. *Zootaxa* 1668:699-747.
- Llorente-Bousquets, Jorge, Vargas-Fernández, Isabel, Luis-Martínez, Armando, Trujano-Ortega, Marysol, Hernández-Mejía, Blanca Claudia, & Warren, Andrew D. (2014). Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(Supl. ene), S353-S371. <https://doi.org/10.7550/rmb.31830>
- Martin-Piera, F., J. J. Morrone y A. Melic. (2000). Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica: PRIBES 2000. m3m-Monografías Tercer Milenio 1. *Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza*. 326 p.
- MILLER, S.E. (1994). Systematics of the neotropical moth family Dalceridae (Lepidoptera). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Cambridge*. 153(4):301-495.

Nieukerken, E. J. van, L. Kaila, I. J. Kitching, N. P. Kristensen, D. C. Lees, J. Minet, C. Mitter, M. Mutanen, J. C. Regier, T. J. Simonsen, N. Wahlberg, S.-H. Yen, R. Zahiri, D. Adamski, J. Baixeras, D. Bartsch, B. Å. Bengtsson, J. W. Brown, S. R. Bucheli, D. R. Davis, J. De Prins, W. De Prins, M. E. Epstein, P. Gentili-Poole, C. Gielis, P. Hättenschwiler, A. Hausmann, J. D. Holloway, A. Kallies, O. Karsholt, A. Y. Kawahara, S. J. C. Koster, M. V. Kozlov, J. D. Lafontaine, G. Lamas, J. F. Landry, S. Lee, M. Nuss, K. T. Park, C. Penz, J. Rota, A. Schintlmeister, B. C. Schmidt, J. C. Sohn, M. A. Solis, G. M. Tarmann, A. D. Warren, S. Weller, R. V. Yakovlev, V. V. Zolotuhin y A. Zwick. (2011). Order Lepidoptera Linnaeus, 1758. *In* Animal biodiversity: an outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness, Z.-Q. Zhang (ed.). *Zootaxa* 3148:212-221.

EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONTAMINACIÓN POR PLOMO EN SUELOS DE PANAMÁ UBICADOS A ORILLA DE CARRETERAS

EVALUATION OF THE STATE OF LEAD CONTAMINATION IN SOILS LOCATED ON THE EDGE OF ROADS IN PANAMA

González, Victor¹; Urriola, Leanne²; Carrera, Berta³; Mora, Francisco⁴

¹ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
victor.gonzalez@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0002-4640-5965>

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.
berta.carrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0009-0008-9777-6177>

⁴ Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Departamento de Suelos y Agua. Panamá.
famoras48@gmail.com <https://orcid.org/0009-0003-3317-5712>

Recepción: 4 de marzo de 2023

Aprobación: 10 de abril de 2023

RESUMEN

El contenido de los metales pesados que se encuentran en el suelo es prioritario para evaluar la calidad del suelo y su estado de degradación. En Panamá, la información referente a la contaminación por plomo en los suelos es escasa y limitada. El trabajo desarrollado tuvo la finalidad de evaluar el contenido de plomo de suelos usados para la producción agropecuaria y de zonas urbanas adyacentes a calles y carreteras en distintas zonas del país, para determinar si existe un estado de contaminación de estos. Muestras de suelo fueron recolectadas en diez (10) puntos diferentes a nivel nacional (Volcán, Boquete, Facultad de Ciencias Agropecuarias – Sede Chiriquí, Penonomé, El Ejido, San Martín, Universidad de Panamá – Sede Campus, Tocumen, Capira, Chepo). Para los parámetros químicos y físicos del suelo, las muestras fueron dispuestas para determinar el pH, textura, materia orgánica (MO), fertilidad, determinación y evaluación de plomo en el suelo recolectado. Los datos producto de la determinación de plomo fueron comparados con valores de referencia obtenidos en la revisión literaria. Con relación a los niveles de plomo, que derivan de los suelos analizados, estos se encuentran en el rango entre 1-36.7 mg/Kg, encontrándose en los suelos ubicados en

la Universidad de Panamá-Campus Central, los niveles más elevados; estimándose que tales niveles están relacionados con la influencia de dos vías de circulación de vehículos contiguos al punto de muestreo, y al mayor aforo vehicular de la ciudad con respecto a los otros puntos de muestreo.

Palabras clave: calidad de suelo, contaminación, nivel nacional, plomo

ABSTRACT

The content of heavy metals found in the soil is a priority in assessing soil quality and degradation status. Information about lead contamination in soils is scarce and limited in Panama. The work performed had the purpose of evaluating the lead content of soils used for agricultural and urban production which are adjacent to streets and highways in different areas of the country, in order to determine if there is contamination in them. Samples of soil were collected in ten (10) different areas nationwide (Volcan, Boquete, the Faculty of Agricultural Sciences – Chiriquí Headquarters, Penonomé, El Ejido, San Martín, University of Panama – Headquarters Campus, Tocumen, Capira, Chepo). For chemical and physical parameters of the soil, samples were laid out to determine pH, texture, organic matter (OM), fertility, determination, and evaluation of lead in the collected soil. The data resulting from the determination of lead were compared with reference values obtained in the literature review. With regard to Lead levels, which are derived from the soils analyzed, they are in a range between 1-36.7 mg/Kg, being the ones located at the University of Panama- Central Campus, the highest levels; such levels are deemed to be related to the influence of two roads of circulation of vehicles adjacent to the point of sampling, and a greater vehicular capacity of the city with respect to the other points of sampling.

Keywords: contamination, lead, national level, soil quality.

INTRODUCCIÓN

Según Alarcón et al (2005), el contenido de metales pesados del suelo es uno de los criterios empleados con más frecuencia en la estimación de la calidad del suelo y su estado de degradación.

Prieto, et al (2009) argumenta que el principal problema con los altos niveles de metales pesados como plomo, níquel, cadmio y manganeso, presentes en suelos y aguas, es cuando interactúan con el hombre como ocurre en sistemas agrícolas, por ejemplo, en que la presencia de estos elementos puede trasladarse a los distintos tejidos de las plantas.

Lagerwerff, (1972), citado por Kirkby y Mengel (1982, comentan que la fuente principal de contaminación de plomo, en los suelos adyacentes a carretera, se originó por la combustión de la gasolina. Cerca del 80% del plomo total de la atmósfera se lo atribuye a este origen, esto debido a la utilización del tetra etilo de plomo como antidetonante en la gasolina.

Las emisiones de estos elementos generaron, con el paso del tiempo, su acumulación en toda la red trófica de diversos agroecosistemas (Sánchez-Cardo et al., 2007; Hernández y Pastor, 2008; Peláez-Peláez et al., 2016).

Kabata-Pendias (2011) indica que, para zonas próximas a minas de plomo, industrias que utilizan el metal y fundiciones, los niveles pueden exceder los 60 000 mg/Kg.

Por otra parte, Acevedo (2005), agrega que los metales pesados en la agricultura están principalmente ligados a la aplicación de fertilizantes que presentan trazas de estos elementos, plaguicidas, estiércol, purines, compost e inclusive lodos de aguas residuales.

La Asamblea Legislativa, mediante la ley N° 36 del 17 de mayo de 1996, faculta al Instituto Especializado de Análisis (IEA) de la Universidad de Panamá, como encargado de evaluar el efecto de la contaminación por metales pesados producto de las emisiones de los gases de escapes de los automóviles, así como también estableció la suspensión del uso del plomo en la gasolina para automóviles a partir del año 2002.

A nivel mundial son muchas las investigaciones que se han llevado a cabo con el interés de determinar metales pesados. Carrasquero-Durán (2006) determinó los niveles de

contaminación de plomo en calles de la ciudad de Maracay, Venezuela para los cuales encontró valores de entre 33 y 11 113 mg/Kg y determinó que los suelos sometidos a mayor tráfico vehicular fueron los más contaminados. Debenedetti y Muñoz (2007) estudiaron la presencia de plomo y cadmio en hierbas medicinales encontrando valores considerables de estos elementos en este tipo de plantas que por ser de consumo humano conllevan un riesgo a la salud humana. Así mismo se han llevado a cabo estudios similares en productos alimenticios como leche en Bogotá, Colombia por parte de Pinzón (2015), en los que se buscaba la presencia y niveles de plomo y cadmio, concluyendo que los niveles encontrados no representaban un riesgo para la salud de los consumidores.

Olivares (2013), realizó estudios en hortalizas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, Cuba, encontrando niveles elevados de metales pesados en los suelos, igual que en algunas hortalizas.

Pinzón (2015), explica que comúnmente alimentos cultivados en zonas industriales o cercanas a autopistas con alto tráfico vehicular contienen niveles mayores de plomo que aquellos cultivados en áreas apartadas.

Kabata-Pendias, (2011), Estima que valores elevados de plomo, afectan la actividad enzimática de microorganismos, lo que se percibe en acumulación de materia orgánica parcialmente descompuesta Zavala (2012) afirma que los efectos del plomo sobre la salud de los crustáceos pueden tener lugar incluso en niveles bajos de este elemento.

Debenedetti y Muñoz (2007) mencionan que el plomo, en el ser humano, genera afectaciones a la salud. En el caso de los hombres, este afecta el sistema reproductor. En las mujeres embarazadas, la exposición a este elemento genera afectaciones al neonato, produciendo nacimientos prematuros, niños con bajo peso, abortos y problemas del sistema nervioso central, mientras que Poma (2008), comenta que se perciben efectos en el sistema renal, cardiovascular, reproductor principalmente.

En Panamá no ha sido reportada la presencia y niveles de plomo en suelos adyacentes a carreteras, en áreas de cultivo o en zonas urbanas, debido a que no se cuenta con información de referencia del contenido de plomo en suelos en Panamá. Por tal razón, el objetivo de esta investigación fue el de estudiar la presencia y niveles de plomo en los suelos, lo que permitirá

tener una referencia del estado de contaminación de los suelos, al igual que contribuirá a evaluar si existe o no contaminación por parte de este elemento en los suelos ubicados a orillas de carreteras en nuestro país.

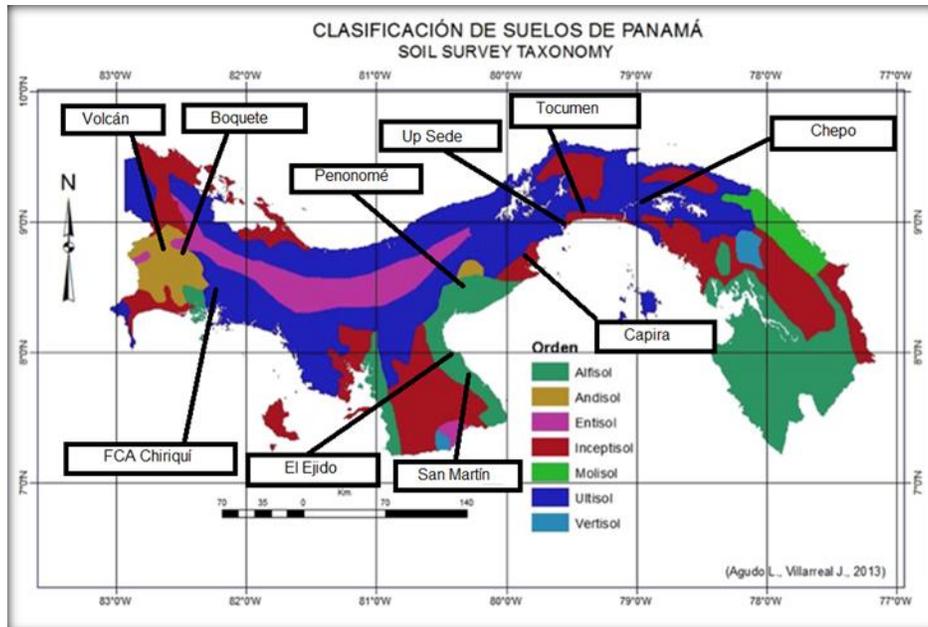
MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de las áreas de muestreo

El muestreo se realizó en diversos puntos de la geografía de Panamá, abarcando provincias como Panamá, Panamá Oeste, Coclé, Los Santos y Chiriquí, entre marzo de 2016 y enero 2017. Dentro de las provincias seleccionadas, se escogieron 10 puntos de muestreo en las cuales se consideró su cercanía a la carretera, en suelos de uso agropecuario y áreas urbanas (Figura 1). Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de Suelos y Nutrición de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá para su procesamiento.

Figura 1.

Ubicación geográfica de los puntos seleccionados a lo largo del territorio nacional.



Nota: Adaptado del Instituto de Innovación agropecuaria de Panamá (IDIAP)

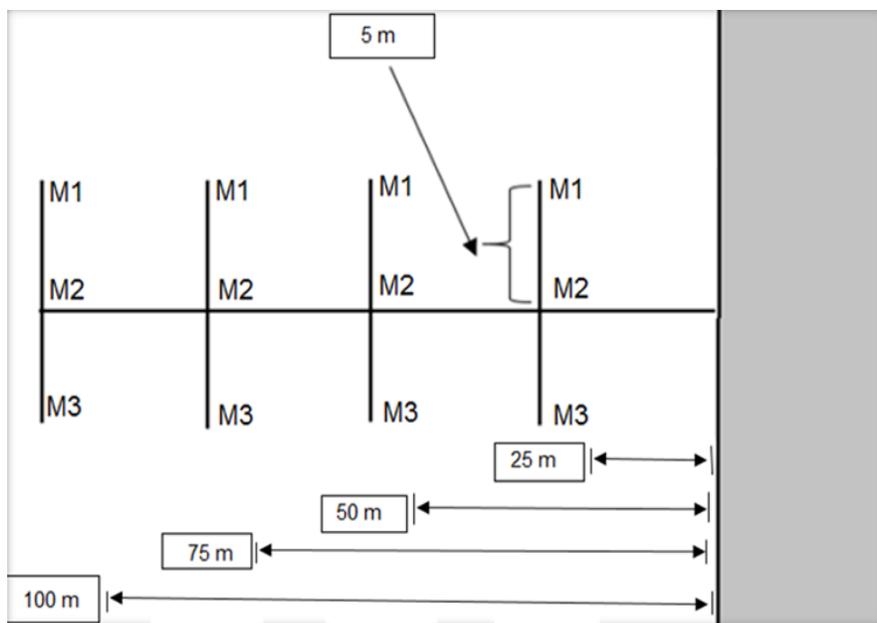
Fuente: IDIAP (2010).

Recolección y preparación de muestras

Se tomaron muestras de suelo a una profundidad de 10 cm con un barreno tipo holandés, a cada 25, 50, 75 y 100 metros de distancia de la orilla de la carretera, con tres repeticiones de cada distancia (Figura 2). La medición en el área de muestreo se realizó mediante cinta métrica y con la ayuda de estacas para el marcado de las distancias. Cabe resaltar que cada punto de muestreo fue georreferenciado con un GPS. Luego de ello, las muestras fueron trasladadas al laboratorio, secadas al aire en bandejas, molidas, tamizadas y almacenadas en bolsas plástica con cierre hermético con su respectiva identificación, según protocolo del laboratorio de Suelos y nutrición de la Universidad de Panamá.

Figura 2.

Esquema representativo del muestreo en cada punto

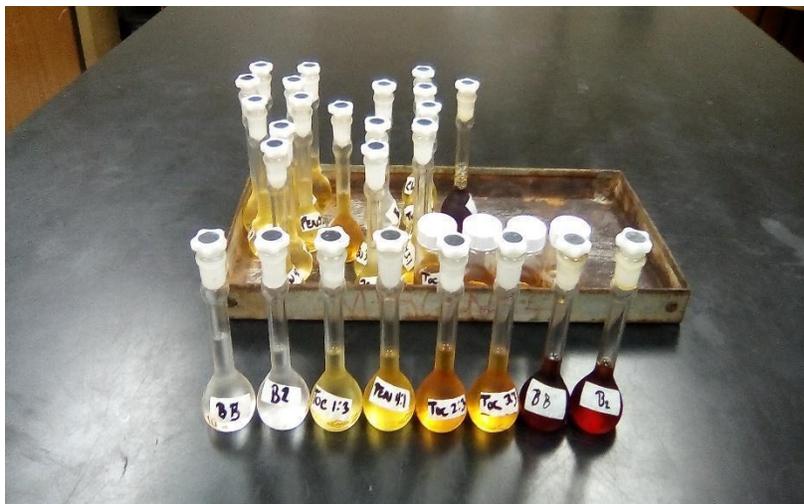


Análisis químicos

Determinación de Plomo: se utilizó el método propuesto por Llosa et al (1990), adaptado para este estudio, para la extracción, se utilizó un gramo de suelo por muestra; para aquellas muestras con alto contenido de materia orgánica, se realizó un pretratamiento, incinerando la muestra a 550 grados Celsius para eliminar la materia orgánica causante de interferencias y obstrucciones en el equipo durante la medición (Figura 3).

Figura 3

Coloración del extracto debido al arrastre de componentes orgánicos del suelo.



Posteriormente se pasaron las muestras a tubos de ensayo debidamente rotulados, se agregó con pipeta volumétrica 4 ml de ácido nítrico concentrado y se colocaron en baño maría por espacio de cuatro horas. Finalizado el tiempo y reducido el ácido nítrico a entre 0.5 y 1.0 ml, se dejaron reposar, por espacio de media hora, se filtraron con papel filtro Whatman número uno. El suelo se lavó con sucesivos pases de ácido nítrico diluido al 1% y se aforó el extracto de suelo en matraz aforado de 10 ml. En el extracto obtenido, se determinó el plomo disponible por espectrofotometría de absorción atómica con llama (aire-acetileno). Para la confección de la curva de calibración se utilizaron soluciones patrón de 1, 2, 3, 4 y 5 mg/Kg de plomo en ácido nítrico al 1%.

Análisis de datos.

Los resultados se compararon con los valores de referencia disponibles en la literatura, para ello se utilizaron los valores de referencia propuestos por Kabata-Pendias (2011) y US EPA (1996) al igual que se complementó con los datos del parque vehicular por provincia del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá INEC (2018). De igual manera se realizó un análisis de varianza, con el software

estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.* 2015) para determinar si estadísticamente existían diferencias en los contenidos de plomo en los distintos puntos de muestreo.

RESULTADOS

En la tabla 1 se presentan los resultados de la determinación de plomo en las muestras de suelo tomadas a orilla de la carretera.

Tabla 1

Promedio del contenido de plomo en muestras de suelo tomadas a distintas distancias de la orilla de carreteras ubicadas a nivel nacional

Suelo							Ubicación	
Suelo	Ubicación	Uso	Contenido de Plomo según distancia horizontal desde el borde de las calles y carreteras (ppm)				Valores Max. Permitidos según literatura	
1	Universidad de Panamá (Campus Central)		25 m	50 m	75 m	100 m	US EPA (1996)	Kabata-Pendias (2011),
			\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}	\bar{x}		
2	CEIAT	Jardín del Campus (área urbana)	18.7	24.7	20.3	36.7	80	100
3	Chepo	Pastos y árboles	3	8.3	8	3	80	100
4	Villa Rosario (Capira)	Cultivo de arroz	7	5.5	3	4	80	100
5	Penonomé	Guayaba Taiwanesa	7	7	4.7	4.7	80	100

6	FCA (Chiriquí)	Cultivos varios	4.7	8.3	7	8	80	100
7	El Ejido (Los Santos)	Pastos	13.7	6.7	6.3	4.3	80	100
8	San Martín (Las Tablas)	Cultivos varios	9.3	5	4.7	4	80	100
9	Volcán (Chiriquí)	Área urbana	2	2.7	3	3.7	80	100
10	Boquete (Chiriquí)	Área urbana	1	1.7	2	2.7	80	100

Los promedios de los valores de plomo obtenidos de las muestras analizadas, expresados en mg/Kg (ppm), se presentan en la tabla 1, obteniéndose valores que van en el rango de 1 a 36mg/Kg, donde los valores más bajos se encontraron en el punto de muestreo de Volcán, mientras que los valores más altos se obtuvieron en las muestras obtenidas en el punto de muestreo en el campus central de la Universidad de Panamá. La tabla 2 presenta los valores de comparación de medias por el método Tukey, de los 10 puntos de muestreo. Se obtuvieron diferencias significativas del contenido, en el punto de colecta de la Universidad de Panamá, respecto a los demás puntos de muestreo.

Tabla 2

Prueba de comparación de medias por el método de Tukey entre puntos de muestreo.

Puntos de muestreo	Medias	n	E.E.		
San Martín	2.83	4	1.90	A	
Chepo	4.88	4	1.90	A	
CEIAT	5.58	4	1.90	A	
El Ejido	5.75	4	1.90	A	
Capira	5.83	4	1.90	A	
Penonomé	7.00	4	1.90	A	
Boquete	7.42	4	1.90	A	
FCA Chiriquí	7.75	4	1.90	A	
Up Sede	25.08	4	1.90		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

DISCUSIÓN

Para determinar posibles estados de contaminación de los suelos analizados, resulta necesario referirse a las normas de calidad ambiental existentes en la República de Panamá. En este caso, se consultan las disposiciones del Decreto Ejecutivo N°2 de 2009 del Ministerio de Economía y Finanzas, por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos.

Al revisar el texto de la citada norma, se observó que no existen valores de referencia establecidos en el contexto nacional para determinar la existencia de contaminación de suelos por la presencia de plomo.

Esto indica que es altamente probable que previamente no se hayan realizado estudios de calidad ambiental que permitieran establecer la capacidad máxima de los ecosistemas de albergar este elemento sin que el mismo afecte a la salud de las personas y de los ecosistemas.

De todos los sitios analizados, es preciso destacar los resultados obtenidos para el sitio de muestreo ubicado en el campus central de la Universidad de Panamá, estadísticamente como se muestra en la tabla 2, este sitio muestra los valores más elevados de contenidos de Plomo, respecto a los demás puntos de muestreo para los que estadísticamente no hay diferencias significativas en las medias del contenido de plomo, estos datos nos indican un mayor grado de contaminación que en el resto de puntos muestreados, sin embargo los valores reportados en todo los puntos de muestreo (tabla 1), comparados con los valores de referencia establecidos por diversos autores y para suelos contaminados que representen un riesgo para los seres vivos, de los cuales tenemos que, Kabata-Pendias (2011) fija valores superiores a 100 mg/Kg, y la US EPA (1996) indica valores en torno a los 80 mg/Kg. Por lo que los valores obtenidos en los suelos evaluados no representan un peligro a la salud de los diversos organismos vivos.

Este hallazgo puede explicarse mejor al relacionar lo observado con las características del sitio de muestreo y, particularmente, su localización geográfica. Se trata de la localidad con gran afluencia de tránsito vehicular, aspecto que puede apreciarse mejor al analizar los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá INEC (2018), acerca del número de vehículos por provincia, en la república de

Panamá (Tabla 3), del total de 878 762 vehículos registrados, 648 565, circulan en la provincia de Panamá.

Los valores del contenido de plomo, obtenidos en el punto de muestreo de la Universidad de Panamá, los cuales son mayores que los otros puntos de muestreo pueden estar relacionados con la presencia de un mayor flujo vehicular en la zona, conclusión similar a la que llegó Carrasquero-Durán (2006), al encontrar los mayores valores de contenido de plomo en calles de Maracay (Venezuela) que presentaban un mayor flujo vehicular. De igual manera, Duke (1998) relaciono los contenidos elevados de plomo en el aire, en el área circundante a la Universidad de Panamá, con la densidad vehicular y el uso de gasolina con plomo, por lo que al evaluar los remanentes que se encontraron, posterior a la suspensión del tetraetilplomo, nos permite confirmar que los niveles detectados no representan un riesgo a la salud.

Tabla 3.

Automóviles en Circulación en la República, por provincia para el año 2018.

Automóviles en circulación en la República de Panamá por provincia 2018	
Provincia	Total
Bocas del toro	1 762
Coclé	22 538
Colón	23 553
Chiriquí	82 229
Darién	115
Herrera	22 168
Los Santos	17 444
Panamá	648 565
Panamá Oeste	31 311
Veraguas	29 077

Nota: Adaptado del Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC)

Fuente INEC (2018).

CONCLUSIONES

Podemos concluir que:

- Los contenidos de plomo presentes se encuentran en el rango de 1 a 36.7 mg/Kg, no existiendo diferencias significativas en el contenido de plomo al comparar todos los puntos de muestreo, con excepción de la muestra colectada en la Universidad de Panamá, a su vez, fue también, donde se encontraron los mayores contenidos.
- Los niveles encontrados de plomo en los sitios de muestreo no corresponden a suelos contaminados al ser comparados con los valores encontrados en la literatura existente.
- Los mayores niveles de plomo encontrados, corresponden a la Universidad de Panamá-Campus Central; se estima que tales niveles están relacionados con la influencia de dos vías de circulación de vehículos contiguos al punto de muestreo, y al parque vehicular que circula por la ciudad de Panamá, de igual manera sería conveniente poder contrastar con datos de aforo vehicular de los años de estudio (y el periodo en que se eliminó el plomo de la gasolina), pero existen pocos estudios al respecto para realizar las comparaciones necesarias.
- Se estima que debido a factores como el periodo de tiempo en el que se han realizado estos muestreos y posterior análisis (quince años desde que se eliminó el tetra etilo de plomo en la gasolina en Panamá) y al lavado de los suelos debido a la precipitación pluvial, se han reducido los niveles de contaminación en los suelos ubicados a orillas de las carreteras, a niveles en los que no representan un riesgo para la salud de las personas, animales y plantas.
- Sería recomendable a futuro ampliar la información, sobre el contenido del elemento en sedimentos y ríos, adyacentes a las zonas muestreadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E; Borie, G; Ahumada, I; Carrasco, M; Castillo, G; González, S; León, O; Martínez, E. 2005. Criterios de calidad de suelos agrícolas URL: http://biblioteca-digital.sag.gob.cl/documentos/medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/1_portada_indice.pdf
- Alarcón, M.A; Fernández, M.T; Hernández, J.A. 2005. Valores de fondo y valores genéricos de referencia para Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb y Zn en Suelos del Campo de Cartagena, Murcia. *EDAFOLOGÍA*, Volumen12. (2): 105-114. URL: <https://es.scribd.com/document/629829133/Valores-de-Fondo-y-Valores-Genericos-de-Referencia-para-Cd-Co-Cr-Cu-Mn-Ni-Pb-y-Zn-en-Suelos-del-Campo-de-Cartagena-Murcia-Resaltado#>
- Carrasquero-Durán, Armando. (2006). Determinación de los niveles de contaminación con plomo en los suelos y polvo de las calles de la ciudad de Maracay. *Agronomía Tropical*, 56(2), 237-252. URL: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200006&lng=es&tlng=es.
- Debenedetti, S., Muñoz, N. (2007). Determinación de plomo y cadmio en hierbas medicinales. DOI: 10.13140/RG.2.1.4151.2563.
- Decreto Ejecutivo No. 2, Por el cual se establece la Norma Ambiental de Calidad de Suelos para diversos usos. Del 14 de enero de 2009, gaceta oficial No. 26230.
- 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/>
- Duke Hernández, V. (1998). Contaminantes atmosféricos causados por vehículos con motor de combustión interna y su efecto en la calidad del aire. Panamá. URL: <http://up-rid.up.ac.pa/3087/>
- Hernández, A.J. y Pastor Piñeiro, J. (2008). Validated approaches to restoring the health of ecosystems affected by soil pollution. En Domínguez, J.B. y Columbus, F. (Eds.), Chapter 2: *Soil Contamination Research Trends* (pp. 51-72). Hauppauge, USA: Nova Science Publishers, Inc.
- INEC. (2018). Contraloría General de la República de Panamá. URL: https://www.inec.gob.pa/publicaciones/Default3.aspx?ID_PUBLICACION=986&ID_CATEGORIA=4&ID_SUBCATEGORIA=22
- Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants (Vol. IV). United States of America : CRC Press. doi: <https://doi.org/10.1201/b10158>

- Kirkby, E. A; Mengel, K. 1982. Principles of plant nutrition, 3ed, Worblaufen-Bern, CH. International Potash Institute, s.p.
- Ley 36 de 1996 Por La Cual Se Establecen Controles Para Evitar La contaminación Ambiental Ocasionada Por Combustibles Y Plomo. Del 17 de mayo de 1996, gaceta oficial: 23040.
- Llosa, R; Negro de Aguirre, E; Noriega, G. 1990. Niveles de plomo, cadmio, zinc y cobre en suelos del área metropolitana y suburbana de buenos aires. Ciencias del Suelo. Volumen 8, N° 1, URL: https://www.suelos.org.ar/publicaciones/vol_8n1/llosa.pdf
- Olivares Reumont, S., (2013). Niveles De Cadmio, Plomo, Cobre Y Zinc En Hortalizas Cultivadas En Una Zona Altamente Urbanizada De La Ciudad De La Habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 285-293. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/370/37028959006.pdf>
- Peláez-Peláez, M. J., Bustamante Cano, J. J., & Gómez López, E. D. (2016). Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena Medio colombiano. *Luna Azul*, (43), 82-101. URL: <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.5>
- Pinzón, C. 2015. Determinación de los niveles de plomo y cadmio en leche procesada en la ciudad de Bogotá D.C. URL: <http://www.bdigital.unal.edu.co/47779/1/599661.2015.pdf>
- Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44. URL: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>
- Sánchez-Cardo, A., López-Fuster, M.J. y Nadal, J. (2007). Bioaccumulation of lead, mercury, and cadmium in the greater white-toothed shrew, *Crocidura russula*, from the Ebro Delta (NE Spain): sex-and age-dependent variation. *Environmental Pollution*, 145(1), 7-14. DOI:10.1016/j.envpol.2006.02.033
- USEPA (1996) Soil screening guidance: technical background document. EPA/540/ R-95/128. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC, p A-5.
- Zavala, M.E. 2012. Contaminación por plomo en suelos de Torreón COAH. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria] URL: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2637/MARIA%20EUGENIA%20ZAVALA%20MARTINEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**DIVERSIDAD DE HYPHOMYCETES ACUÁTICOS ASOCIADOS A HOJARASCA
SUMERGIDA EN MANGLARES DE LA COSTA PACÍFICA DE CHIRIQUÍ,
PANAMÁ**

DIVERSITY OF AQUATIC HYPHOMYCETES ASSOCIATED WITH SUBMERGED
LEAF LITTER IN MANGROVES ON THE PACIFIC COAST OF CHIRIQUÍ, PANAMÁ

Ulises Pino¹; Rito Herrera²

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Panamá. ulisespino01@gmail.com;
<https://orcid.org/0000-0003-0033-9517>

²Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología. Panamá.
rito.herrera@up.ac.pa <https://orcid.org/0000-0003-2509-0391>

Recepción: 27 de noviembre de 2022

Aprobación: 1 de marzo de 2023

RESUMEN

En Panamá, es importante reforzar el desarrollo de estudios en el campo de las ciencias ambientales y los recursos naturales principalmente acuáticos, dada la riqueza en biodiversidad que posee el país. El objetivo de esta investigación fue determinar y analizar la diversidad de los géneros de hifomicetos acuáticos existentes, asociados a la hojarasca sumergida en cuatro puntos de muestreos en los manglares de El Golfo de Chiriquí. Los datos se valoraron con el índice de Shannon-Wiener. La proporción de la diversidad observada se midió con el índice de equitatividad de Pielou. Mediante el índice de Margalef o de riqueza específica (S) se obtuvo la diversidad total de especies observadas. La cantidad de especies de hifomicetos acuáticos encontrados en los cuatro puntos de muestreo están contenidas en 38 géneros de los cuales 44 especies son especies nuevas para Panamá en la provincia de Chiriquí.

Palabras clave. especies, hifomicetos acuáticos, manglares, diversidad.

ABSTRACT

In Panama, it is important to reinforce the development of studies in the field of environmental sciences and natural resources, mainly aquatic, given the richness of biodiversity that the country possesses. The objective of this research was to determine and analyze the diversity of the genera of existing aquatic hyphomycetes, associated with the submerged litter at four sampling points in the mangrove swamps of the Gulf of Chiriquí. Data were assessed with the Shannon-Wiener index. The proportion of observed diversity was measured with the Pielou evenness index. Using the Margalef index or specific richness (S) the total diversity of observed species was obtained. The number of species of aquatic hyphomycetes found in the four sampling points are contained in 38 genera of which 44 species are new species for Panama in the province of Chiriquí.

Keywords: species, aquatic hyphomycetes, mangroves, diversity.

INTRODUCCIÓN

Los hongos marinos corresponden a un conjunto de organismos que presentan varias adaptaciones fisiológicas y morfológicas a ecosistemas marinos y estuarinos, lo que les ha permitido dominar frente a otros organismos emparentados (Tamallo-Ceballos, 2020). La actividad de los hongos del manglar es fundamental en el ciclaje de nutrientes y en la regulación del ecosistema de allí su mucha importancia en el ambiente marino por sus funciones en la degradación de materia orgánica y de compuestos que no pueden ser utilizados por otros organismos, como la celulosa y la lignina, cuya acumulación pudiera convertirse en una causa de contaminación en los ecosistemas marinos” (Enríquez *et al.*, 2003).

Los hifomicetos son hongos microscópicos imperfectos, dominantes de las hojas deciduas o cualquier materia particulada que cae en las corrientes de agua (Fernández *et al.*, 2010). Constituyen un grupo fúngico cuya característica principal es poseer propágulos aparentemente adaptados, de alguna manera, al anclaje en medios lóxicos” (Roldán *et al.*, 1987). Respecto a su funcionalidad son hongos que contribuyen a la descomposición del material vegetal sumergido y ayudan a mantener el balance energético de los cuerpos de

agua; y en su clasificación constituyen una agrupación filogenéticamente artificial y heterogénea, en propiedad de ascomicetos y basidiomicetos (Fernández *et al.*, 2010).

Los océanos y mares están sujetos a diferentes alteraciones provocadas por los seres humanos entre las cuales podemos mencionar las aguas residuales y e industriales, derrames de petróleo y aquellos residuos que contienen pesticidas. Las áreas que se ubican en las zonas costeras y los manglares son los ecosistemas más afectados por estos efectos contaminantes. Además, la contaminación por hidrocarburos de petróleo y sus derivados son una importante amenaza para todos los organismos marinos entre ellos los hongos que son muy sensibles a estas perturbaciones e indican que la presencia de hidrocarburos podría reducir la diversidad de hongos marinos y que la presencia de hidrocarburos en las superficies de los sustratos puede reducir la actividad fúngica (Hyde *et al.*, 1998).

Se estudió la diversidad de hongos acuáticos hifomicetos y el posible impacto de estos en el ambiente que abarca cuatro zonas de manglar: Quebrada de Piedra en el distrito de Remedios; Playa Hermosa, Horconcitos en el distrito de San Lorenzo, Playa La Barqueta en el distrito de Alanje; y Playa Boca de Guanábano, Puerto Armuelles, en el distrito del Barú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio: La investigación se realizó en la zona pacífica costera de la provincia de Chiriquí. Se ubicaron cuatro puntos de muestreo para colectar las muestras de hojarasca sumergida. Las muestras de los manglares se colectaron a lo largo de las costas del Pacífico en el Golfo de Chiriquí, siguiendo la metodología de Cáceres *et al.*, 2005, con modificaciones menores.

Puntos de muestreo: los puntos de muestreo se ubican en el área pacífica de la provincia de Chiriquí en los siguientes puntos (Figura 1):

Manglar 1: Quebrada de Piedra (Remedios): coordenadas: 8°06'00"N 81°41'00" O. Tiene una superficie total de 98.3 Km²., con una altitud media de 252 m.s.n.m.

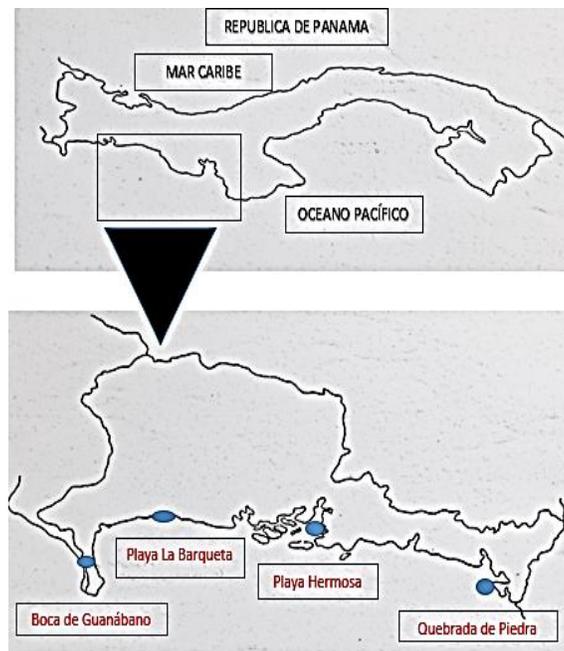
Manglar 2: Playa Hermosa (Horconcitos, San Lorenzo): coordenadas: 8°13'00"N 82°13'00"O. Tiene una superficie total de 73.1Km². y una altitud media de 1 m.s.n.m.

Manglar 3: Playa La Barqueta (Guarumal, Alanje): coordenadas: 8°21'N 82°32' O. Tiene una superficie total de 83.3 Km²., con una altitud media de 1 m.s.n.m.

Manglar 4: Playa Boca de Guanábano (Puerto Armuelles, Barú): coordenadas de ubicación son: 8°17'00"N 82°52'00"O. Tiene una superficie total de 222.5 Km², con una altitud media de 6 m.s.n.m.

Figura 1.

Mapa de la localización de los cuatro puntos de muestreo a lo largo de El Golfo de Chiriquí, Panamá



Colecta de muestras.

Para los cuatro manglares, se procedió de la misma manera en la recolección de las muestras de hojarasca:

- a. Se prepararon de cinco a seis bolsas plásticas antes de la llegada al manglar. Una vez allí se procedió a recolectar muestras representativas de la hojarasca sumergida en el agua del manglar cerca de los árboles de mangle.

- b. Se ubicó una zona dentro del agua donde hubiera la mayor cantidad de hojarasca disponible y que tuviera señales de descomposición y afectación por hongos acuáticos del mismo manglar.
- c. La mayoría de las hojas que se recolectaron fueron de mangles para comprobar la afectación por hongos acuáticos, aunque también se recolectaron algunas hojas de otros tipos de plantas y árboles presumiblemente afectadas por hongos.
- d. Una vez obtenidas las bolsas de plástico con las muestras de hojarasca del manglar se colocaron en refrigeración con una solución de metronidazol en cada bolsa (para evitar la contaminación por parásitos) y luego proceder a su posterior preparación.

Preparación y proceso de las muestras (Cáceres *et al.*, 2005) con modificaciones menores.

- ✓ Las muestras de cada área fueron preparadas para poder extraer de cada bolsa las hojas que presentaran condiciones de descomposición y manchas necróticas, presumiblemente provocadas por hongos.
- ✓ Se colocaron las hojas en un plato Petri tamaño para realizar raspados en la superficie de las axilas de cada hoja de mangle, mezcladas con una cantidad suficiente de agua destilada.
- ✓ Se obtuvo un extracto de las hojas mezcladas con agua destilada y este extracto se centrifugó a 4000 rpm, recuperándose el sobrenadante. Para las observaciones microscópicas se utilizó un microscopio de contraste de fase.

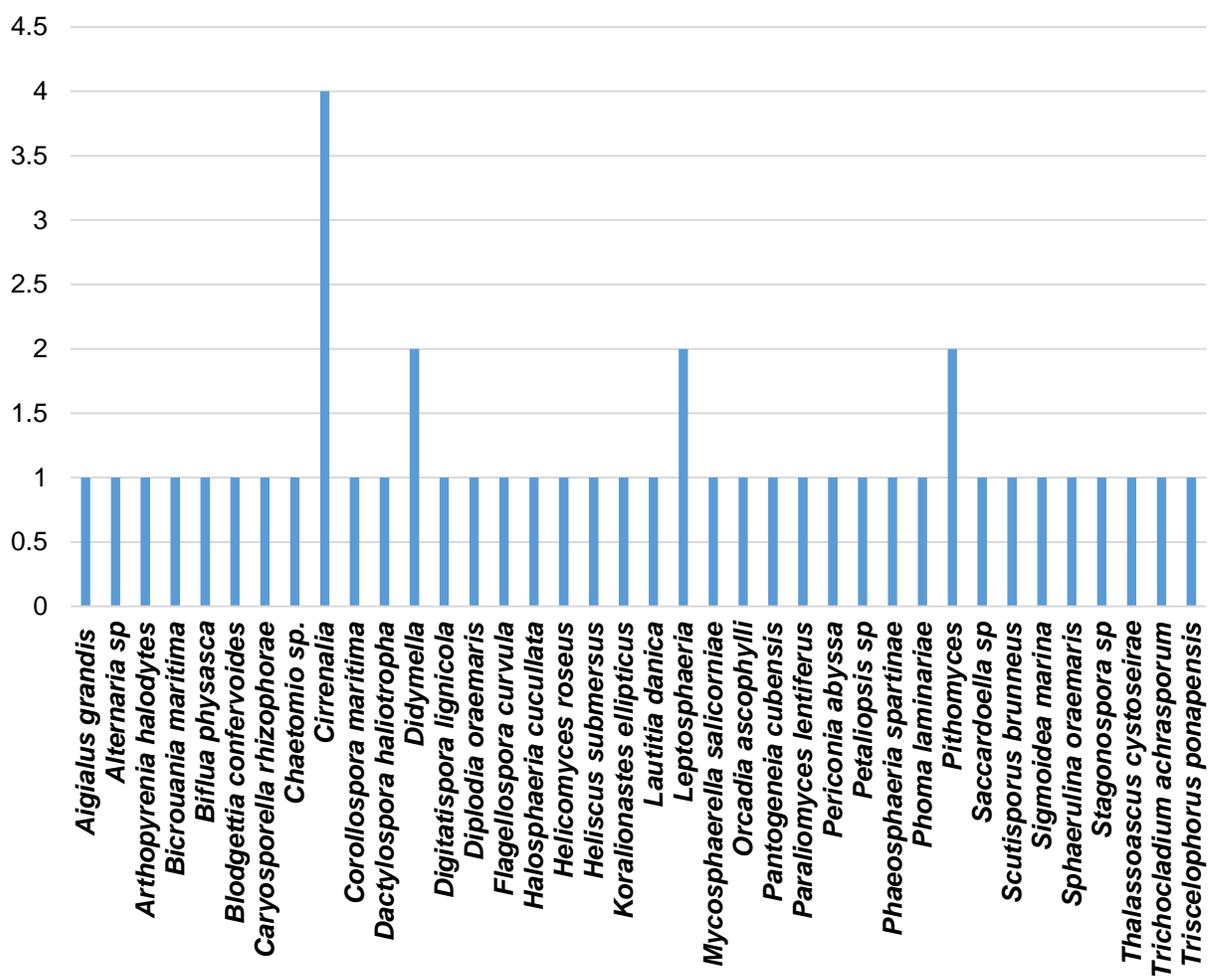
RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se determinaron cuarenta y cuatro especies de hifomicetos en las cuatro áreas de estudio, siendo las más abundantes las correspondientes al género *Cirrenalia* con cuatro especies (*Cirrenalia sp*, *Cirrenalia basiminuta* *Cirrenalia macrocephala* y *Cirrenalia tropicalis*), seguidos de los géneros *Didymella* dos especies (*Didymella avicenniae* y *Didymella fucicola*;

al igual que *Leptosphaeria* (*Leptosphaeria oraemaris* y *Leptosphaeria peruviana*) y *Pithomyces* (*Pithomyces sp* y *Pithomyces terrícola*), se presentan en la figura 2.

Figura 2.

Cantidad de individuos por especie correspondientes a los cuatro manglares ubicados a lo largo de la costa pacífica de Chiriquí, Panamá. En el eje X se representan las especies y géneros aislados y en el eje Y la cantidad de individuos.

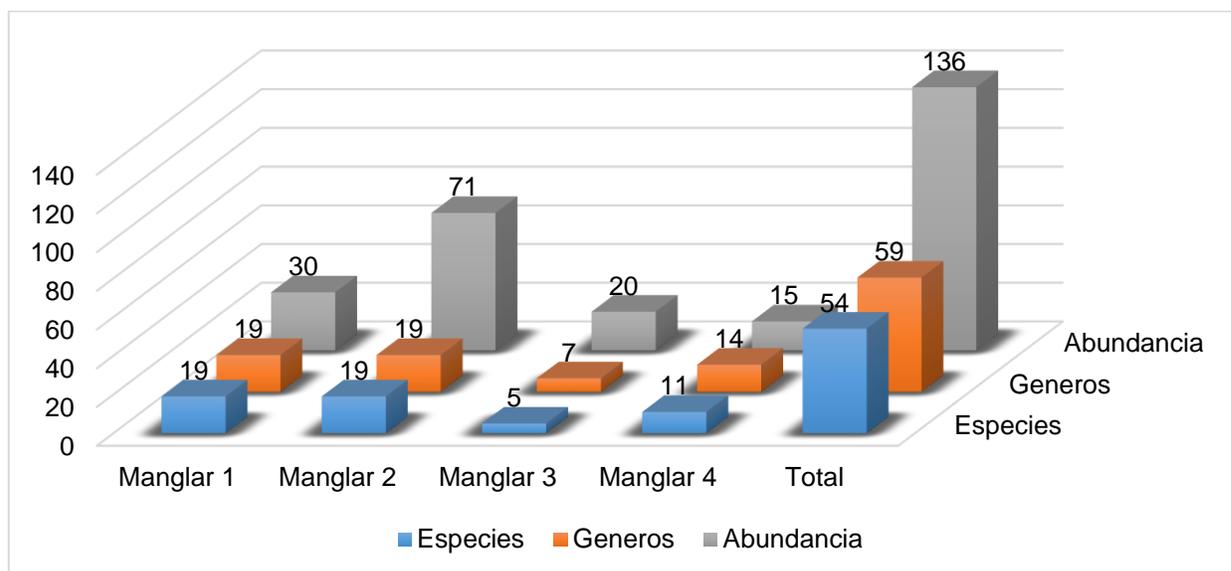


Determinación de especies por géneros encontrados

En el área de Quebrada de Piedra, Remedios, se recolectaron 30 individuos y 19 especies, donde *Diplodia oraemaris* presentó la mayor abundancia. En Boca de Guanábano, Puerto Armuelles se recolectaron 71 individuos y 19 especies, perteneciendo la mayoría al género *Chaetomio sp* (40 individuos). En el manglar de Playa La Barqueta, se colectaron 20 individuos y 7 especies, predominando la especie *Cirrenalia macrocephala* (10 individuos). En el área de Playa Boca Chica, San Lorenzo, se colectaron 15 individuos y 14 especies, siendo la de mayor abundancia *Pithomyces terricola* con 2 individuos (ver figura 3).

Figura 3.

Abundancia relativa de géneros y especies de hifomicetos por sitio de muestreo. Eje X sitios de muestreos, eje Y número de individuos. El manglar 1 corresponde a Quebrada de Piedra (Remedios); manglar 2 corresponde a Playa Hermosa (Horconcitos, San Lorenzo); el manglar 3 corresponde a Playa La Barqueta (Guarumal, Alanje); manglar 4 Playa Boca de Guanábano (Puerto Armuelles, Barú).

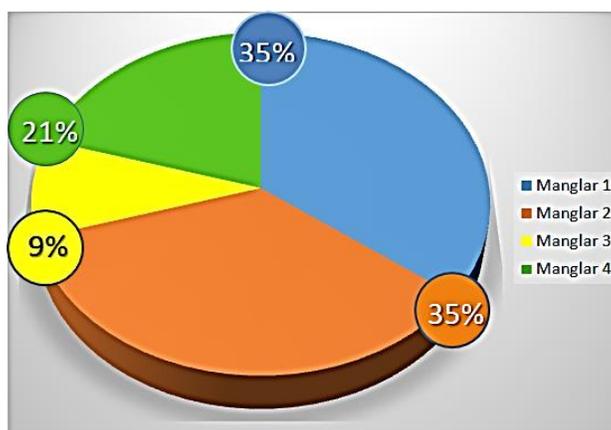


En relación con la abundancia relativa para los cuatro manglares con sus respectivos géneros y especies recolectados se observó una mayor abundancia de hifomicetos acuáticos

en el manglar 4 (Boca de Guanábano) en el que se encontró una gran cantidad de individuos por género (71 individuos). De estos, el género de mayor abundancia fue *Chaetomium sp* con 40 individuos. El que menor abundancia presentó fue el manglar 2 (Playa Hermosa) con 15 individuos incluyendo 14 géneros; la especie que mayor abundancia presentó dentro de este manglar fue *Pithomyces terrícola* (2 individuos).

Figura 4.

Porcentajes de hifomicetos correspondientes a los cuatro manglares ubicados a lo largo de la costa pacífica de Chiriquí, Panamá



La figura 4, corresponde a los porcentajes de hifomicetos (individuos) proporcionales a los cuatro manglares. Se observa que el manglar 1, Quebrada de Piedra y el manglar 4, Boca de Guanábano presentan igual porcentaje de hifomicetos acuáticos (35%) y al manglar 3, Playa de la Barqueta con menor porcentaje (solo un 9%) de hifomicetos acuáticos encontrados.

La dominancia encontrada fue 0.02632, lo que significa que hubo un bajo porcentaje de especies por género haciendo constar que en estos manglares el género que más especies encontradas fue *Cirrenalia sp* con 4 especies. De acuerdo con Fernández da Silva y Smits Briedis (2016), cuando ocurre el proceso de descomposición de la hojarasca, se incrementa el nivel de nitrógeno disponible lo que aumenta la dominancia de los hongos acuáticos por la degradación de materia vegetal dentro del medio. Por tanto, al encontrar un aumento de la cantidad de hojarasca en este estudio, en cada uno de los manglares, existe una alta

dominancia de especies de hifomicetos en estos manglares. Al haber una mayor concentración de nitrógeno en el medio por la descomposición de las hojas, debe existir una alta dominancia de especies. En este estudio existió una baja dominancia de especies lo cual significa que hubo baja cantidad de especies por géneros, esto a pesar de que había gran cantidad de hojarasca en los cuales podían encontrarse los hifomicetos y sustrato suficiente para degradar por parte de estos hongos acuáticos.

El valor del índice de Shannon-Wiener fue 3.638, que es significado de una alta diversidad. Según Fernández Da Silva y Smits (2016), las hojas tomadas al azar presentaron la más baja frecuencia de conidias y número de especies identificadas. En consecuencia, el índice de Shannon-Wiener que es el más bajo (0,790) reportado por estos autores, fue comparado con este estudio donde el índice de Shannon fue 3.638. Las hojas seleccionadas en el muestreo fueron las que presentaban mayor evidencia de descomposición en lugar de aquellas hojas recientemente caídas en el agua.

El índice de diversidad de Margalef o de riqueza específica (S) obtuvo un valor de 10.17, lo cual significa que existe una alta riqueza de especies en este estudio, por su parte, el valor equitatividad de Pielou obtenido para estos manglares fue de uno (1), lo cual significa que todas las especies en la muestra son perfectamente equitativas, con al menos un individuo por especie encontrada para estos manglares. Comparando la diversidad observada con la diversidad esperada en los sitios de estudio, el manglar donde se presentó mayor diversidad observada fue el de Quebrada de Piedra, Remedios. En este manglar se encontraron las especies que se identificaron con más frecuencia, *Diplodia oraemaris* y *Flagellospora curvula*. los resultados del presente estudio coinciden con los valores encontrados en el trabajo de Bärlocher *et al.*,2010; Guerrero y Urdiales (2016), en relación con la mayor diversidad de hongos hifomicetos encontrados en las muestras de hojarasca en época lluviosa, probablemente debido a una mayor humedad en el ambiente, mayor precipitación atmosférica, alta turbiedad y mayor disponibilidad de nutrientes.

CONCLUSIONES

- La cantidad de especies de hifomicetos acuáticos encontrados en los cuatro puntos de muestreo están contenidas en 38 géneros de los cuales 44 especies son especies nuevas para Panamá en la provincia de Chiriquí.
- El índice de diversidad de Margalef o de riqueza específica (S) obtuvo un valor de 10.17, lo cual significa que existe una alta riqueza de especies en este estudio, por su parte, el valor equitatividad de Pielou obtenido para estos manglares fue de uno (1), lo cual significa que todas las especies en la muestra son perfectamente equitativas, con al menos un individuo por especie encontrada para estos manglares.
- El género *Cirrenalia* con sus especies *Cirrenalia sp*, *Cirrenalia basiminuta*, *Cirrenalia macrocephala* y *Cirrenalia tropicalis*, fueron las más dominantes en los cuatro manglares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bärlocher, F. (1992). Research on Aquatic Hyphomycetes: Historical Background and Overview. In: Bärlocher, F. (eds) *The Ecology of Aquatic Hyphomycetes*. Ecological Studies, vol 94. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Bärlocher, F., Helson, J. E., Dudley, D. W. (2010). Aquatic hyphomycete communities across a land-use gradient of Panamanian streams. *Fundamental and Applied Limnology* 117: 209-221.
- Cáceres, O. A., Castillo, Y., Hofmann, A. T. (2015). Hifomicetos acuáticos asociados a hojarasca sumergida en el río Majagua, Chiriquí, Panamá. *Revista mexicana de micología*, 42, 65-69.
- Descals, E., Sanders, P., Ugalde, U. (1977). Hifomicetos ingoldianos del País Vasco. *Sociedad de Ciencias Aranzadi* 3: 237-260. (ver anexo)
- Enríquez, D., González, M. D. C., Ruiz, G., Núñez, R. Delgado, Y. (2003). Diversidad de Hongos Marinos en Playas de la Ciudad de La Habana. *Serie Oceanológica*, (1), 1-9.
- Fernández Da Silva, R. Smits Briedis, G. (2016). Hifomicetos acuáticos de la cabecera del río Guárico, estado Carabobo, Venezuela. *Interciencia*, 36(11),831-834.

- Fernández, R., Smits, G., Pinto, M. (2010). Características e importancia de los hifomicetos acuáticos y registro de especies en Venezuela. *Revista Faraute de Ciencia y Tecnología*, 5(2), 56-73.
- Gulis, V., Marvanová, L., Descals, E. (2005). An illustrated key to the common temperate species of aquatic hyphomycetes. In: Graça, M.A.S., F. Bärlocher, M.O. Gessner (eds.), *Methods to study litter decomposition: A practical guide*. Springer, The Netherlands. pp. 153-167. **(ver Anexo)**.
- Guerrero, J. M., Urdiales, L. (2016). Variación de las comunidades de Hifomicetos Acuáticos y tasa de composición de hojarasca en tres microcuencas altoandinas del sur del Ecuador. Universidad del Azuay.
- Hyde, K. D., Jones, E. B. G., Leño, E., Pointing, S. B., Poonyth, A. D. Vrijmoed, LL. P. (1998). Papel de los hongos en los ecosistemas marinos. *Biodiversidad y conservación*, 7(9), 1147.
- Ingold, C.T. (1975). An illustrated guide to aquatic and water-borne hyphomycetes (fungi imperfecti) with notes on their biology. *Freshwater Biological Association* 30: 1-95. **(ver Anexo)**.
- Roldán, A., Descals, E., Honrubia, M. (1987). Hifomicetos acuáticos en las cuencas altas de los ríos segura y Guadalquivir. *Anales de Biología*, (13), 3-13.
- Roldán, A., Descals, E., Honrubia, M. (1988). Hifomicetos acuáticos de Sierra Nevada y Sierra de los Filabres. *Acta Botanica Malacitana* 13: 77-90. **(ver Anexo)**.
- Santos-Flores, C.J., Betancourt-López, C. (1997). Aquatic and waterborne hyphomycetes (Deuteromycotina) in streams of Puerto Rico (including records from other Neotropical locations). *Caribbean Journal of Science* 2: 1-116. **(ver Anexo)**.
- Tamallo-Ceballos, R. (2020). Hongos marinos lignícolas en ecosistemas de manglar: estado del conocimiento y perspectivas de investigación en Ecuador. *Revista ecuatoriana de Medicina y ciencias biológicas*, 41(2), 95-106.

ANEXO FOTOGRÁFICO

IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS HIFOMICETOS COLECTADOS EN ESTE TRABAJO. La identificación de los hifomicetos acuáticos se basó en la morfología de sus conidios y las claves taxonómicas de Ingold (1975), *Descals et al.*, (1977); Roldán *et al.*, (1987, 1988); Santos-Flores y Betancourt-López (1997) y Gulis *et al.*, (2005). (referencia en bibliografía citada).

1-*Aigialus grandis*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Massariaceae*

Figura 1.
Aigialus grandis



Especie: *Aigialus grandis* (Kohlm. & Schatz-L, 1989), hojarasca sumergida, Muestra MBCSL001 (Figura 1).

Características: ascomas abiertos con una hendidura, embebidos o inmersos, himenio completamente expuesto, ascosporas muriformes, ascosporas con 13 o más transeptos arriba de los 96 μm de largo. En madera u hojarasca.

Reporte para otros países: *Aigialus grandis* fue reportado para Brunei (Hyde, 1987), Australia (Kohlmeyer, J., & B., Volkmann-Kohlmeyer. (1991) y Japón (Nakagiri, 1993).

2-*Alternaria sp*

División: *Ascomycota*

Clase: *Euascmycetes*

Familia: *Pleosporaceae*

Figura 2.

Alternaria sp



Especie: *Alternaria sp.* (Matallah-Boutiba, A., *et al.*,2011), hojarasca sumergida, Muestra MBGPA001 (Figura 2).

Características: conidia muriforme con un apéndice, conidios llevados acropetalmente en cadenas, clamidosporas multicelulares, las esporas se pueden distribuir de una en una, o en largas cadenas, y pueden crecer en colonias visibles, de color negro o gris.

Reporte para otros países: *Alternaria sp* fue reportado para Argelia Occidental (Matallah-Boutiba, A., *et al.*, 2011).

3-Arthopyrenia halodytes

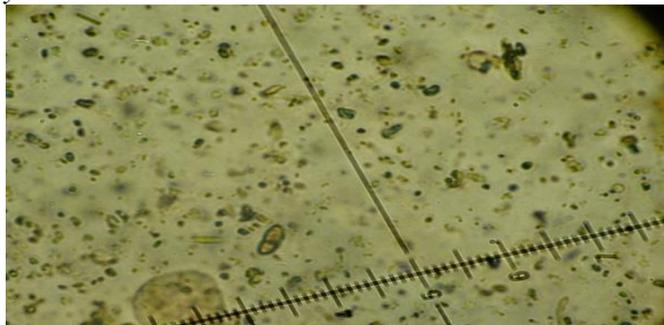
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Arthopyreniaceae*

Figura 3.

Arthopyrenia halodytes



Especie: *Arthopyrenia halodytes* (Arnold, 1891), (Cannon et al. 1985). Muestra MQPR001 (Figura 3).

Características: ascosporas septadas cerca del centro, asimétrica, hialinas gris claro o amarillas de paredes delgadas, sin apéndices, 1-3-septados, oblongos u ovoides (no filiformes). En madera u hojas en descomposición.

Reporte para otros países: *Arthopyrenia halodytes* reportada para las Islas Canarias ((Moro et al., 2003).

4-Bicrouania marítima

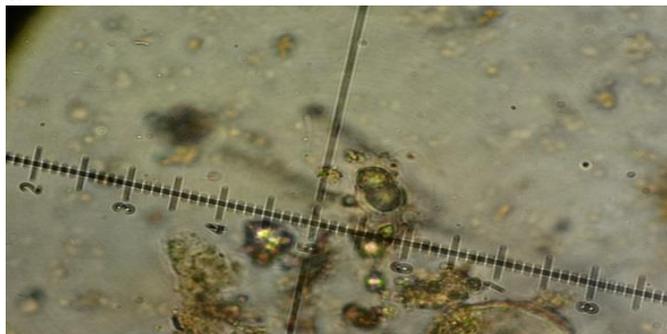
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Melanommataceae*

Figura 4.

Bicrouania marítima



Especie: *Bicrouania marítima* (P. Crouan & H. Crouan. 1867) (Kohlm. & Volkm.-Kohlm. 1990). Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 4).

Características: ascoma de subgloboso a elipsoidal, marrón negruzco, de paredes gruesas, ascosporas septadas, con un septo en el medio durante la madurez, de color oscuro, sin apéndices no estriadas más cortas que 35 µm, de sustratos leñosos o en hojarasca sumergida.

Reporte para otros países: probablemente Gran Bretaña o Francia; parcialmente ilustrado y descrito por Kohlmeyer y Kohlmeyer (1979).

5-*Biflua physasca*

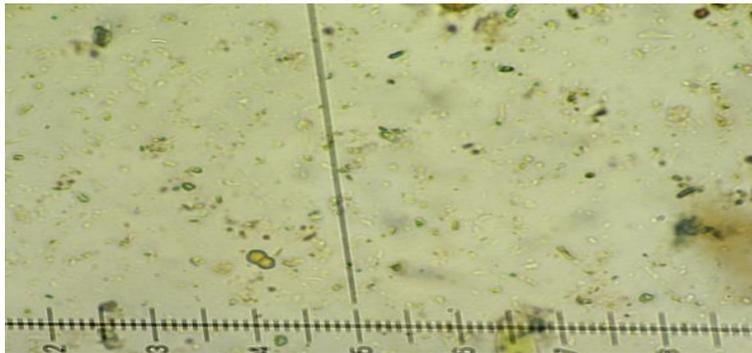
División: Ascomycota

Clase: Ascomycetes (incierta)

Familia: incierta

Figura 5.

Biflua physasca



Especie: *Biflua physasca* (Jorgen Koch & E.B.G. Jones, 1989). Muestra MQPR001 y MQPR002 (Foto. # 5).

Características: ascoma de 75-112 μm de diámetro, Globosa o ligeramente aplanada, coriácea, ablandada de luz blanca, gregaria, de color claro, libre (unida a la madera por unas o varias hifas sinuosas de paredes gruesas), o incrustado en las capas externas del substrato, peridio membranoso, con una capa de pared, 1-2 células de espesor, células planas y angulares hasta 12 μm en diámetro. Ascosporas desiguales de 2-4 células, 10-16 x 6-9 μm , fuertemente constreñido en el septo, hialino, con una vaina mucilaginosa uniforme.

Reporte para otros países: reportada para la India según Jørgen Koch y E.B.G. Jones (1989).

6-*Blodgettia confervoides*

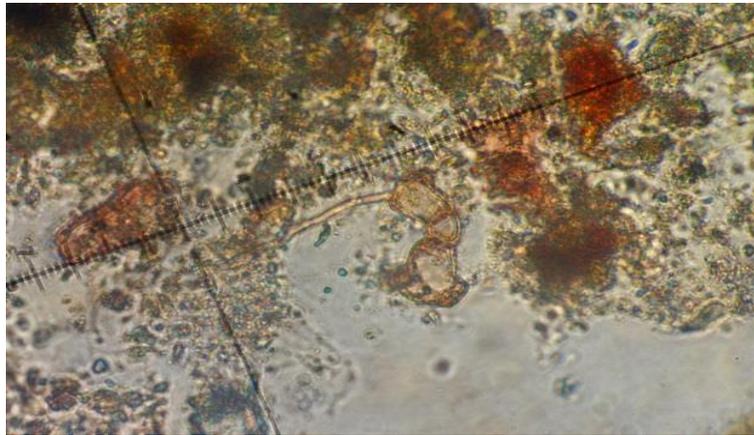
División: *Ascomycota*

Clase: *Teliomycetes*

Familia: *Moniliaceae*

Figura 6.

Blodgettia confervoides



Especie: *Blodgettia confervoides* (Harvey, 1858). Muestra MBCSL001 (Foto. # 6).

Características: conidia no filamentosa, más corta que 100 μm ., con un septo transverso solamente, conidia multicelular, con más de dos células, una conidia restante adjunta con una célula central esporógena. Clamidosporas formando cadenas.

Reporte para otros países: reportado para Norteamérica y las Bahamas (Harvey, 1858)

7-*Caryosporella rhizophorae*

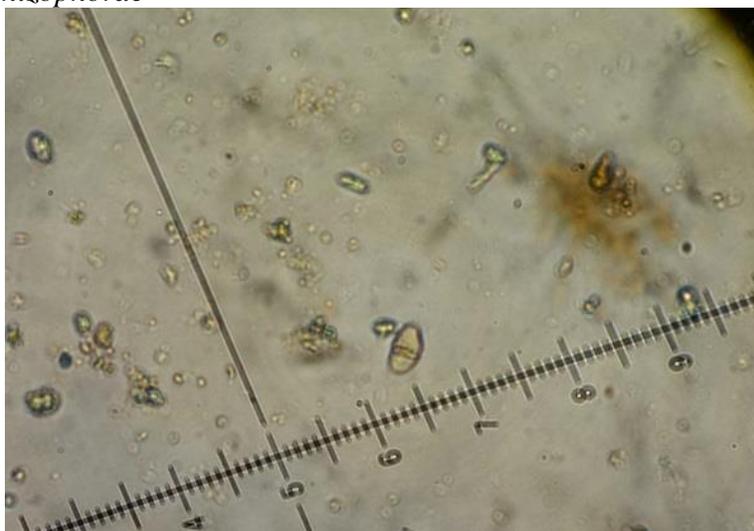
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Melanommataceae*

Figura 7.

Caryosporella rhizophorae



Especie: *Caryosporella rhizophorae* (Kohlmeyer, J. 1985). Muestra MQPR001 y MQPR002 (Figura 7).

Características: ascocarpo subgloboso, 800-200 μm de diámetro, ostiolado, con un canal ostiolar de 70 a 100 μm de diámetro, asco de 210-250 x 16 -18 μm , cilíndrico, bitunicado, ascosporas elipsoidales de 25-30 x 10.12 μm , uniseptadas, constreñido en el septo.

Reportes para otros países: reportada para Belice (Kohlmeyer y Volckmann-Kohlmeyer, 1987). Se reportaron especies para Brunei (Hyde, 1987), para Malasia (Jones y Kuthubutheen, 1989) y para la India (Chinnaraj y Untawale, 1992). Para Japón (Isla Irimote) (Nakagiri, 1993) y Macau, (Vrijmoed *et al.*, 1994).

8-*Chaetomium sp*

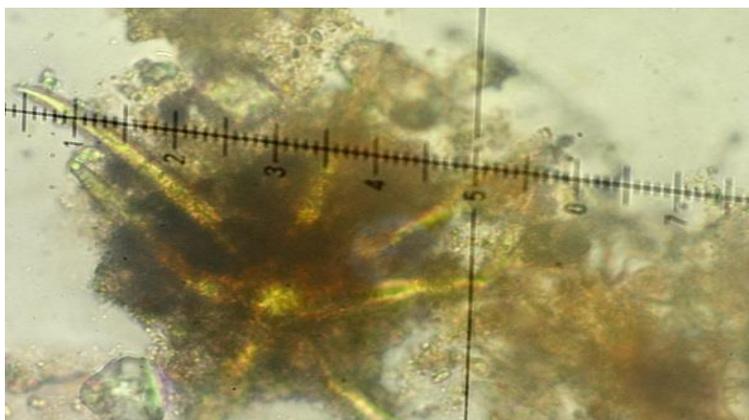
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Chaetomiaceae*

Figura 8.

Chaetomium sp



Especie: *Chaetomium sp* (Kunze, 1817). Muestra MQPR002 (Foto. # 8). Hojarasca: MQPR001 y MQPR002 (Fig. 12) y MBGPA001 al MBGPA040.

Características: los miembros de este género suelen tener peritecio superficial, ostiolar, cubiertos de pelos que presentan distintas formas y tamaños según la especie, con un diámetro de hasta 250 μ m. Los ascos son a menudo cilíndricos, elevados y evanescentes, conteniendo de 4 a 8 ascosporas evanescentes. Las ascosporas suelen tener forma de limón, comúnmente de color marrón oliváceo, con un poro germinativo, poseen una célula de forma globosa o subglobosa, son liberadas dentro del peritecio y emergen a través del ostiolo. El micelio crece a menudo en las masas del conglomerado que parecen cuerdas. El peritecio con ostiolo es superficial y en forma de barril y se reviste con pelos oscuros y rígidos.

Reportes para otros países: reportada para Venezuela (Delgado Ávila *et al.*, 2001) y Brasil (Barbosa *et al.*, 2016).

9-*Cirrenalia* sp

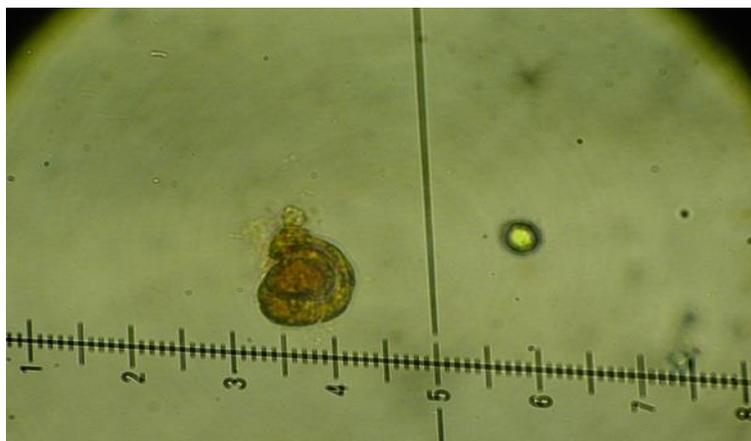
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 9.

Cirrenalia sp



Especie: *Cirrenalia* sp (Meyers y Moore, 1960). Hojarasca: Muestra MQPR001 y MQPR002 (Figura 9).

Características: se caracteriza por ser hetero-porosa, dematiacea, con los conidios fuertemente constreñidos en los septos, las células claramente no congruentes, aumentando en diámetro irregularmente desde la base hasta el ápice, Las células terminales generalmente más grandes y oscuras que las células sub-terminales.

Reportes para otros países: reportada para Tailandia (Somrithipol *et al.*, 2002) y para China (Zhao y Liu, 2005).

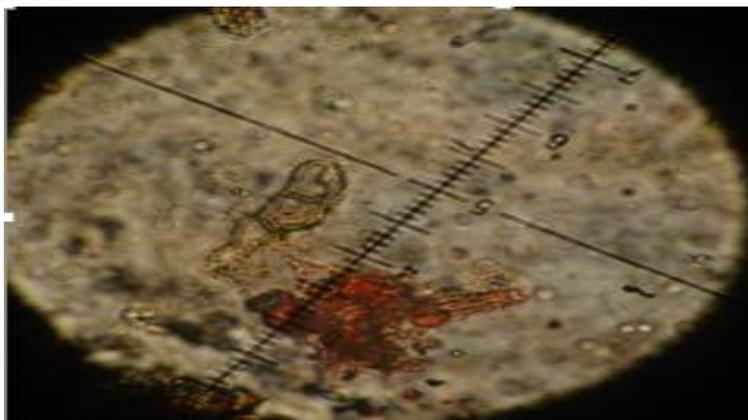
10-*Cirrenalia basiminuta*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 10.
Cirrenalia basiminuta



Especie: *Cirrenalia basiminuta* (Raghuk. y Zainal, in Raghu-Kumar, Zainal y Jones, 1988) Muestra MLBA001 (Figura 10).

Características: Conidióforos terminal, integrado, monoblástico y determinado. Conidias llevadas acrogenamente, rara vez soportadas lateralmente, y directamente sobre conidióforo, solitario, helicoide, semi-contorsionado, 3-4 (-5) septado, constreñido en los septos. Las células aumentan de tamaño desde la base hasta el ápex. Célula apical 8.5-15 x 7.8-11 mm, Célula basal subglobosa cilíndrica y estrechada, 5- 17 mm de largo y 2-4 mm de ancho en la parte más ancha, hialina. Pigmentación de las células que aumentan de la base al ápice, las células apicales de color marrón claro con un tinte rojizo.

Reportes para otros países: reportada para la India (Sarma y Vittal, 2001), en México (Felder y Camp, 2009) y para Cuba (Samón –Legrá y Enríquez Lavandera, 2010).

11-*Cirrenalia macrocephala*

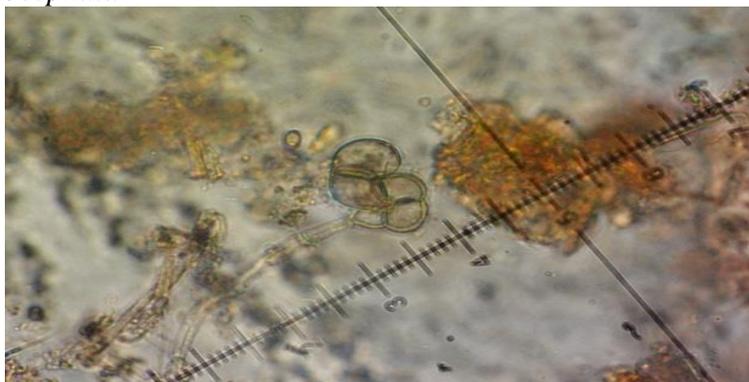
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 11.

Cirrenalia macrocephala



Especie: *Cirrenalia macrocephala* (Kohlm, Meyers y Moore, 1960). Hojarasca: Muestra MLBA001 al MLBA010 y MBCSL001 (Figura 11)

Características: Colonias sobre sustrato natural, efusivas, dispersas y negras. El micelio es principalmente inmersos y parcialmente superficiales; hifas de 3-5 μm de diámetro, septo hialino a marrón claro. Conidióforos estrechos, micronematosos, pálidos, terminales, integrado, monoblástico y determinado, 10-20,5 \times 2,5-4,5 μm . Las células son monoblásticas, integradas, terminales, determinadas. Conidios solitarios, helicoides, semi-torcidos, en su mayor parte enrollados, de 19-34,5 μm en diámetro, septado (de 2-7 septos), constreñido en los septos, marrón rojizo brillante; las células aumentan de tamaño, y la célula apical visiblemente hinchada, subglobosa, más oscura que las otras, 10-17,5 μm ; Célula basal cilíndrica y estrechada, 4.5-11 μm de largo y 3-7.5 μm de ancho en la parte más ancha. Se encuentra sobre la madera expuesta al agua de mar.

Reportes para otros países: reportado para España (Roldan y Honrubia (1989). También reportado para la India (Sarma & Vittal, 2001) y para China (Zhao & Liu, 2005).

12-*Cirrenalia tropicalis*

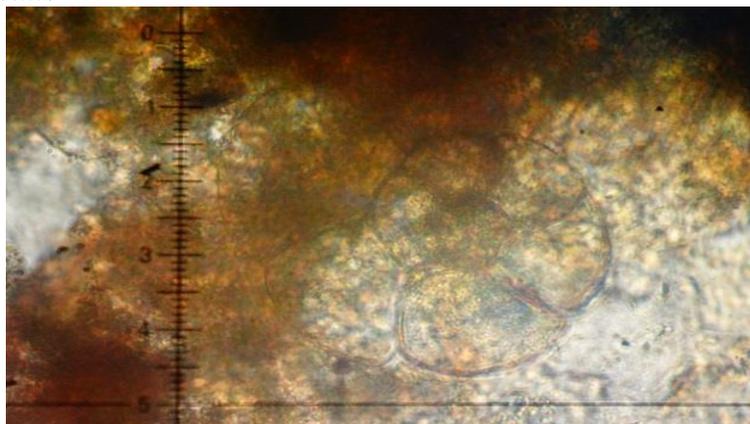
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 12.

Cirrenalia tropicalis



Especie: *Cirrenalia tropicalis* (Kohlmeyer, 1968) Muestra MBGPA002 (Foto. # 12).
Hojarasca: Muestra MLBA001 y MLBA002 (Foto. # 12) y Muestra MBCSL001.

Características: Conidióforos cilíndricos, 0-4 septados, tamaño del conidióforo $25-42 \times 2.5-5 \mu\text{m}$, simples, acrogenados o lateralmente sobre hifas, a menudo permaneciendo conectados con conidios separados, rectos o curvos, de color marrón claro. Células conidiógenas monoblásticas, integradas, terminales, determinadas. Conidios acrogenados, solitarios, regulares o irregulares helicoides o espiral, en su mayor parte uno a uno y medio contorsionados, raramente semicontraídos, 6-12 septados, no o ligeramente estrechados en los septos, tamaño aproximado $30-38 \mu\text{m}$ de diámetro, tamaño del filamento de la conidia $9-12 \mu\text{m}$ de diámetro, oscuro a marrón rojizo; células que aumentan de diámetro desde la base hasta el ápice, distintamente disímiles, espirales de $20-38,5 \mu\text{m}$ de diámetro; célula terminal de $9-15 \mu\text{m}$ de alto, $10-20 \mu\text{m}$ de diámetro, subglobosa a elipsoidal, básicamente aplanada; células basales de $5,5-10 \mu\text{m}$ de alto, $3-5 \mu\text{m}$ de diámetro, cilíndricas; células centrales subglobosas, obtusamente cónicas o doliformes. Reportes para otros países: reportada para Brunei (Hyde, 1987), para Malasia (Jones y Kuthubutheen, 1989). Reportada para la India (Chinnaraj, 1993), también (Sarma y Vittal, 2001) y (Sivakumar, 2013), especies reportadas para Japón (Nakagiri, 1993), Cuba (Lavandera y Núñez, 2007) y (Samón –Legrá y Lavandera, 2008).

13-*Corollospora marítima*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 13.

Corollospora marítima



Especie: *Corollospora marítima* (Werderm, 1922) Muestra MBGPA001 y MBGPA002 (Figura 13).

Características: ascosporas de 20-40 μm de longitud y de 8-10 μm de ancho, hialinas con un solo septo. Apéndices polares de 4-7 μm de longitud y un cinturón de flequillos en la región ecuatorial. Reportes para otros países: reportado para España (Roldan y Honrubia (1989), para Tailandia (Jones *et al.*, 2006) para Cuba (Lavandera y Núñez, 2008) y para Ecuador (Álvarez Montero y Saltos Rosero, 2011). Reportes de la especie para la India (Borse, 2011)

14-*Dactylospora haliotrepha*

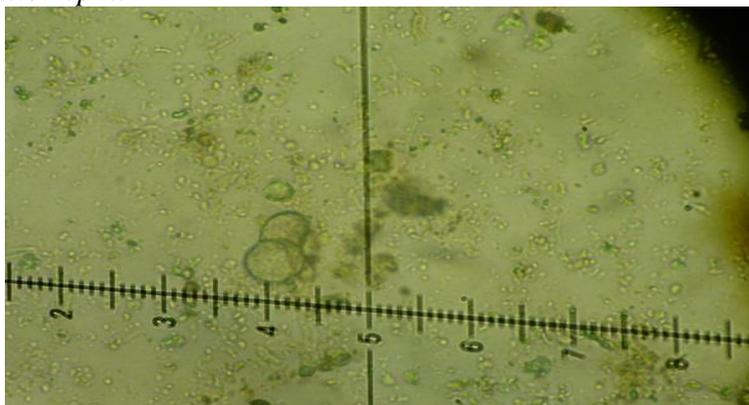
División: *Ascomycota*

Clase: *Lecanoromycetes*

Familia: *Dactylosporaceae*

Figura 14.

Dactylospora haliotrepha



Especie: *Dactylospora haliotrepha* (Kohlmeyer E. Kohlmeyer, Hafellner 1979)
Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 14), MBGPA001, MBGPA002 y MBGPA003 y MBCSL001.

Características: ascoma 225-300 mm de alto, 480-750 mm de diámetro, subglobosa o plana o convexa, discoide, apotecia como, sésil, superficial, carnosa-coriácea, de color rojizo oscuro a negro, solitaria o gregaria. Excípulo compuesto de células de paredes gruesas, subglobosas a poligonales que divergen del centro en filas paralelas, fusionándose en el pie esclerenquimatoso, arqueándose sobre el himenio. Hipotécio formado por células de paredes delgadas, que se funden básicamente con el pie hialino. Pseudoparáfisis simple, raramente ramificado, clavado, hialino, superando los ascos. Asco de 70-96 x 15-20 mm, 8-esporas, bitunicado, pedúnculo corto, de pared delgada en la base, de paredes gruesas en el ápice, sin ningún aparato apical. Ascosporas 17-25 x 8-11 mm, elipsoidal u ovoide, 1-septado en el tercio inferior, constreñido en el septo, oblicuamente uno o biseriado, verde grisáceo a pardusco con delicadas estriaciones longitudinales. Reportes para otros países: Especies reportadas para Brunei (Hyde, 1987), para Japón (Nakagiri, 1993) y reportada para Ecuador (Álvarez Montero y Saltos Rosero, 2011).

15-*Didymella avicenniae*

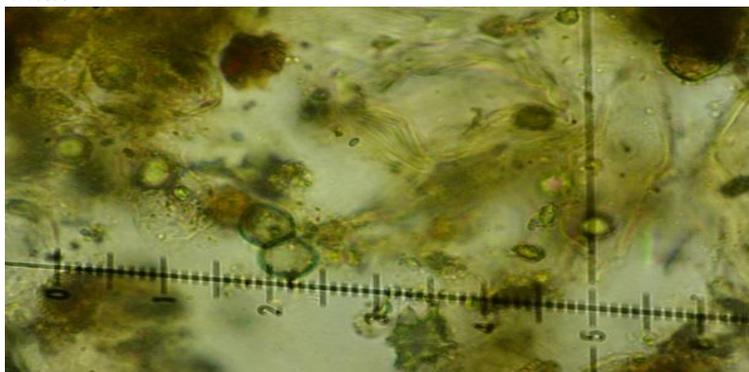
División: *Ascomycota*

Clase: Dothideomycetes

Familia: Didymellaceae

Figura 15.

Didymella avicenniae



Especie: *Didymella avicenniae* (Patil & Borse, 1985) Muestra MQPR001 (Foto. # 15).

Características: ascoma nunca tres septado, asco clavado, ascosporas septadas (con un septo en la madurez), cerca del centro sí asimétricas, sin apéndices, hialinas, gris claro, chocolate en la madurez, suaves 25-32 x 10-15 μm de diámetro.

Reportes para otros países: Reportes para Brunei (Hyde, 1987), para Tailandia (Jones *et al.*, 2006) y para la India (María y Sridha, 2002), (Borse *et al.*, 2011), (Sivakumar y Ravikumar, 2014).

16-*Didymella fucicola*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Didymellaceae*

Figura 16.
Didymella fucicola



Especie: *Didymella fucicola* (G.K. Sutherl.) Kohlm. 1968. Hojarasca: Muestra MBCSL001 (Figura 16).

Características: ascosporas siempre uniseptada, no filiformes, sin apéndices 16-23 x 6-8 μm .

Reportes para otros países: reportes de la especie para Escocia (Zuccaro y Mitchell, 2005)

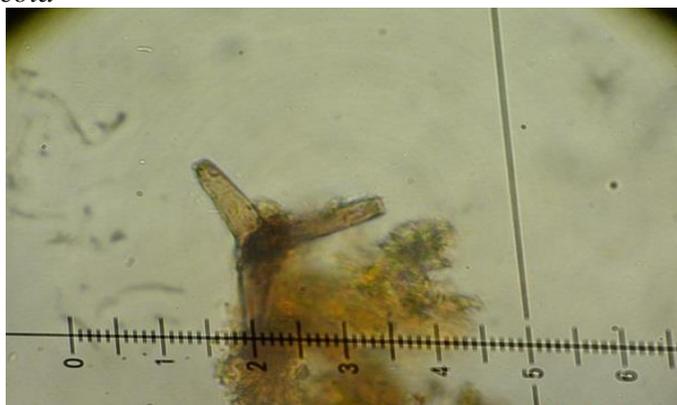
17-Digitatispora lignícola

División: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Familia: Atheliaceae

Figura 17.
Digitatispora lignícola



Especie: *Digitatispora lignicola* (E.B.G. Jones, 1986). Hojarasca: Muestra MQPR001 y MQPR002 (Figura 17).

Características: basidiosporas consistente en 4 brazos radiales (tetra radiadas), formados sobre la superficie de un basidioma plano, tipo cojín, con los brazos apicales de las basidiosporas, de 23 μm de largo, hasta 8 μm de diámetro, saprófitos de la superficie de la madera y hojarasca.

Reportes para otros países: reportada para San Juan Island, Estado de Washington, Estados Unidos (Jones, 1985).

18-*Diplodia oraemaris*

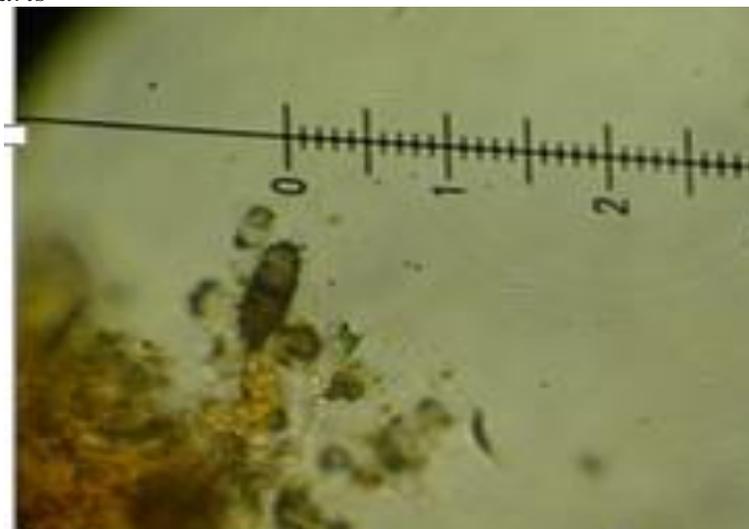
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Botryosphaeriaceae*

Figura 18.

Diplodia oraemaris



Especie: *Diplodia oraemaris* (Linder, 1944). Hojarasca: Muestra MQPR001, MQPR002, MQPR003 y MQPR004 (Figura 18).

Características: conidia encerrada en un acervulo o picnidio ostiolado con la pared engrosada, conidia elipsoidal u ovoide siempre con un septo transversal cuando madura, sin apéndices, coloreada más corta de 9 μm . Crece en madera u hojarasca.

Reportes para otros países: reportada para China (Ming Hu *et al.*, 2013).

19-*Flagellospora curvula*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Nectriaceae*

Figura 19.

Flagellospora curvula



Especie: *Flagellospora curvula* (Ingold, 1942) Muestra MQPR001. Hojarasca: MQPR001 (Figura 19), MQPR002 y MQPR003 y MBGPA001 y MBGPA002.

Características: micelio ramificado y septado, conidióforos usualmente ramificados, formando un grupo de dos o diez fiálides clavadas, de 10-20 μm de largo, 2.5 de ancho, produciendo conidias. Las conidias fialosporas que producidas en sucesión basipetal, curvada o sigmoide. Hialina, unicelular, de 100-150 μm de largo, 2 μm de ancho disminuido en la región media, de 1.5 μm hacia los extremos.

Reportes para otros países: especies reportadas para España (Roldán *et al.*, 1987) y (Roldan *et al.*, 1988), Venezuela (Fernández *et al.*, 2010), (Fernández Da Silva y Smits Briedis, 2011), (Fernández da Silva Smits Briedis, 2015).

20-Halosphaeria cucullata

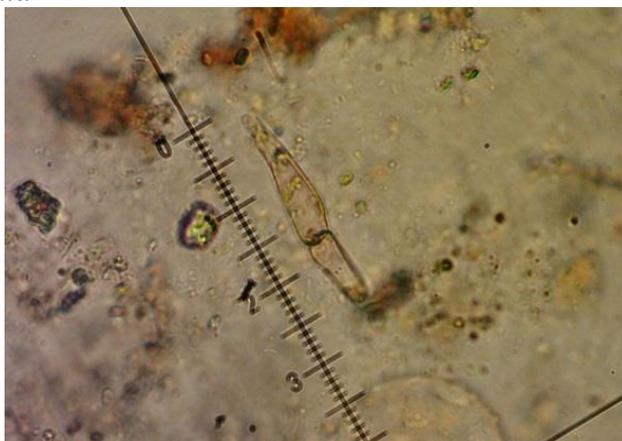
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 20.

Halosphaeria cucullata



Especie: *Halosphaeria cucullata* (Kohlmeyer, 1972) Muestra MBCSL001 (Figura 20).

Características: se caracteriza por ascomas sumergidos, oscuros, ascos que se deliquescen muy temprano en el desarrollo, y ascosporas cilíndricas con o sin un apéndice de capuchón polar en un extremo. Ascosporas 20-68 x 6-12 μm ., uniseptado, convirtiéndose de 2-4 septos durante la germinación.

Reportes para otros países: reportes para Brunei (Hyde, 1987).

21-*Helicomyces roseus*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Tubeufiaceae*

Figura 21.

Helicomyces roseus (agua dulce)



Especie: *Helicomyces roseus* (Link, 1809). Hojarasca: Muestra MBGPA001 y MBGPA002 (Figura 21).

Características: saprófito sobre sustratos leñosos. Micelio parcialmente sumergido, parcialmente superficial, marrón claro, septo, hifas escasamente ramificadas, con masas de conidios atestados. Estado sexual: Desconocido. Estado sexual: Conidióforos $3-4 \times 2-3 \mu\text{m}$ ($= 4 \times 3 \mu\text{m}$, $n = 5$), septado, paredes gruesas, marrón pálido a moderadamente oscuro, macronematoso, corto. Células conidiógenas, monoblásticas o polilásticas, terminales o intercalares, integradas, sub-hialinas, denticuladas. Conidios (40-) $47-65$ (-75) μm de diámetro y filamento de conidios de $4,5-6 \mu\text{m}$ de ancho ($= 54 \times 6 \mu\text{m}$, $n = 20$), con (298,5-) $360-398 \mu\text{m}$ de longitud, -4 veces, desenrollándose libremente en agua, redondeado en el extremo apical, brillante, hialino a amarillo pálido, multiseptado, hasta 56-septado, ligeramente constreñido en el tabique, paredes lisas.

Reportes para otros países: reportado para China, Hong Kong (Lu *et al.*, 2000), la India (Rajashekhar y Kaveriappa, 2003), para Puerto Rico (Nieves-Rivera, 2005) y para Venezuela (Fernández da Silva y Smits Briedis, 2015).

22-*Heliscus submersus*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Nectriaceae*

Figura 22.

Heliscus submersus (agua dulce)



Especie: *Heliscus submersus* (H.J. Huds. 1961) Muestra MBGPA001 (Figura 22).

Características: la primera parte formada de un fialoconidio, que es un cono invertido estrecho y de su ápice salen tres o dos brazos cortos que crecen hacia afuera. Con dos conidios unicelulares, uno de ellos uniseptado de forma individual y aislado.

Reportes para otros países: conocida y reportada para Jamaica (Hudson, 1961), reportada para Venezuela (Smits et al. 2007), (Obispo, 2015) y (Fernández Da Silva y Smits Briedis, 2015) y un reporte para Panamá (Cáceres et al., 2015), para Ecuador (Guerrero Mendieta y Urdiales Carchipulla, 2016) y para Portugal (Gonçalves, 2017).

23-*Koralionastes ellipticus*

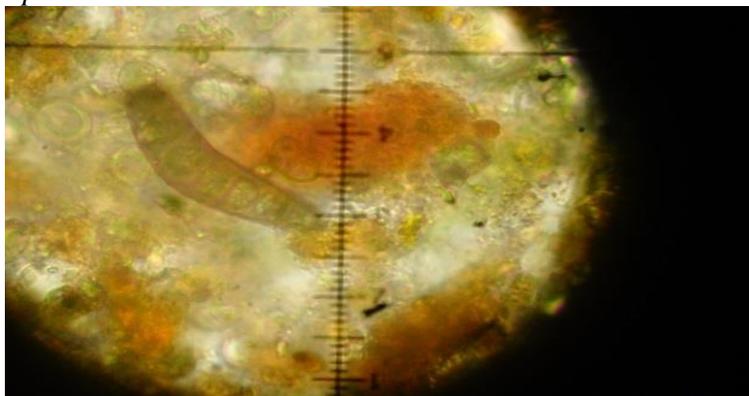
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Koralionastetaceae*

Figura 23.

Koralionastes ellipticus



Especie: *Koralionastes ellipticus* (Kohlmeyer & Volkm.-Kohlmeyer, 1987). Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 23).

Características: Ascoma subyacente, parcialmente mostrado en sección longitudinal, ascosporas hialinas 81-127 x 27-45 μm ., 1-8 (principalmente 6) septado.

Reportes para otros países: para la India (Chandralata Raghukumar, 2011) y reportada para Tailandia (Samarakoon *et al.*, 2016).

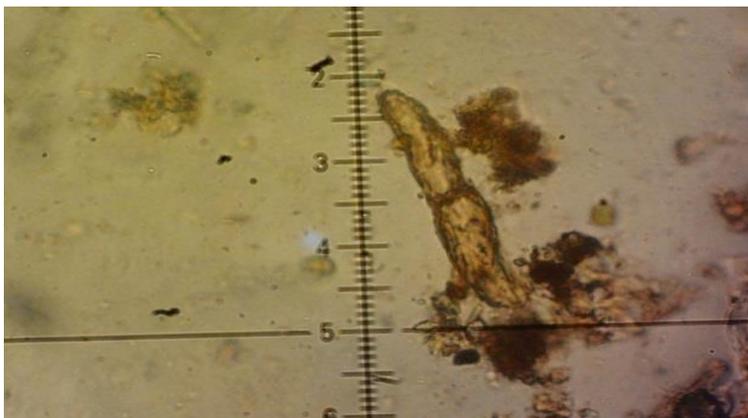
24-*Lautitia danica*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Phaeosphaeriaceae*

Figura 24.
Lautitia dánica



Especie: *Lautitia danica* (S. Schatz 1984). Hojarasca: Muestra MLBA001 y MLBA002 (Figura 24).

Características: ascoma: 125-267 mm de alto, 110-300 mm de diámetro, ampulliforme a subglobosa, inmerso, confinado a cistocarpos y pústulas tetraspóricas, ostiolado, papilado, coriáceo, pálido, gregario. Peridio: compuesto de hifas entrelazadas, de células pequeñas, indistinto arriba, particularmente en la región ostiolar. Cuellos: alargados, cónicos o cilíndricos. Pseudoparafisis: delgadas, septadas, simples o ramificadas, unidas en ambos extremos. Asco: 70-94 x 10-15 mm, subclavado a subcilíndrico, corto pedunculado, de paredes gruesas, bitunicado, fisoclástico; desarrollándose en la base y el lado inferior de la ventosa de ascomata. Ascosporas: 33-40 x 5-7 mm, irregularmente biseriadas, fusiformes alargados, 1-septados debajo del centro; célula inferior cilíndrica, redondeada; célula superior ancha en la mitad inferior y apical; ligeramente constreñido en el septo, hialino, pero también, se vuelve de color amarillento pálido, sin vaina o apéndices. Reportes para otros países: reportada para la India (Sridhar, 2003).

25-*Leptosphaeria oraemaris*

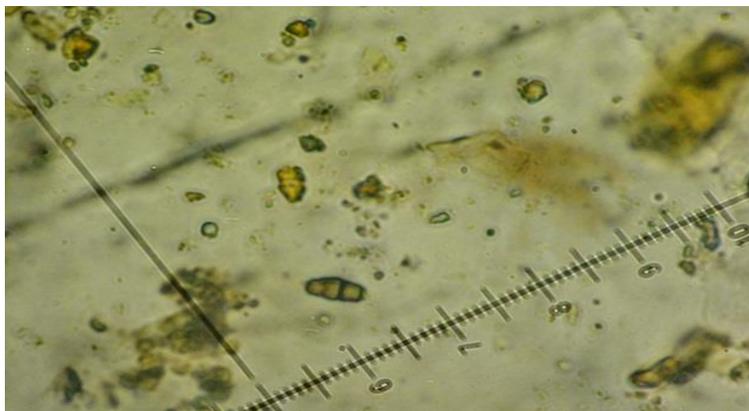
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Leptosphaeriaceae*

Figura 25.

Leptosphaeria oraemaris



Especie: *Leptosphaeria oraemaris* (Linder, 1944) Hojarasca: Muestra MBGPA001 (Figura 25) y MBCSL001.

Características: ascoma, con un lóculo, una sola capa en la pared de la ascospora, asco bitunicado, sin aparato apical, ascosporas de paredes lisas, con 1, 2 o 3 septos como máximo, ascosporas de 18-20 x 4-5 μm , fusiformes, fuertemente constreñidas en el septo medio, levemente curvadas, pardo amarillentas

Reportes para otros países: reportada para Argentina (Peña, 2000), para España (Roldan y Honrubia (1989).

26-*Leptosphaeria peruviana*

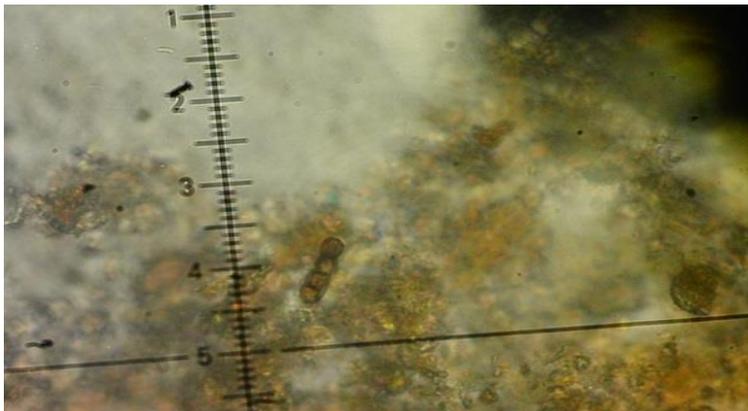
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Leptosphaeriaceae*

Figura 26.

Leptosphaeria oraemaris



Especie: *Leptosphaeria peruviana* (Spegazzini, 1881) Muestra MBCSL001 (Figura 26).

Características: ascoma 22-150 μ m de diámetro, Inmerso, lenticular a subglobosa, negro, ostiolado, coriáceo, membranoso. Asco 52-66 x 8-14 μ m, 8-esporas, cilíndrico-clavado, redondeado en el ápice, pedunculado, bitunicado. Ascosporas: 10-16 x 4-5.5 μ m, superpuestas 1-seriadas, sucias, de color verde oliva, cilíndricas-elipsoidales, 3-septadas, constreñidas en los septos, segunda célula de la parte superior más grande.

Reportes para otros países: reportes de la especie para la India (Sarma y Vittal, 2001) y (Sivakumar y Ravikumar, 2014).

27-*Mycosphaerella salicorniae*

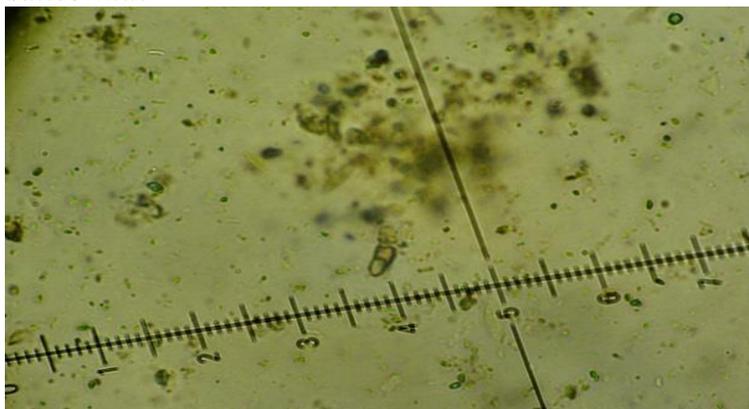
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Mycosphaerellaceae*

Figura 27.

Mycosphaerella salicorniae



Especie: *Mycosphaerella salicorniae* (Lindau, 1903). Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 27) MBGPA001.

Características: Ascoma: globoso, subgloboso o piriforme, sumergida bajo la epidermis o erupción, 22-80 μm de alto, 24-80 (-90) μm de diámetro, ostiolado, epapilado, coriáceo, marrón claro u oscuro, gregario, a menudo unidos por mechones de células marrones o hifas; peridio de 6-10 μm de espesor, compuesto de dos o tres capas de células alargadas o elipsoidales con gran luminosidad, formando una textura angular; canal ostiolar de aproximadamente 6-10 μm de diámetro, forrado con perifisis. Asco: en primer lugar, cilíndrico, posteriormente obclavate a elipsoidal, 20-40 (-48) \times 10-18 (-20) μm , 8-spored con esporas dispuestas en 2-3 filas, desarrollándose en la base del venter ascomático, bitunicado, grueso, sin aparato apical. Ascosporas. Clavadas oblongo o alargado elipsoidal (8-) 10-18 \times (2-) 3-6 μm , 1-septado cerca del centro, no o ligeramente más estrecho en el tabique, célula superior algo mayor que el inferior, incoloro, en material fresco rodeado por una vaina gelatinosa discreta, de aproximadamente 5 μm de grosor. Pseudo-paráfisis. No observado en los ascomas que contienen asco y ascosporas

Reportes para otros países: reportada para Puerto Rico (Nieves-Rivera, 2005)

28-*Orcadia ascophylli*

División: *Ascomycota*

Clase: *Pezizomycetes*

Orden: *Pezizales*

Figura 28.
Orcadia ascophylli



Especie: *Orcadia ascophylli* (G.K. Sutherland., 1915). Hojarasca: Muestra MLBA001 (Figura 28), MLBA002 y MLBA003.

Características: ascos que se abren con un opérculo, ascosporas no filiformes, con septos cruzados solamente, hialinas, ascosporas elipsoidales, elongadas, diametralmente más o menos iguales, ascosporas 34-56 x 4-7 μm .

Reportes para otros países: reportada para Brunei (Hyde, 1988).

29-*Paraliomyces lentiferus*

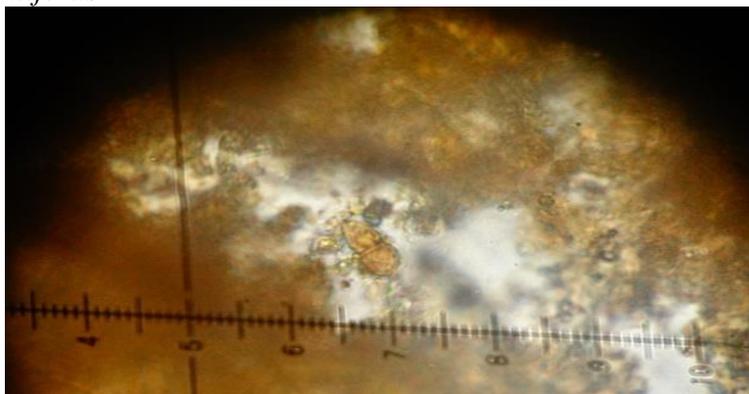
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Pleosporaceae*

Figura 29.

Paraliomyces lentiferus



Especie: *Paraliomyces lentiferus* (Kohlmeyer, 1959) Muestra MQPR001 (Foto. # 29).

Características: ascoma 353-707 μm de alto, 306-840 μm de diámetro, incrustado en un estroma negro, solitario, subgloboso a piriforme, sumergido o parcialmente sumergido, ostiolado, papilar, carbonoso, de paredes gruesas, negro. Cuello de 63-159 μm de alto, 56-153 μm de ancho, perifisado. Pseudoparafises filamentosos, numerosos, persistentes. Asco 88-150 \times 14-18 μm , bicomponente, cilíndrico, pedúnculo corto, bitunicado, con una cámara ocular en el ápice, de paredes gruesas. Ascosporas 17.5-28.5 \times 8.5-13.5 μm , elipsoidal a subfusiforme, uni septado por debajo del medio, constreñida en el tabique, hialina; al principio rodeado de una vaina gelatinosa que se contrae para formar un apéndice lateral lentiforme y viscoso sobre el septo, de 6,5-13,5 μm de diámetro, de 1,0-4,5 μm de espesor.

Reportes para otros países: especie reportada para la India (Borse *et al.*, 2013)

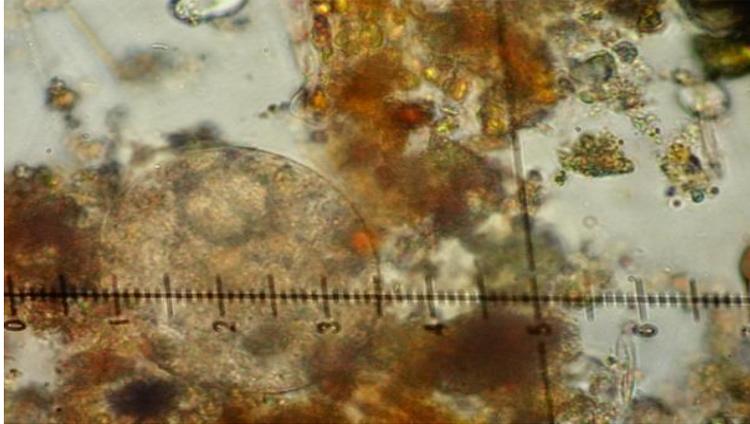
30-Periconia abyssa

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Orden: *Pleosporales*

Figura 30.
Periconia abyssa



Especie: *Periconia abyssa* (Kohlmeyer, 1977). Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 30).

Características: conidia no filamentosa, menores de 100 μm , una célula, pero las células individuales pueden formar cadenas largas, que se disuelven eventualmente, conidia 16-20 μm de diámetro de color marrón claro.

Reportes para otros países: especies reportadas para la India (Borse *et al.*, 2011).

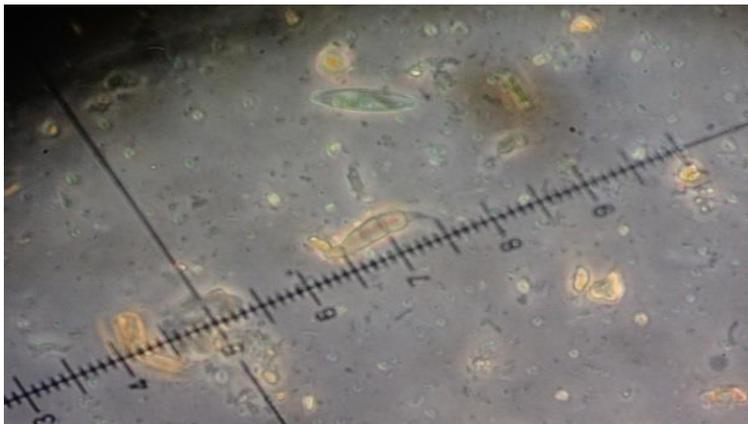
31-*Pestalotiopsis* sp

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Amphisphaeriaceae*

Figura 31.
Pestaliotopsis sp



Especie: *Pestaliotopsis sp* (Spegazzini, 1880) Muestra MBGPA001 (Figura 31)

Características: Conidióforos (annellides), producidos dentro de estructuras compactas de fructificación (acervulos o picnidios). Esporas (conidios) de 4 a 5 células, con las dos o tres células centrales de color marrón oscuro, y con dos o más pelos apicales; recolectando en una masa húmeda fuera del acervulos.

Reportes para otros países: reportes para Argentina (Spegazzini, 1880) y reportada para Colombia (Solarte Quintero, 2014).

32-*Phaeosphaeria spartinae*

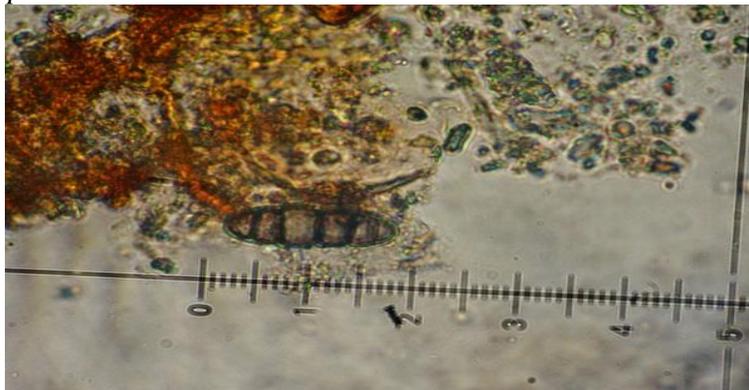
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Phaeosphaeriaceae*

Figura 32.

Phaeosphaeria spartinae



Especie: *Phaeosphaeria spartinae* (Ellis y Everh.) Shoemaker y C.E. Babcock. 1989.
Hojarasca: MBCSL001 (Figura 32).

Características: Ascosporas 21-38,5 x 5-7 μm , 5-7-septadas, fusiformes levemente constreñidas, tercera célula más grande, amarillo pálido a pardas.

Reportes para otros países: reportada para Argentina (Peña *et al.*, 1996), Peña (1997) y (Peña y Arambarri, 1998).

33-*Phoma laminariae*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Didymellaceae*

Figura 33.
Phoma laminariae



Especie: *Phoma laminariae* (Cooke & Masee 1890). Hojarasca: Muestra MBGPA001 (Figura 33) al MBGPA007.

Características: Conidioma picnidial, solitario o gregario, 90-135 μm de alto, 90-160 μm de diámetro, elipsoidal a subgloboso, inmerso o eruptivo, ostiolado, papilado corto o epapilado, coriáceo, de paredes delgadas, de marrón a negruzco, oscuro y de paredes gruesas, alrededor del ostiolado; peridio de 6-8 μm de grosor, hasta 20 μm en el ostiolo, generalmente compuesto de dos capas de células lenticulares alargadas, oscuras en el exterior, de color claro cerca del ventre, formando una textura angular; papilas de 10-25 μm de alto, 30-50 μm de diámetro, cónicas; canal ostiolar lleno de mucílago. Células conidiógenas. Alrededor de 6 \times 6 μm , cónico, incoloro, recubriendo la pared de la cavidad picnidial. Conidio: elipsoidal, 6-10 (-12) \times 3-4 (-4.5) μm , en su mayoría aséptico, pero a veces 1-septado, ni ligeramente más estrecho en el tabique, de paredes lisas, incoloro.

Reportes para otros países: reportada para los lagos salinos de Egipto (El-Sharouny *et al.*, 2009)

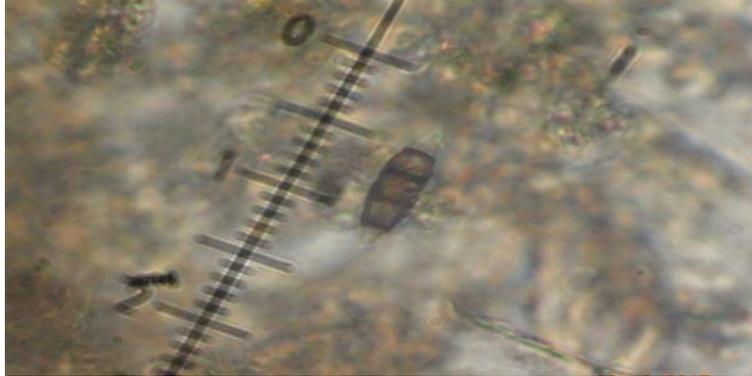
34-*Pithomyces* sp.

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Pleosporaceae*

Figura 34.
Pithomyces sp



Especie: *Pithomyces sp* Hojarasca: Muestra MBCSL001 (Figura 34).

Características: las colonias de *Pithomyces* crecen rápidamente, en los medios fúngicos generales, la textura es algodonosa y la esporulación es lenta.

El color de la superficie de la colonia es pálido a marrón oscuro, y el reverso es de color marrón oscuro. Las esporas son multicelulares y profundamente pigmentadas. Las características que las distinguen son la presencia de divisiones transversales y longitudinales, llamadas septos. La forma de las esporas varía de forma de barril a elipsoidal. *Pithomyces chartarum*, es reconocible por esporas distintivas, multicelulares y marrones que tienen forma de granada con septos longitudinales y generalmente tres septos transversales. Existen otras especies de *Pithomyces*, pero pueden ser difíciles de identificar.

Reportes para otros países: reportado para Argentina (Fernández, 2015).

35-*Pithomyces terrícola*

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Pleosporaceae*

Figura 35.
Pithomyces terricola



Especie: *Pithomyces terricola* (Manohara Chary y Ramarao) P.M. Kirk, 1983. Hojarasca: Muestras MQPR001 y MQPR002 (Figura 35), MBGPA001 y MBCSL001 y MBCSL002.

Características: micelio parcialmente superficial, parcialmente sumergido, compuesto de hifas ramificadas, septadas, lisas a rugosas o verrucosas, subhialina a marrón, de 0,8-5,6 μm de ancho. Conidióforos micronematosos o semimacronematosos, simples o ramificados, erectos o flexuos, lisos a ásperos o verruculosos, subhialinos a marrones, de 1,8-5,4 μm de ancho. Células conidiógenas monoblasticas, en su mayoría terminales, rara vez intercalares, integradas, a veces proliferantes. Conidias solitarias fusiformes a ampliamente fusiformes a 3 o 4 cápsulas, generalmente verruculosa a verrucosa, de color marrón a pardo, más pálidas y rugosas o verruculosas en ambos extremos, 18,8-40,8 \times 5,2-12,2 μm , a menudo constreñidas en los septos, reteniendo ocasionalmente la parte del conidióforo en la base.

Reportes para otros países: reportada para Taiwan (Jin-Liang Chen & Weir-Sen Lin, 1999).

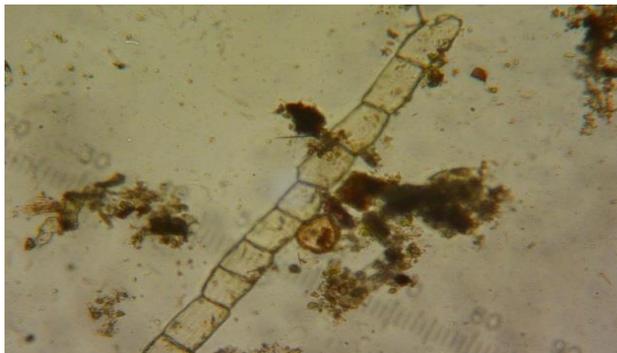
36-*Pontogeneia cubensis*

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Chaetosphaeriaceae*

Figura 36.
Pontogeneia cubensis



Especie: *Pontogeneia cubensis* (Har. & Pat.) Kohlmeyer 1975. Hojarasca: Muestra MBGPA001 y MBGPA002 (Figura 36).

Características: ascoma sin abertura cleistotecial, con ostiolo redondo peritecial, asco sin opérculo, ascosporas no filiformes, hialinas, elongadas diametralmente iguales todas, diámetro de 10 μm o más: 215-325 x 14-17 (- 21) μm , (10 -) 12-13 septos

Reportes para otros países: especie reportada para Cuba (Samón-Legrá y Enríquez Lavandera, 2010), para México (Felder y Camp, 2009).

37-Saccardoella sp

División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Clypeosphaeriaceae*

Figura 37.
Saccardoella sp



Especie: *Saccardoella sp* (Hyde, 1992) Muestra MQPR001 (Foto. # 37).

Características: Ascoma 780-1040 mm de alto, 650-960 mm de diámetro, globosa o subglobosa, ostiolado, papilato corto, coriáceo marrón-negro, solitario o en grupos de dos a tres. Asco 170-200 x 9-12 mm, ocho pedunculados cortos, cilíndricos, de paredes delgadas, unitunicados, cortos, redondeados apicalmente o aplanados, con un pequeño aparato subapical en forma de anillo. Ascosporas 25-37 x 7,5-10 mm, uniseriadas superpuestas, hialinas en madurez, cilíndricas, con varillas agudas, tres-septadas, no estrechadas en los septos, rodeadas por una vaina delgada, que se hincha en agua hasta volverse grande e indistinta.

Reportes para otros países: reportada para Hong Kong (Tsui *et al.*, 1998) y Ecuador (Álvarez Montero y Saltos Rosero, 2011).

38-*Scutisporus brunneus*

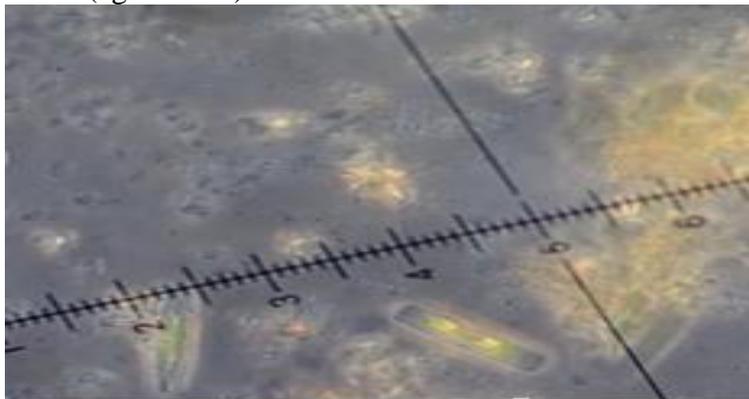
División: *Ascomycota*

Clase: *anamórfico*

Familia: *anamórfico*

Figura 38.

Scutisporus brunneus (agua dulce)



Especie: *Scutisporus brunneus* (Ando & Tubaki, 1985). Hojarasca: Muestra MBGPA001 (Figura 38).

Características: micelio parcialmente superficial, parcialmente sumergido, compuesto de hifas de 0,6-2,0 μm de ancho, septizadas, lisas a rugosas o verrucosas, hialinas a subhialinas o marrones pálidos. Conidióforos macronematosos, mononematosos, simples o ramificados, erectos o flexuos, en su mayoría laterales, raramente terminales, asépticos o septizados, lisos o rugosos, hialinos o subhialinos, 4,0-37,6 \times 1,8-2,6 μm . Células conidiógenas polilásticas, integradas, terminales, intercalares, cilíndricas o simpodiales proliferantes, denticuladas. Conidios solitarios, secos, aplanados, en forma de mariposa (con septos cruzados, 4 células, 4 apéndices y una célula basal) marrón u oliváceo, liso, cuerpo principal 9.6-12.8 \times 9.6-16.0 μm , apéndices subulados, lisos, largo, esbelto, de 8,0-27,2 μm de largo, 0,5-0,6 μm de ancho, hialino o subhialino; células basales cuneiformes o cónicas, truncadas en la base, 2,4-5,2 \times 2,0-3,0 μm .

Reportes para otros países: reportada para Taiwán (Jin-Liang Chen y Weir-Sen Lin, 1999), para Hong Kong (Chan *et al.*, 2000), para Venezuela (Smits *et al.*, 2007) y (Fernández da Silva y Smits Briedis, 2015) para México (López R. y García A., 2014) y para la India (Patil, 2015).

39-Sigmoidea marina

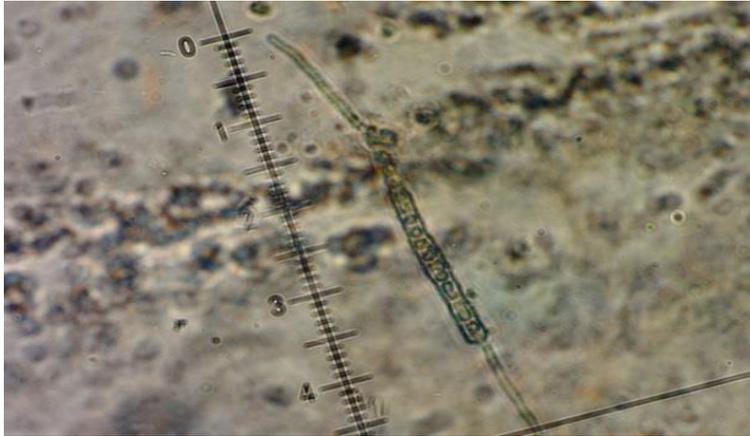
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Halosphaeriaceae*

Figura 39.

Sigmoidea marina



Especie: *Sigmoidea marina* (Haythorn y E.B.G. Jones, 1980). Hojarasca: Muestra MLBA001 (Figura 39).

Características: conidia (80-) 110-180 (-231) x 2-6 μm , 7-11 septos.

Reportes para otros países: reportada para Malasia (Jones & Kuthubutheen, 1989).

40-*Sphaerulina oraemaris*

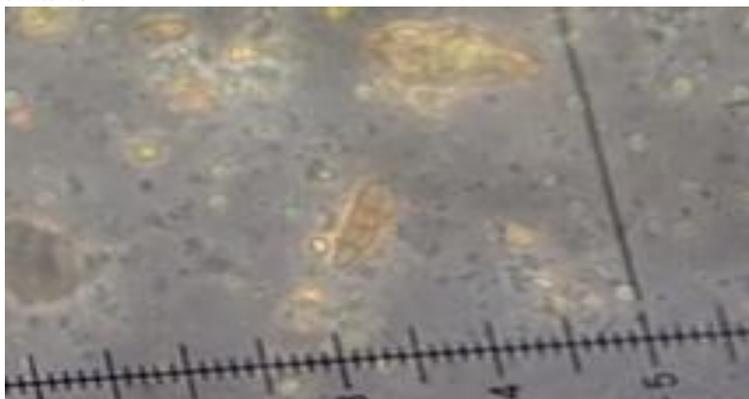
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Mycosphaerellaceae*

Figura 40.

Sphaerulina oraemaris



Especie: *Sphaerulina oraemaris* (Linder, 1944). Hojarasca: Muestra MBGPA001 (Figura 40).

Características: Ascoma de 200-300 μm de diámetro, subgloboso a globoso, parcialmente inmerso o superficial membranoso o coriáceo, pardo oscuro a negro, solitario. Parálisis: simples, filiformes, septadas. Asco de 71-89.5 x 16-21 μm , octosporado, claviforme, unitunicado, con un pedúnculo corto, con la zona apical redondeada u obtusa y de paredes delgadas persistentes, sin aparato apical, desarrollándose a partir de la pared ventral del ascoma. Ascoporas de 25-39 x 7-9 μm bi o tri seriadas, subfusiformes con los extremos redondeados o elipsoidales elongadas, 3-septadas, levemente constreñidas al nivel de los septos o no, rectas o levemente curvadas, hialinas a amarillo claras.

Reportes para otros países: reportes de la especie para Brunei (Hyde, 1987), reportada para Argentina (Peña & Arambarri, 1998) y (Peña, 2000).

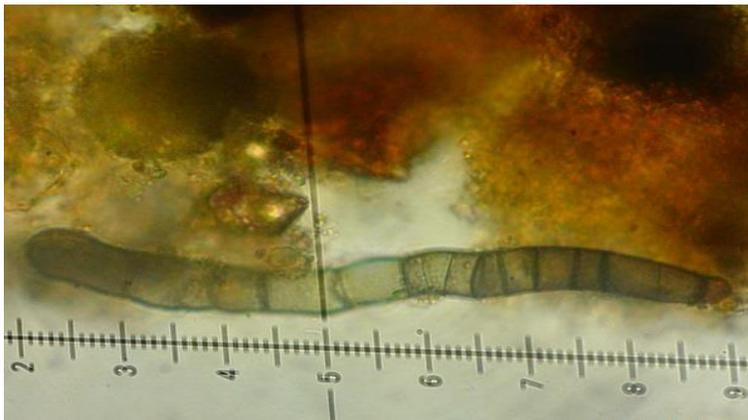
41-*Stagonospora* sp

División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Phaeosphaeriaceae*

Figura 41.
Stagonospora sp



Especie: *Stagonospora sp* (Kohlmeyer y Kohlmeyer, 1979). Hojarasca: Muestra MQPR001 (Figura 41).

Características: Picnidio 130-168 μ m de alto, 100-180 μ m de diámetro, subgloboso o elipsoidal, inmerso o superficial, ostiolado, de color marrón claro a marrón oscuro, solitario o gregario. Conidios 20-28 μ m x 3-4.5 μ m, cilíndricos alargados con vértices redondeados, (cinco o) siete-septados, ligeramente estrechados en los septos, rectos o curvos, hialinos a marrones claros, de color hialino a ligeramente amarillento, mucilaginosos tapa en el extremo superior.

Reportes para otros países: reportada para la costa este de Norteamérica (Leuchtmann y Newell, 1991). Reportada para Hong Kong (Hyde *et al.*, 1998).

42-*Thalassoascus cystoseirae*

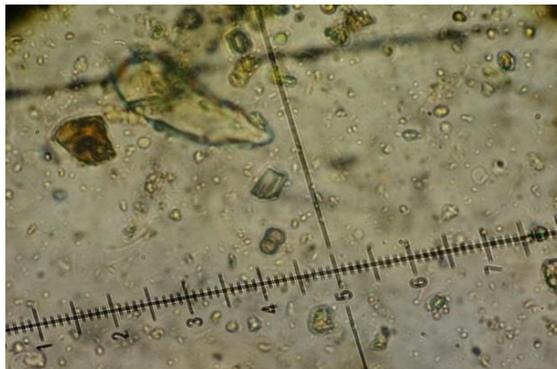
División: *Ascomycota*

Clase: *Dothideomycetes*

Familia: *Botryosphaeriaceae*

Figura 42.

Thallassoascus cystoseirae.



Especie: *Thallassoascus cystoseirae* (Ollivier) Kohlmeyer, 1981). Hojarasca: Muestra MBGPA001 (Figura 42).

Características: ascoma acosado, ascosporas no filiformes, sin gorros, siempre uniseptadas, un par de celdas en la madurez, 29-48 x 19-34 μm .

Reportes para otros países: reportado para las Canarias (Moro *et al.*, 2003)

43-*Trichocladium achrasporum*

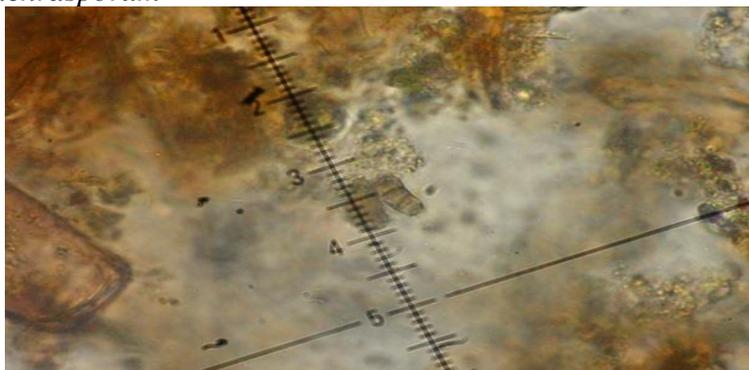
División: *Ascomycota*

Clase: *Sordariomycetes*

Familia: *Chaetomiaceae*

Figura 43.

Trichocladium achrasporum



Especie: *Trichocladium achrasporum* (Meyers y Moore, 1971). Hojarasca: Muestra MBCSL001 (Figura 43).

Características: Conidióforos a veces ausentes, si están presentes, formados lateralmente en hifas, hialino a marrón claro, 0-4-septado. Conidios 18-25 x 10-16 mm, 2-3-septados, estrechados en los septos, clavados, piriformes, rectos o ligeramente curvos, aumentando de diámetro desde la base hasta el ápice, solitarias, células apicales subglobosas, marrón oscuro; células basales cónicas o subcilíndricas, sub-hialinas a marrón claro.

Reportes para otros países: especies reportadas para Brunei (Hyde, 1988), para España (Roldan y Honrubia (1989), para Malasia (Jones y Kuthubutheen, 1989) y para Australia (Kohlrneyer y Volkrmann-Kohlmeyer, 1991). Reportes para Japón (Nakagiri, 1993), para Ecuador (Álvarez Montero y Saltos Rosero, 2011) y especie reportada para la India (Borse *et al.*, 2011).

44-*Triscelophorus ponapensis*

División: *Ascomycota*

Subclase: *Pezizomycotina* (incierta)

Familia: incierta

Figura 44.

Triscelophorus ponapensis



Especie: *Triscelophorus ponapensis* (Ingold, 1943). Hojarasca: Muestras MQPR001 (Foto. # 44), MBGPA001 y MBCSL001.

Características: Los ejes conidiales no son más largos que 50 flm, con 5 o menos celdas, eje subulado.

Reportes para otros países: reportado para Hong Kong (Chan y Hyde, 2000) y existen especies reportadas para Venezuela (Fernández da Silva y Smits Briedis, 2015).