



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Doctorado en Ciencias de la Agroecología

Trabajo de tesis

Generación de información y agrotecnologías para la
reconversión agroecológica de agroecosistemas de
agricultura familiar en la región occidental de Panamá

AUTORA

Gladys Isabel González Dufau

ASESORES

Ph.D. Arnulfo José Monzón Centeno

Ph.D. Julio Santamaría Guerra

Managua, Nicaragua

Abril, 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA

Doctorado en Ciencias de la Agroecología

Trabajo de tesis

Generación de información y agrotecnologías para la reconversión agroecológica de agroecosistemas de agricultura familiar en la región occidental de Panamá

AUTORA

Gladys Isabel González Dufau

ASESORES

Ph.D. Arnulfo José Monzón Centeno

Ph.D. Julio Santamaría Guerra

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito parcial para optar al título de Doctor en Ciencias en Agroecología

Managua, Nicaragua
Abril, 2021



Hoja de aprobación del Tribunal Examinador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Agronomía, como requisito parcial para optar al título profesional de:

Doctor en Ciencias de la Agroecología

Miembros del Comité evaluador

Dr. Dennis José Salazar Centeno
Presidente

Dr. Edgardo Salvador Jiménez Martínez
Secretario

Dr. Francisco Salmerón Miranda
Vocal

Lugar y fecha (día/ mes/ año): Managua, Nicaragua; 28 de abril de 2021

DEDICATORIA

A mi madre Elsa María Dufau

A mi padre Emilio Enrique González

A mis cómplices de vida:

Julio, Julio Alejandro, Bruno Enrique, Gabriel Andrés

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento va en primer lugar al IDIAP por darme la oportunidad de realizar los estudios doctorales y utilizar la información generada en los proyectos de investigación e innovación en los cuales participé durante los años de estudio, como gerente y como investigadora agrícola. En ese sentido, mis estudios están alineados con las prioridades institucionales establecidas en el Plan Estratégico, especialmente en cuanto a formación de talentos humanos en enfoques y disciplinas emergentes.

Agradezco a mis supervisores doctores Arnulfo Monzón Centeno y Julio Santamaría Guerra, quienes supieron guiar conceptual y metodológicamente el proceso de indagación científica, y con su rigurosidad revisaron diligentemente mis escritos para cumplir con los requisitos del programa de doctorado.

Agradezco al cuerpo docente de la UNA, en especial a los que generosamente compartieron sus saberes y experiencias en los cursos y seminarios, lo cual nos permitió reflexionar críticamente sobre la agroecología como ciencia, práctica y movimiento social.

A mis colegas de cohorte en el doctorado de Agroecología, quienes me ofrecieron siempre su amistad y apoyo y con quienes tuvimos la oportunidad de compartir inquietudes y alegrías en un ambiente familiar.

A los compañeros de trabajo del núcleo de investigación agroecológica del Centro de Innovación Agropecuaria de la CNB por su colaboración para la realización de esta investigación y por su compromiso con el trabajo en equipo.

Por último, y no por eso menos importante, agradezco a las productoras y los productores que nos permitieron entrar en sus hogares y predios, de quienes aprendí a encontrar respuestas pertinentes a nuestras preguntas de investigación pensando que las soluciones serán relevantes para el escalamiento de la Agroecología en sus territorios.

INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	6
2.1. Objetivo general	6
2.2. Objetivos específicos	6
III. MARCO DE REFERENCIA	7
3.1. Biodiversidad, funciones ecológicas y servicios ecosistémicos	7
3.2. Interacciones multitróficas	10
3.3. Reconversión agroecológica	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	17
4.1 Caracterización de sistemas e identificación de factores críticos	17
4.2. Estado de la biodiversidad y la calidad del suelo de los sistemas productivos caracterizados	18
4.3. Colecta e identificación de reguladores naturales de las principales plagas	20
4.4. Evaluación y selección de reguladores naturales de las principales plagas	21
4.4.1 Potencial biótico de la plaga <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	22
4.4.2 Parasitoidismo de <i>Eretmocerus eremicus</i> sobre <i>Trialeurodes vaporariorum</i> en pimentón y tomate	22
4.4.3 Parasitoidismo de <i>Diadegma insulare</i> sobre <i>Plutella xylostella</i> en repollo	22
4.4.4 Potencial patogénico de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Cordyceps javanica</i> sobre <i>Tuta absoluta</i> en tomate e <i>Hypothenemus hampei</i> en café	23
4.5 Manejo agroecológico de la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i>	24
V. RESULTADOS	27
5.1. Caracterización de sistemas e identificación de factores críticos	27

5.2 Estado de la biodiversidad y la calidad de suelo de los sistemas productivos caracterizados	29
5.3. Colecta e identificación de reguladores naturales de las principales plagas	36
5.4 Evaluación y selección de reguladores naturales	42
5.4.1. Potencial biótico de la plaga <i>Trialeurodes vaporariorum</i> - Parámetros demográficos	42
5.4.2. Parasitoidismo de <i>Eretmocerus eremicus</i> y <i>Trialeurodes vaporariorum</i> en pimentón y tomate	44
5.4.3. Parasitoidismo de <i>Diadegma insulare</i> sobre <i>Plutella xylostella</i> en repollo	48
5.4.4 Potencial patogénico de cepas nativas de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Cordyceps javanica</i> sobre <i>Tuta absoluta</i> en tomate e <i>Hypothenemus hampei</i> en café	51
5.5 Manejo agroecológico de la broca del café <i>Hypothenemus hampei</i>	54
<i>Captura de H. hampei en trampas artesanales</i>	54
<i>Mortalidad de broca en campo por Beauveria bassiana</i>	55
<i>Monitoreo de la infestación por Hypothenemus hampei en Cerro Tula</i>	56
<i>Efecto del manejo ecológico del cultivo en la cosecha de café pergamino</i>	57
VI. CONCLUSIONES	59
VII. RECOMENDACIONES	60
VIII. LITERATURA CITADA	61
IX. ANEXOS	73

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Tipología de sistemas productivos en las tierras altas de la Región occidental de la República de Panamá	28
2. Sistemas seleccionados según tipología de sistemas productivos hortícolas en las tierras altas de la Región Occidental de la República de Panamá	30
3. Indicador de calidad de suelo (CS) de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá	30
4. Índices de biodiversidad arbórea de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá	32
5. Índices de biodiversidad de la mesofauna de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá. 2021	33
6. Índices de la macrofauna de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá	35
7. Indicador de biodiversidad (B) de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá	36
8. Principales organismos herbívoros de cultivos en los sistemas de agricultura familiar de la Región Occidental de la República de Panamá	37
9. Reguladores naturales colectados en los sistemas de producción de la agricultura familiar en las tierras altas de la Región Occidental, Panamá.	39
10. Parámetros reproductivos de la mosca blanca <i>Trialeurodes vaporariorum</i> en dos especies de planta hospedera. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá	43
11. Desarrollo de estadios preimaginal (días) de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> en tomate y papa. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá	44
12. Parámetros de historia de vida de <i>Eretmocerus eremicus</i> al desarrollarse en diferentes plantas hospederas. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá	45
13. Parámetros demográficos de <i>Eretmocerus eremicus</i> en tomate y pimentón como plantas alimenticias hospederas. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá	46
14. Efecto de la planta hospedera de <i>Trialeurodes vaporariorum</i> sobre el largo de la tibia de <i>Eretmocerus eremicus</i> . Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá	47
15. Mortalidad, TL ₅₀ y TG ₅₀ de los aislados de hongos entomopatógenos afectando insectos de la broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>). Laboratorio de Entomología, IDIAP, República de Panamá.	53

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Interacciones multitróficas e intervenciones antropogénicas	12
2. Valores a escala de los índices de biodiversidad arbórea de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá.	33
3. Valores a escala de índices de biodiversidad de la mesofauna de seis sistemas de producción de la Región Occidental de la República de Panamá.	34
4. Valores a escala de los índices de macrofauna de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá.	35
5. Fluctuación poblacional de <i>Plutella xylostella</i> y parasitoidismo por <i>Diadegma insulare</i> . Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP. República de Panamá.2021	49
6. Defoliación promedio por <i>Plutella xylostella</i> en cultivares de repollo. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá.	50
7. Porcentaje de parasitoidismo de <i>Diadegma insulare</i> sobre <i>Plutella xylostella</i> por cultivares de repollo. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá.	51
8. Mortalidad y TL50 de aislados de hongos entomopatógenos nativos sobre <i>Tuta absoluta</i> . Laboratorio de Entomología, IDIAP, República de Panamá.	52
9. Cantidad de brocas capturadas en trampas artesanales. Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá.	54
10. Promedio de granos micosados por aislados de <i>B. bassiana</i> . Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá.	55
11. Porcentaje de infestación por <i>Hypothenemus hampei</i> y porcentaje de granos micelados. Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá.	56
12. Porcentaje de infestación por broca del café (<i>Hypothenemus hampei</i>). Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá.	57
13. Cosecha de café (Latas de café pergamino) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Guía para la entrevista semiestructurada con informantes claves. Tierras Altas de la Región Occidental, Panamá	76
2. Valores de la escala para calificar los parámetros de las variables que integran los indicadores calidad de suelo y biodiversidad	77
3. Publicaciones realizadas	80

RESUMEN

Para conocer el estado de biodiversidad en agroecosistemas de agricultura familiar y generar información y tecnologías apropiadas para su reconversión agroecológica, se caracterizaron los tipos de sistemas hortícolas y los factores críticos que afectan su desempeño. Se seleccionaron seis sistemas representativos de la tipología propuesta y se compararon sus indicadores de calidad de suelo y biodiversidad. Se evidenciaron diferencias de los sistemas orgánico y orgánico ecológico, al compararse con los sistemas convencionales en cuanto a la calidad del suelo y estado de la biodiversidad. Se colectaron 28 especies de depredadores, 14 de parasitoides, 5 polinizadores, 6 hongos benéficos; reguladores de 19 plagas hortícolas y del café. Se evaluó el desempeño de los reguladores *Diadegma insulare* (Cresson), parasitoide sobre *Plutella xylostella* (Linnaeus) y *Eretmocerus eremicus* (Rose & Zolnerowich) parasitoide de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), en diferentes cultivos y cultivares. De los hongos entomopatógenos se aislaron e identificaron 35 cepas nativas y se determinó el potencial patogénico de *Beauveria bassiana* (Bals & Vuils) y *Cordyceps javanica* (Frieder & Bally) Samson & Hywel-Jones, sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) en tomate y de *B. bassiana* (Bals & Vuils) sobre *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en el cultivo del café, seleccionándose tres aislados con alto potencial patogénico. Se evaluó la eficacia biológica de las mejores cepas nativas y otras prácticas sanitarias y de manejo agroecológico de la broca del café, en la localidad de Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè (CNB). La eficacia biológica de los aislados nativos de *B. bassiana* (Bals & Vuils), en acción sinérgica con otras prácticas sanitarias y ecológicas, disminuyeron la infestación de broca en 84.66 %, manteniéndola por debajo de 5 %, durante cuatro años consecutivos, aumentando en 380 % la producción de café. Se presentan conclusiones en función de los objetivos del estudio y se recomienda un modo de intervención en el ámbito territorial, para formular una estrategia de escalamiento de la agroecología.

Palabras clave: Control biológico, reguladores naturales, microorganismos nativos y servicios ecosistémicos

ABSTRACT

To know the state of biodiversity in agroecosystems of family agriculture and to generate information and appropriate technologies for their agroecological reconversion, the types of horticultural systems and the critical factors that affect their performance were characterized. Six representative systems of the proposed typology were selected and their indicators of soil quality and biodiversity were compared. Differences of organic and organic-ecological systems were evidenced, when compared with conventional systems in terms of soil quality and state of biodiversity. During the study, 28 species of predators, 14 of parasitoids, 5 pollinators, 6 beneficial fungi were collected; which are regulators of 19 horticultural and coffee pests. The performance of the regulators *Diadegma insulare* (Cresson), parasitoid on *Plutella xylostella* (Linnaeus) and *Eretmocerus eremicus* (Rose & Zolnerowich) parasitoid of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) was evaluated in different crops and cultivars. Of those entomopathogenic fungi, 35 native strains were isolated and identified and the pathogenic potential of *Beauveria bassiana* (Bals & Vuils) and *Cordyceps javanica* (Frieder & Bally) Samson & Hywel-Jones, on *Tuta absoluta* (Meyrick) in tomato and of *B. bassiana* (Bals & Vuils) on *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in coffee cultivation, selecting three isolates with high pathogenic potential. The biological efficacy of the best native strains and other sanitary and agroecological management practices of the coffee borer were evaluated in the town of Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè (CNB). The biological efficacy of the native isolates of *B. bassiana* (Bals & Vuils), in synergistic action with other sanitary and ecological practices, decreased CBB infestation by 84.66%, keeping it below 5%, during four consecutive years, increasing coffee production by 380%. Conclusions are presented based on the objectives of the study and a mode of intervention in the territorial scope is recommended, to formulate a strategy for scaling up agroecology.

Keywords: Biological control, natural enemies, native microorganisms, ecosystem services

I. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo pasado la agricultura industrial productivista es cuestionada por sus efectos en el ambiente, los ecosistemas, la salud humana y por el agotamiento del patrón de consumo energético basado en el uso intensivo de insumos y energía derivados de combustibles fósiles. Globalmente, la variabilidad climática, por efecto de la acción humana especialmente en la producción de Gases de Efecto Invernadero y la disminución de la cobertura boscosa, se han convertido en factores importantes de vulnerabilidad para las actividades agro productivas (Santamaría-Guerra y González Dufau, 2016).

En el caso de Panamá, el desarrollo rural ha transitado desde el modelo primario exportador (República bananera), pasando por la sustitución de exportaciones en la década de los 70 y la aplicación de las políticas neoliberales, especialmente a partir de la invasión norteamericana y la restauración del poder oligárquico en 1989/90 (Santamaría-Guerra y González Dufau, 2016).

El efecto de las políticas neoliberales para la agricultura se refleja en los indicadores socioeconómicos de esta actividad. Entre 1994 y 2013 el aporte de la agricultura al PIB en Panamá pasó de 7.24 % a 2.38 %, por efecto de un mayor dinamismo del crecimiento de otros sectores, ya que mientras en esos 19 años el PIB nacional creció un acumulado de 184.01 %, la agricultura (PIBA) sólo lo hizo en un 55.78 %. Como consecuencia de esa falta de dinamismo y de políticas públicas que favorezcan la producción de alimentos para el mercado interno, sigue siendo deficitaria con relación a la demanda efectiva en arroz (*Oryza sativa* L.) (-25 %), frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.) (-50 %), leche (-30 %), maíz (*Zea mays* L.) (-75 %), papa (*Solanum tuberosum* L.) (-50 %), cebolla (*Allium cepa* L.) (-60 %), entre otros. El déficit es aún mayor en lo que corresponde a la satisfacción de las necesidades alimentarias de la población, especialmente del 22.1 % de la población que sobrevive con ingresos por debajo de la línea de pobreza (PNUD 2018).

La Región Occidental (RO) de Panamá que incluye las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro y la Comarca Ngäbe-Buglè, tiene una superficie de 18,159.6 km² dividido por la gran Cordillera de Talamanca cuya elevación más alta es el volcán Barú con 3.474 metros de altura sobre el nivel del mar. La economía de la RO se basa principalmente en la producción agrícola y ganadera, siendo los principales cultivos agrícolas el guineo (*Musa paradisiaca* L.), arroz (*Oriza sativa*, L), cacao (*Theobroma cacao* L.), café (*Coffea arabica* L. / *C. canephora* L.), frijol

(*Phaseolus vulgaris* L.), yuca (*Manihot esculenta* L.) y hortalizas producidas en las tierras altas, que comprenden elevaciones superiores a los 900 msnm. Esta región tiene zonas de vida con bosque pluvial montano, bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial pre-montano, bosque húmedo pre-montano, bosque muy húmedo montano bajo, según la clasificación de Holdridge (1978).

La provincia de Chiriquí, considerada el granero de la República de Panamá, concentra la mayor parte de la producción agropecuaria del país, con una estructura de la tenencia de la tierra en la cual sus productores representan solamente el 14 % del total de productores agropecuarios del país, el 59.39 % de ellos, poseen menos de 10 hectáreas y dependen por completo de las actividades agropecuarias para su sustento, lo cual los ubica en la categoría de pequeños agricultores familiares (INEC, 2010).

El 88.11 % de las principales hortalizas que se producen en el país, se producen en la provincia de Chiriquí y de estas, el 98.6 % corresponde a sistemas productivos hortícolas de tierras altas (≥ 900 msnm) (MIDA, 2017).

Según datos del Ministerio de Desarrollo Agropecuario de Panamá (MIDA), la producción hortícola en Chiriquí se ha reducido en 60 % en los últimos cinco años, pasando de 4757.8 ha⁻¹ cultivadas en el 2010 a 1960.5 ha en el 2014. Los cultivos más afectados son zanahoria (*Dacus carota* L.) (-96 %), cebolla (*Apium cepa* L.) y apio (*Apium graveolens* L.) (-73 %), tomate (*Solanum esculentum* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) (-57 %) (MIDA, 2017). Las causas de esta drástica disminución son el aumento de los costos de producción, la afectación de los cultivos por plagas sumado a la variabilidad climática y el efecto de políticas públicas neoliberales de disminución de aranceles y apertura a las importaciones especialmente en momentos en que se realiza la cosecha de la producción nacional (Santamaría-Guerra y González Dufau, 2016).

La Comarca Ngäbe-Buglè (CNB) es otro territorio importante en la RO, es la reserva indígena que pertenece por ley, a los pueblos originarios Ngäbe y Buglè, que ocupa un área de 13,100 Km², localizado geográficamente en la zona de confluencia de las provincias de Chiriquí, Veraguas y Bocas del Toro (González Dufau, Santamaría-Guerra y Rojas, 2019).

El sustento de vida del pueblo Ngäbe-Buglè se basa en la agricultura familiar tradicional, su condición de vida ha empeorado drásticamente a causa de la progresiva deforestación y de la degradación de sus suelos; debido a la práctica de la agricultura de roza y quema, y al aprovechamiento inapropiados de los recursos naturales (ANAM-GTZ, 2003). Esta situación, ha contribuido a que las bases naturales de su vida empeoren críticamente. Los Ngäbe-Buglè actuales no manejan el suelo para controlar la fertilidad, sino que reaccionan a los cambios naturales de ésta por medio de su desplazamiento espacial horizontal, en una agricultura itinerante.

En la CNB, la dieta familiar se compone principalmente de arroz, maíz, frijol, yuca, ñame (*Dioscorea alata* L.), y café, productos que se siembran en pequeñas parcelas, con plantas bastantes débiles y muy bajos rendimientos. Otros alimentos cuyo consumo depende de la temporada del año, son el bodá (*Chamaedorea tepejilote* Liebm. ex Mart.), el membrillo (*Cydonia vulgaris* (Mill.) y frutales como guineo (*Musa x paradisiaca* (L.)), mango (*Mangifera indica* L.), naranja (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck), aguacate (*Persea americana* Mill.) y pixbae (*Bactris gasipaes* Kunth) (González et al., 2019).

En la CNB las técnicas utilizadas en la explotación de la tierra son muy rudimentarias, practicando el método de roza, corte o desmonte y quema, para luego sembrar y cosechar, con un ciclo de rotación de cuatro años, en la medida en que se pierde la fertilidad del suelo, ocurre la migración a otras parcelas. Las parcelas familiares pueden ser de 1.0 a 1.5 ha y utilizan mano de obra familiar. Además, la producción agropecuaria no cubre la necesidad alimentaria de la población (IDIAP, 2009).

Los cultivos perennes de mayor importancia económica para la población de la CNB son el guineo (*Musa x paradisiaca* L.), café (*Coffea* spp. L.) y cacao (*Theobroma cacao* L.), en cuanto al número de explotaciones que se dedican a producir estos rubros. El café es uno de los rubros que más recursos económicos provee a las familias productoras. Por otra parte, la producción de café en Panamá, según datos del MIDA (2017), involucra a 7,576 productores, que cultivan 19,364 ha a nivel nacional. De estos, el 52 % se cultiva en la RO, especialmente en las tierras altas de Chiriquí con 9,000 ha y en la CNB con 1,100 ha y cerca de 500 productores. Según (Palacio, Santamaría Guerra, Torres, Sánchez, y González Dufau, 2014), 383 caficultores con un núcleo familiar compuesto de ocho personas, poseen en promedio 16.12 ha de tierra, de las

cuales dedican 4.96 a cultivos y el resto a otras actividades como la ganadería y bosque de protección.

La superficie del cultivo de café es en promedio de 2.38 ha por familia, con un rango de 0.25 a 5.5 ha. La producción promedio de café en pergamino seco por productor es de 104 kg y un rango de 8 a 464 kg. El 91 % de los productores no usa fertilizante y el 96 % no usa plaguicidas. El 74 % de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas y enfermedades es alta. Un estudio realizado mediante la aplicación de una encuesta estructurada a fincas representativas de producción de café en la CNB permitió detectar la incidencia de Ojo de gallo (*Mycena citricolor* (Berkeley & Curtis)) y Roya (*Hemileia vastatrix* (Berk & Broome)), Broca (*Hypothenemus hampei* (Ferrari)) Cercóspora (*Cercospora coffeicola* (Cooke) J. A Stevens y Wellman), minador de hojas (*Leucoptera coffeella* (Guérin-Méneville & Perrottet), mal de hilacha (*Pellicularia koleroga* Cooke) y antracnosis (*Colletotrichum kahawae* J.M. Waller & Bridge). Se ha registrado infestación de broca del café hasta de 29 % en cafetales, con una tendencia a incrementarse si no se toman las medidas apropiadas (Palacios et al. (2014).

De manera general, los productores de Chiriquí y la CNB han tenido que modificar sus prácticas de cultivo para atender las regulaciones sanitarias y las exigencias del mercado por productos inocuos. Los productores en las tierras altas chiricanas, sustituyen insumos sintéticos por bioinsumos, sin cambiar la dependencia externa y manteniendo prácticas de monocultivo en campos poco diversificados, siguiendo rotaciones influenciadas por la demanda del mercado y en un territorio estructurado con base en la intensificación productivista, lo que los mantiene en condición de vulnerabilidad (Santamaría-Guerra y González Dufau, 2016).

Por otra parte, tanto la producción orgánica de hortalizas en las tierras altas chiricanas como los sistemas tradicionales de agricultura familiar en la CNB, enfrentan dificultades para consolidarse como un modelo de producción duradero, debido a que se mantienen dependientes de bioinsumos externos, en su mayoría importados, así como por la falta de criterios técnico científicos para el manejo de la biodiversidad funcional, la rotación de cultivos y el manejo sostenible del suelo y los recursos naturales disponibles en el entorno.

Este estudio se realiza como parte de los requisitos para obtener el grado académico de Doctor en Ciencias de la Agroecología en la Universidad Nacional Agraria de Nicaragua, con el propósito de generar información relevante sobre el estado de la biodiversidad y tecnologías

apropiadas para la reconversión agroecológica de agroecosistemas de la agricultura familiar, de las tierras altas la región occidental de Panamá y recomendar un modo de intervención para formular participativamente una estrategia para la reconversión agroecológica de estos sistemas, contribuyendo así a la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional de las familias rurales y a la sostenibilidad de sus modos de vida.

En un contexto de vulnerabilidad, pérdida de competitividad y sostenibilidad de la producción de alimentos y de disminución de la superficie sembrada, debido a altos costos de producción, degradación de suelos y aguas, variabilidad climática, y políticas públicas que privilegian las importaciones, la hipótesis de trabajo que guía este estudio tiene como premisa que las relaciones entre funciones ecológicas, servicios ecosistémicos y prácticas antropogénicas, pueden restaurarse mediante la incorporación de tecnologías y prácticas agroecológicas contexto específicas, orientadas a reconstruir el equilibrio dinámico de los agroecosistemas con la naturaleza, y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que de ellos dependen.

Para guiar el estudio se formularon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué tipos de sistemas productivos se pueden diferenciar en las tierras altas de la RO de Panamá?
2. ¿Cuáles son los factores críticos que explican la situación de vulnerabilidad de los sistemas productivos de la agricultura familiar en RO de Panamá?
3. ¿Cómo se encuentran los mecanismos de auto regulación de plagas en agroecosistemas de las tierras altas de RO de Panamá?
4. ¿De qué manera la manipulación de los reguladores naturales afecta la incidencia y severidad de plagas en sistemas productivos de la agricultura familiar de la RO de Panamá?
5. ¿De qué modo se puede formular de manera participativa una estrategia para el escalamiento de la agroecología en los sistemas productivos de la agricultura familiar en la RO de Panamá y cuáles serían sus principales acciones constitutivas?

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Generar información relevante sobre el estado de la biodiversidad y tecnologías apropiadas para la reconversión agroecológica de agroecosistemas de la agricultura familiar, de las tierras altas la región occidental de Panamá.

2.2 Objetivos específicos

Caracterizar los sistemas productivos de agricultura familiar en las tierras altas de la Región Occidental de Panamá e identificar los factores críticos que afectan su desempeño.

Comparar el estado de la biodiversidad y la calidad del suelo de los sistemas productivos caracterizados y establecer sus diferencias contrastantes.

Identificar los reguladores naturales de las principales plagas que afectan los sistemas productivos caracterizados.

Evaluar reguladores naturales de las principales plagas de cultivos hortícolas y del café, que puedan ser incluidos en una estrategia de reconversión agroecológica.

Determinar la efectividad del manejo agroecológico de *Hypothenemus hampei* utilizando cepas nativas de hongos entomopatógenos seleccionados.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Biodiversidad, funciones ecológicas y servicios ecosistémicos

Desde la comprensión sistémica de la vida y de los procesos biológicos, la dinámica de creación y reconversión de los agroecosistemas es un *continuum* mediante el cual se reemplazan y transforman sus componentes e interacciones. Según Capra (2002, p.79), “*los sistemas vivos son redes autogeneradas, lo que significa que su patrón de organización es un patrón en red, en el que cada componente contribuye a la producción de otro componente*”.

De acuerdo con Vázquez, Matienzo, Veitía y Alfonso (2008), la biodiversidad incluye el total de especies de organismos vivos y sus relaciones que la integran; es decir se refiere a todas las especies de plantas, animales y microorganismos que existen e interactúan recíprocamente en un ecosistema, incluyendo la variedad genética asociada a dichas especies y a los ecosistemas en que se encuentran, así como el intercambio con otros ecosistemas. De manera que en su sentido más amplio la biodiversidad se refiere a la variabilidad de la vida en todas sus formas y niveles (Goombidge, 1992).

De acuerdo a Vásquez, Matienzo y Griffon (2014), una clasificación de los componentes de la biodiversidad, por sus funciones generales en los agroecosistemas, que facilita el rediseño agroecológico y que actualiza propuestas previas de clasificación, es la siguiente:

Biodiversidad productiva: cultivos, ganadería, forestales, ornamentales, flores y otros rubros productivos que el agricultor planifica y utiliza para la comercialización y el autoabastecimiento;

Biodiversidad asociada: polinizadores, organismos nocivos herbívoros, parásitos y patógenos, reguladores naturales, biota rizosférica, microbiota epifítica y otros elementos que se relacionan directamente con la biota productiva y la auxiliar, sea con funciones negativas o positivas;

Biodiversidad auxiliar: vegetación no cultivada como la cerca viva, arboledas, corredores ecológicos, barreras vivas y otras que realizan funciones auxiliares a la productiva y asociada; también los animales para labores y los abonos orgánicos, biopreparados de plantas y reservorios de entomófagos y otros productos biológicos que se elaboran a partir de la biota local y contribuyen con funciones auxiliares con la biota productiva; y

Biodiversidad introducida: abonos orgánicos, micorrizas, controladores biológicos y otros elementos en forma de bioproductos que se introducen en el sistema para contribuir a la productividad.

Los agroecosistemas están en cambio constante, debido a las diferentes prácticas agronómicas que realizan las agricultoras y los agricultores, lo cual depende de las características de la actividad productiva, la experiencia del productor, sus necesidades, aspiraciones, exigencia del mercado, entre otros factores, los que también reciben influencia del suprasistema territorial en el cual están ubicados.

Todos estos cambios de origen antropogénico, tienen una contribución importante sobre la agrobiodiversidad, la que puede ser beneficiada o perjudicada, según como sean conducidos y el grado de heterogeneidad que se logre.

Dada la diversidad de formas de vida en los agroecosistemas, se trata de relaciones complejas entre ellas y los hábitats, que asumen la forma de sinergias, complementariedad, interdependencia y competencia y cuyos resultados son las llamadas propiedades emergentes como la estabilidad, la resiliencia y la sostenibilidad entre otras (Titonelli, 2014). Por otra parte, en el manejo de la agrobiodiversidad es importante comprender las relaciones tróficas, principalmente entre las plantas cultivadas, las plagas u organismos nocivos y los biorreguladores naturales.

En sus interacciones, las diferentes formas de vida desarrollan procesos ecológicos que son según Altieri (1996), los siguientes:

Procesos energéticos. La energía que ingresa como luz solar y se transforma mediante la fotosíntesis y la cadena alimenticia (consumo). El trabajo humano y animal, los insumos de energía mecanizada, el contenido energético de los agroquímicos.

Procesos bioquímicos. Los principales insumos bioquímicos de un agroecosistema son los nutrientes liberados por el suelo, la fijación de nitrógeno, los nutrientes de la lluvia y el agua, los fertilizantes, los alimentos del hombre y los animales. Los procesos son diversos y por ello los nutrientes se mueven cíclicamente a través del agroecosistema. Ejemplo son el ciclo del nitrógeno, fósforo y potasio; los derivados del abonado de los cultivos; de los restos de cosecha y del ganado de las asociaciones de cultivos e incluso del ganado (policultivos, agroforestería, silvopastoriles).

Procesos hidrológicos. El agua es una parte fundamental en los agroecosistemas y su rol es decisivo. Los procesos hidrológicos principales son el papel fisiológico, la relación con los nutrientes, la lixiviación y la erosión. Además, el agua que consumen las personas y los animales generan procesos. También el agua como vehículo para la diseminación de disímiles organismos.

Procesos de regulación biótica. La invasión y competencia de plantas, las plagas y su control. Se relaciona con el uso de variedades resistentes, manipulación de las fechas de siembra, espaciamiento de hileras, las acciones supresivas de plagas (plaguicidas, control biológico, técnicas culturales, control etológico, etc.).

La existencia y aprovechamiento de los bienes y servicios de los ecosistemas está supeditada a que ocurran y persistan en el tiempo las condiciones necesarias para su generación, las cuales se expresan en términos de funciones ecológicas de los ecosistemas (Martín-López, y Montes, 2020). En este sentido, entendemos por funciones de los ecosistemas “*todos aquellos aspectos de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas con capacidad de generar servicios que satisfagan necesidades humanas de forma directa o indirecta*” (De Groot, 1992).

De Groot, Wilson y Boumans (2002), tipifican las funciones de los ecosistemas en cuatro categorías, de las cuales las tres últimas dependen de las funciones de regulación:

1. **Funciones de regulación:** la capacidad de los ecosistemas para regular los procesos ecológicos esenciales – *e.g.* regulación climática, control ciclo nutrientes, control ciclo hidrológico, etc. –.
2. **Funciones de sustrato:** la provisión de condiciones espaciales para el mantenimiento de la biodiversidad. (También denominadas por diferentes autores como funciones de hábitat).
3. **Funciones de producción:** la capacidad de los ecosistemas para crear biomasa que pueda usarse como alimentos, tejidos, etc.
4. **Funciones de información:** la capacidad de los ecosistemas de contribuir al bienestar humano a través del conocimiento, la experiencia, y las relaciones culturales con la naturaleza –*e.g.* experiencias espirituales, estéticas, de placer, recreativas, etc. –.

Es posible identificar diferentes usos o beneficios que los humanos obtenemos de dichas funciones ecosistémicas, de manera directa o indirecta, para lo cual se ha acotado el término servicios de ecosistemas o servicios ecosistémicos (Daily, 1997; Costanza et al., 1997). La evaluación de los ecosistemas del milenio, (M.E.A., por sus siglas en inglés), define los servicios ecosistémicos como “los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas”, los cuales incluyen servicios de **aprovisionamiento** como alimentos y agua; servicios de **regulación** como la regulación de inundaciones, sequías, degradación de la tierra y enfermedades; servicios de **apoyo** como la formación de suelos y el ciclo de nutrientes; y servicios **culturales** tales como beneficios recreativos, espirituales, religiosos y otros beneficios no materiales (M.E.A., 2003).

Por otra parte, la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas, (IPBES por sus siglas en inglés), define los servicios ecosistémicos como las “contribuciones de la naturaleza a las personas” y las clasifica en contribuciones de **regulación de procesos ambientales** (Creación y mantenimiento de hábitats, polinización y dispersión de semillas y otros propágulos, regulación de la calidad del aire, regulación del clima, regulación de la acidificación de los océanos, regulación de la cantidad, la ubicación y la distribución temporal del agua dulce, regulación de la calidad del agua dulce y costera, formación, protección y descontaminación de suelos y sedimentos, regulación de riesgos y fenómenos extremo, regulación de organismos y procesos biológicos perjudiciales); de **materiales y asistencia** (energía, alimentos y piensos, materiales y asistencia, recursos medicinales, bioquímicos y genéticos) y **no materiales** (aprendizaje e inspiración, experiencias físicas y psicológicas, apoyo a identidades y mantenimiento de opciones) (IPBES, 2019).

En los agroecosistemas existen especies de plantas cultivadas y animales de cría, las cuales en su mayoría son variedades y razas comerciales introducidas, plantas arvenses, mesofauna y macrofauna y una gran variedad de microorganismos, entre otras formas de vida que se relacionan de forma directa o indirecta en la cadena trófica (Vázquez et al., 2008).

3.2 Interacciones multitróficas

Las funciones ecológicas de regulación ocurren básicamente en forma de interacciones tróficas, mediante las cuales los organismos que obtienen nutrientes y energía a lo largo de las cadenas alimentarias contribuyen a que la abundancia de especies mantenga algún grado de equilibrio dinámico en la naturaleza.

Esas relaciones ocurren entre poblaciones que habitan y forman una comunidad, que está distribuida en una red de interacciones tróficas en la cual cada especie ejerce una función. En los ambientes terrestres, las plantas como **productores primarios** de esas comunidades, son capaces de transformar por medio de la fotosíntesis, componentes inorgánicos como energía solar, agua y nutrientes en biomasa que servirá de alimento y energía para toda la cadena trófica de consumidores asociados (Price, 1997; Sujii, Soares Pires, Gouveia Fontes, Harterreiten-Souza, y Rodríguez de Faria, 2020).

Los animales en general, insectos y microorganismos fitófagos son **consumidores primarios**, que, por alimentarse de las plantas, son plagas potenciales, cuando disminuye la producción del cultivo, reduce el valor de la cosecha o incrementa sus costos de producción. Las especies insectiles en el segundo nivel trófico tienen una posición importante en la red alimenticia, debido a que cerca del 50% de todos los insectos son fitófagos (Strong, Lawton, y Southwood, 1984; Schoonhoven, van Loon, y Dicke, 2005).

En el próximo nivel de la cadena alimentaria, están los **consumidores secundarios** y de orden superior, **terciarios** y así sucesivamente, que se alimentan de los consumidores primarios por medio de interacciones tróficas o antagónicas regulando esas poblaciones. Por eso, conocer y comprender las propiedades que rigen la dinámica de las poblaciones de las especies que componen esas redes tróficas y controlan su crecimiento, es esencial para la comprensión de la función **de control del ciclo biológico** en la naturaleza y su aplicación efectiva en los agroecosistemas para mejorar su productividad, resiliencia y sostenibilidad.

En los sistemas naturales y agroecosistemas, las cadenas tróficas (Price, 1980; Price, 1997) no son solamente verticales y lineales, hay una red de interacciones conocidas como **redes tróficas** (figura 1). Los consumidores de niveles superiores, que son los denominados depredadores, parasitoides forman una compleja red de interacción mutua entre sí y con los consumidores de primer nivel (herbívoros y fitófagos) y con las plantas. Los miembros del mismo nivel trófico pueden competir directamente por recursos, o bien pueden competir indirectamente mediante los efectos de un depredador compartido. Con el incremento del número de especies en la cadena alimenticia, el número de interacciones se incrementa exponencialmente (Olf et al., 2008). Esas interacciones tróficas afectan la abundancia relativa de las especies de esas comunidades por causa de la competencia y del sinergismo entre ellas, en los diferentes niveles tróficos.

El conocimiento del funcionamiento de esas intrincadas y complejas relaciones, permite entender como la introducción de un agente exótico de control biológico (control biológico clásico), puede alterar la estructura de la comunidad de los organismos benéficos existentes en un agroecosistema y las consecuencias inmediatas o de largo plazo de esa introducción en la red trófica y en la población de la plaga.

De la misma forma un cambio en la abundancia de un enemigo natural por su liberación masiva (control biológico aumentativo) puede tener un impacto inmediato o posterior en la red trófica y modificar la población de las plagas.

La mayoría de los insectos tienen una dieta altamente especializada y las plantas, generalmente están muy bien constituidas contra el ataque de insectos. Los mecanismos que subyacen a esta especialización alimentaria por parte del insecto y la resistencia a los herbívoros invasores por parte de la planta, incluyen la selección de plantas alimenticias y los procesos sensoriales involucrados en el insecto, con sus ramificaciones en el aprendizaje, la fisiología nutricional con sus sistemas de retroalimentación y el aspecto endocrinológico de la sincronización del ciclo de vida con la fenología de la planta huésped (Schoonhoven, et al., 2005).

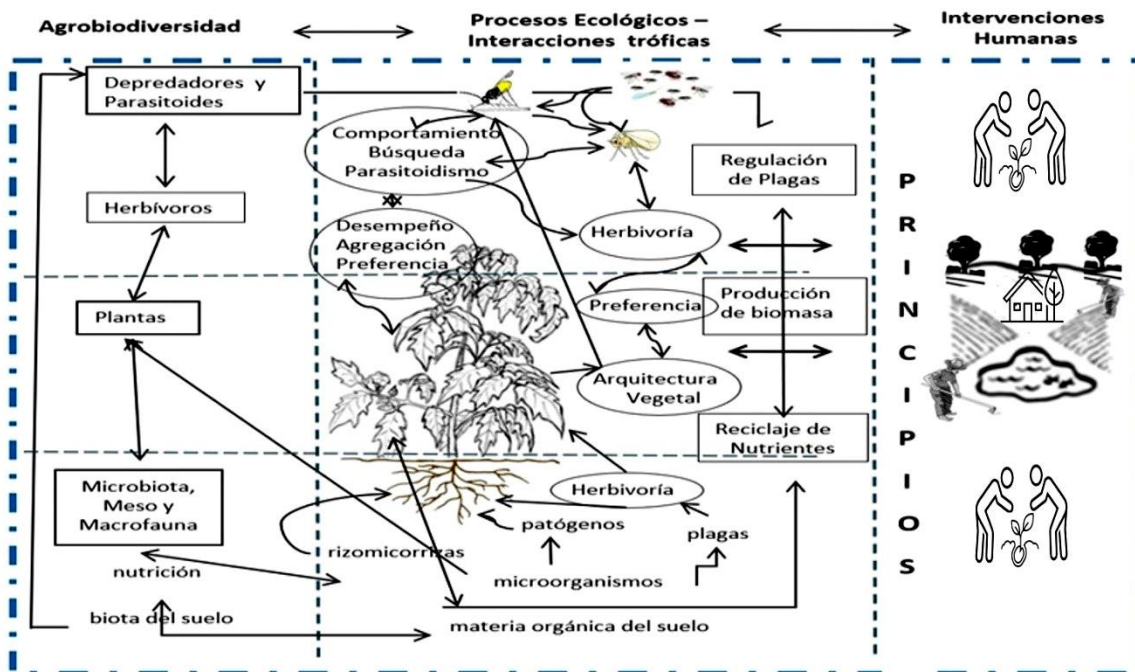


Figura 1. Interacciones multitróficas e intervenciones antropogénicas. Fuente: Elaboración propia.

Muchos aspectos de la fisiología, ecología y comportamiento de los organismos son gobernados por sus interacciones con organismos del mismo o de otros niveles tróficos. Las dinámicas poblacionales de los herbívoros son afectadas por ambos, plantas y carnívoros (Bergman y Tingey, 1979). Cada tipo de defensa puede ser *constitutiva* (siempre presente en la planta), o *inducida* (producida como reacción a los daños o estrés causados por la herbivoría (Schoonhoven, et al., 2005). Al producir disuasivos constitutivos o inducidos, toxinas y/o reductores de la digestibilidad, las plantas poseen una línea de **protección directa** contra los herbívoros. Generalmente, los herbívoros especialistas son capaces de desdoblar toxinas de vegetales, mientras que los herbívoros generalistas son capaces de desintoxicar compuestos vegetales defensivos de las plantas. Las plantas también pueden promover, ya sea constitutivamente o por inducción, la acción efectiva de los carnívoros que atacan a los herbívoros y, por lo tanto, desarrollan una **protección indirecta** (Schoonhoven, et al., 2005; Dicke, 1999a).

3.3 Reconversión agroecológica

La reconversión agroecológica se puede entender como el proceso de devolver a los agroecosistemas la biodiversidad funcional perdida e incrementar y diversificar la biodiversidad productiva, mediante la implementación de prácticas agrícolas que restauren las funciones ecológicas y los servicios ecosistémicos que favorecen la producción sana de alimentos y la sostenibilidad de los modos de vida, que dependen de la agricultura. De acuerdo con la evidencia experimental, la biodiversidad y funciones ecológicas pueden restaurarse de manera que presten una serie de servicios ecosistémicos, entre ellos la regulación de la abundancia de organismos nocivos mediante la acción de depredadores, parasitoides y antagonistas (Altieri y Letourneau, 1984; Andow, 1991).

No obstante, de acuerdo con Norgaard y Sikor (1999), la colonización, extracción y actividades de producción agropecuaria han creado perturbaciones y transformaciones masivas, especialmente en bosques tropicales, disminuyendo la diversidad genética, sobreexplotando recursos naturales, abandonando prácticas agrícolas tradicionales y transformando masivamente el ambiente en las áreas de colonización reciente, lo cual ha provocado erosión y pérdida en la fertilidad del suelo. Por otra parte, la sobreutilización y/o uso inadecuado de fertilizantes,

insecticidas y herbicidas, viene ejerciendo efectos directos en la salud humana por la toxicidad y consecuencias indirectas por el daño ecológico.

Según Nicholls y Altieri (2002), la modificación y simplificación de los ecosistemas para la producción de alimentos, los deja vulnerables a daños por plagas, expresando una relación directamente proporcional entre la intensidad de las intervenciones y el ataque de plagas. En particular, reducciones drásticas de la biodiversidad de plantas y los efectos epidémicos resultantes pueden afectar adversamente el funcionamiento de los agroecosistemas con consecuencias graves sobre la productividad y sostenibilidad agrícola.

De acuerdo a Santamaría-Guerra y González-Dufau (2016):

“los llamados sistemas orgánicos/ecológicos en Panamá son en realidad sistemas en transición agroecológica, los cuales en función del tamaño de las explotaciones, las limitaciones de recursos financieros para adquirir insumos externos y la participación en organizaciones ambientalistas, de producción ecológica han optado por diseñar sistemas de bajos insumos externos, con un enfoque holista en el manejo de los cultivos y de integración de actividades para mejorar el desempeño productivo y la resiliencia a eventos climáticos y sociales extremos” (p.36).

Altieri y Toledo (2011) afirman que las pequeñas explotaciones familiares ecológicas son tan productivas como las explotaciones campesinas convencionales, e incluso algunas estimaciones sugieren que la producción global de alimentos podría incrementarse más del 50 % con agricultura ecológica.

Según Sarandón, Flores, Gargoloff, y Blandi (2014), agricultura sustentable es aquella que permite mantener en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agro ecosistemas) que lo aportan. Por otra parte, Engel (1997); Röling y Wagemaker (1998); Santamaría-Guerra (2003); y González-Dufau, et al. (2019), consideran la sostenibilidad como una propiedad emergente de los sistemas de actividad humana durante el proceso de lograr: a) satisfacer necesidades actuales de alimentos, fibras y biomasa; b) producir amigablemente con el ambiente; y c) garantizar la persistencia de su modo de vida.

Debido al aumento de la variabilidad climática, en especial el aumento de la frecuencia de eventos climáticos extremos como sequías, es importante estudiar los factores que afectan la resiliencia de los sistemas productivos. Resiliencia es definida como la capacidad de un sistema social o ecológico de absorber perturbaciones, manteniendo su estructura organizacional y productividad, la capacidad de auto-organización y la capacidad de adaptarse al estrés y cambiar después de una alteración (Cabell y Oelofse, 2012).

Con la integración de principios agroecológicos se disminuye la dependencia de insumos externos al sistema, que la hace vulnerable a los impactos del cambio climático, al disminuir su sostenibilidad y resiliencia. De acuerdo con Nicholls y Altieri (2013), la agroecología juega un papel importante para aumentar la resiliencia de los sistemas biológicos. Los pequeños agricultores que utilizan modelos agroecológicos en sus sistemas productivos han podido afrontar mejor los efectos del cambio climático (principal causa que los sistemas sean menos resilientes). Por otra parte, se fortalece la resiliencia social, que es definida como la “*capacidad de un grupos o comunidades a adaptarse frente a elementos externos que causan estrés, sean sociales, políticos o ambientales*” (Nicholls y Altieri, 2013).

La comprensión de las interacciones entre los servicios ecosistémicos de regulación y las prácticas de manejo, es necesaria para la toma de decisiones relativas a la gestión de los agroecosistemas y la conservación de la biodiversidad (Pérez y Marasas, 2013). Por otra parte, la integración de la biodiversidad de plantas y animales aumenta las interacciones y sinergismos y optimiza las funciones y procesos ecológicos del agro ecosistema permitiéndole autorregular su funcionamiento (Salazar, 2013).

De acuerdo con Altieri y Nicholls (2007), la aplicación de principios agroecológicos con fines de reconversión se centra sobre dos pilares fundamentales:

- I. El mejoramiento de la calidad del suelo, incluyendo una biota edáfica más diversa;
- II. El manejo del hábitat mediante la diversificación temporal y espacial de la vegetación, que fomenta una entomofauna benéfica, así como otros componentes de la biodiversidad.

El proceso de incorporación de principios, prácticas y tecnologías con fines de reconversión agroecológica de los sistemas productivos de la agricultura familiar debe considerar como primera condición la participación de los actores locales, es decir de los productores y las

productoras, porque *“la agroecología requiere de saberes locales, creatividad y principios aplicados de una manera distinta en cada realidad”* (Rosset, 2016, p2). Eso significa que los modelos tradicionales de asistencia técnica y/o transferencia de tecnología son inapropiados para promover la reconversión agroecológica de los sistemas productivos.

Por su parte, para estos procesos gana relevancia la Innovación Agroecológica Participativa (IAP), definida como la síntesis de la innovación institucional con la innovación tecnológica, obtenida bajo la premisa de que el conocimiento socialmente relevante para la innovación se genera en el contexto de su aplicación y de sus implicaciones (Santamaría-Guerra, 2015; González-Dufau et al., 2019). Al valorar que las innovaciones agroecológicas son contexto específicas se resalta que *“los diseños agroecológicos son específicos del sitio, y lo que se puede replicar en otro sistema no son las técnicas, sino las interacciones ecológicas y sinergias que gobiernan la sostenibilidad”* (Altieri y Nicholls, 2007, p. 8). En lo institucional la IAP propone el cambio de las “reglas del juego” que han prevalecido en la relación entre investigadores, extensionistas y productores para la transformación de la agricultura, mientras que, en lo tecnológico, la promesa es la construcción colectiva de tres soberanías: energética, tecnológica y alimentaria, en el marco de una estrategia de innovación agroecológica (Altieri y Nicholls, 2011).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Caracterización de sistemas productivos e identificación de factores críticos

Para determinar la tipología de sistemas productivos hortícolas se siguió el enfoque de la Evaluación Internacional del Conocimiento, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (2009), (IAASTD, por sus siglas en inglés), que tipifica los sistemas según uso de fuerza de trabajo, tipo y procedencia de los insumos utilizados, vinculación con los mercados, diversificación productiva y principales actores y saberes que lo gestionan (Nivia et al., 2009). Para obtener la información para la tipificación e identificar los factores críticos que los afectan, para las tierras altas de Chiriquí, se utilizó la técnica del Sondeo Rápido, según la propuesta original de Hildebrand (1981). Se formuló una guía con entrevistas con preguntas semi abiertas (Anexo 1), para realizar entrevistas semi estructuradas con informantes claves, mediante salidas diarias de dos investigadores que con base al análisis de la información y experiencias de campo identificaban nuevos informantes claves y ajustaban la guía de interacción con los mismos (Hildebrand, 1986; Engel y Salomón, 1994; Chambers, 1992).

En total se realizaron 16 entrevistas a informantes claves, que incluye a productores hortícolas, investigadores agrícolas, extensionistas, promotores ambientalistas involucrados en programas de conservación de recursos naturales y protección de las cuencas hidrográficas, comercializadores de agroquímicos y dirigentes de las organizaciones de productores. Por sus vivencias, experiencias y capacidad de empatizar con otros actores del territorio, a los informantes claves se les solicitó recomendar otras personas a entrevistar.

Previo consentimiento de los entrevistados las entrevistas fueron grabadas y transcritas posteriormente para el análisis y consolidación de la información. El análisis estadístico consistió en estadísticas descriptivas, principalmente de frecuencias de las respuestas. Los resultados así obtenidos fueron compartidos con productores, los cuales agregaron sus observaciones ampliando los factores críticos y avalaron la tipología obtenida. En la CNB se utilizó la información obtenida por Jiménez, Santamaría-Guerra, Santos, González D., y Torres (2018), bajo el enfoque de la IAASTD, y la aplicación de una encuesta estructurada a una muestra representativa de los sistemas hortícolas.

4.2 Estado de la biodiversidad y la calidad del suelo de los sistemas productivos caracterizados

La información obtenida en la caracterización e identificación de los factores críticos se utilizó para seleccionar seis sistemas representativos de la tipología propuesta, para determinación de indicadores de calidad del suelo y el estado de la biodiversidad, como los principales determinantes ecológico-productivas de los factores críticos consensuados con los productores. El registro y cálculo de indicadores se realizó siguiendo la metodología desarrollada por Vázquez (2013); Altieri, (2013) y contextualizada para la CNB por Santamaría-Guerra, González-Dufau, Torres, Vázquez y Mariano (2018). En cuanto a la Calidad del Suelo (CS), se calculó con base a cuatro variables: Calidad física (CFI), Calidad químicas (CQU), Calidad biológica (CBI) y la apariencia (AP) y sus respectivos parámetros.

A partir de la toma de muestras de suelo en los seis sistemas, sus análisis fueron realizados en el laboratorio del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), según técnicas descritas por Villarreal y Name (1996, 2013), y se registraron las características de los suelos y se calcularon las variables CFI y CQU.

La variable CFI, se calculó consideraron como parámetros el color, porcentaje de arena, porcentaje de limo y porcentaje de arcilla; en cuanto a la variable CQU se consideraron los valores obtenidos de pH del suelo, porcentaje de materia orgánica (MO), contenido de fósforo (P), potasio (K), manganeso (Mn), hierro (Fe), zinc (Zn) y cobre (Cu), en mg/l; y los valores de calcio (Ca), magnesio (Mg) y aluminio (Al), en Cmol/kg.

La variable CBI se calculó utilizando como parámetros, los resultados del análisis de la macrofauna del suelo: abundancia de individuos (N), índice de Shannon Wiener ($H' =$), riqueza (S), relación detritívoros/no detritívoros y relación lombrices/hormigas.

La variable AP se calculó mediante observaciones y mediciones realizadas en campo para los parámetros textura, profundidad, drenaje y pendiente. Los parámetros se evaluaron siguiendo la metodología de Nicholls, Altieri, Dezaniet, Lana Feistauer y Ouriques (2004), contextualizada para las condiciones locales del estudio.

En cuanto al indicador biodiversidad (B) se consideraron tres variables: biodiversidad arbórea, biodiversidad de la mesofauna, y biodiversidad de la macrofauna. Los parámetros para cada una de estas variables consistieron en número de individuos (N); y los índices de equitatividad según Shannon Weaver (H²); Riqueza (S); dominancia de Simpson (λ) y riqueza de especies de Margalef ($DMg = S - 1 / \ln N$) (Shannon, 1948; Simpson, 1949; Margalef, 1951).

Para la biodiversidad arbórea se realizó un censo forestal en cada finca, el cual consistió en ubicar, identificar y cuantificar las especies de árboles presentes en cada uno de los sistemas, para su registro y posterior análisis.

La estimación de la mesofauna (invertebrados pequeños de diámetro entre 0.2 - 2 mm) se realizó utilizando trampas de caída libre (Pitfall), que consistieron en frascos de cristal con tapas; que contenían una solución de formaldehído al 4% y detergente; colocadas aleatoriamente en transectos dentro de cada sistema, las cuales se introdujeron al nivel del suelo sin tapa y al cabo de 24 horas se retiraron y trasladaron al laboratorio para el análisis de su composición (Zerbino et al., 2008 citado por Cabrera-Dávila (2014).

La macrofauna (animales que poseen un ancho de cuerpo o diámetro mayor de 2 mm y una longitud igualo mayor de 10 mm), se determinó en parcelas divididas mediante sitios fijos de muestreos de parcelas 250 m², divididas en transectos y en cada uno de estos, se hicieron cinco perforaciones de 25 x 25 x 20 cm en el suelo; se extrajo el suelo y se colocó sobre una superficie plástica (bolsa de polietileno), para revisar y cuantificar en campo los organismos visibles (Cabrera-Dávila, 2014). Se registraron los organismos detritívoros, no-detritívoros, lombrices y hormigas para el cálculo de la variable CBI.

Se definió la escala de registro de las variables de 1 a 5, en la cual el 5 representa el óptimo existente o deseado. Los parámetros de las variables que conforman cada indicador fueron agrupados en forma ascendente o descendente de acuerdo al efecto que el valor alto de un índice puede tener sobre la calidad del suelo o la biodiversidad de especies. Si el efecto fue considerado "deseable", entonces se valoraron los parámetros según el criterio de "mayor es mejor" y si el efecto fue considerado "no deseado", entonces se valoraron según el criterio de "menor es mejor". La ponderación de los valores de la escala está dada por las condiciones locales. Para cada uno de los parámetros evaluados, tanto de calidad de suelo como de biodiversidad se establecieron los valores de la escala, las cuales, están disponibles en el Anexo 2.

Para determinar el valor a escala de las variables (V) se utilizó la fórmula $V = \frac{\sum [(1 * n) + (2 * n) + (3 * n) + (4 * n) + (5 * n)]}{N}$, donde 1, 2, 3, 4, 5 son los valores de la escala; n es el número de parámetros con cada valor de la escala; N es el total de parámetros. La calificación de cada parámetro se contextualizó a las condiciones locales (Santamaría-Guerra et al., 2018).

Luego de registrados y calificados los parámetros y variables, los indicadores fueron calculados según las fórmulas:

$$CS = \frac{\sum [CFI + CQU + 2CBI + AP]}{5}$$

$$B = \frac{\sum [\text{Arbórea} + \text{Mesofauna} + \text{Macrofauna}]}{3}$$

4.3 Colecta e identificación de reguladores naturales de las principales plagas

Con la información obtenida mediante el sondeo, en consenso con las productoras y los productores, se identificaron las principales plagas que afectan los cultivos más importantes de la RO y se realizó mediante una prospección durante el período enero a marzo del 2017, con el objetivo de coleccionar e identificar los reguladores naturales y los organismos nocivos asociados a cultivos hortícolas con manejo orgánico y convencional, en sistemas productivos de la agricultura familiar. En cada sistema productivo se seleccionó una área de muestreo de 250 m², en la cual se delimitaron transectos con sitios fijos de muestreo. Los muestreos se realizaron semanalmente a través de registros y capturas manuales de insectos plagas e insectos benéficos del follaje. Los insectos colectados en el campo se llevaron al laboratorio de Entomología del IDIAP, David, Chiriquí para su identificación taxonómica.

Para la identificación de los parasitoides se colectaron estados inmaduros de las plagas más importantes (complejo mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood)/*Bemisia tabaci* Genadius, mosquita minadora *Liriomyza* Mik spp., palomilla dorso de diamante (PDD) *Plutella xylostella* (L.), y áfidos) con síntomas de parasitoidismo, las cuales se ubicaron en el laboratorio en cápsulas de gel y/o cámaras de emergencia. Una vez se observó la salida de adultos de los parasitoides, estos se tomaron con aspiradores de boca o pinceles para posteriormente realizar montajes en portaobjetos, para su identificación y conservación.

Para la identificación de los depredadores se colectaron aquellos individuos que se observaron alimentándose sobre las poblaciones de las plagas en el campo, con la ayuda de aspiradores bucales. Se ubicaron en platos Petri con papel humedecido y para comprobar su hábito

depredador se le suministraron estados inmaduros de la plaga en hojas de sus respectivos cultivos en que fueron capturados.

Los especímenes plagas que se observaron infectados con entomopatógenos se ubicaron en cámaras húmedas y se transportaron en estas condiciones al laboratorio; en donde se realizó la desinfección superficial, aislamiento, purificación y conservación de los patógenos (Leucona, 1995). Se realizó la caracterización morfofisiológica y molecular de las cepas nativas de los hongos entomopatógenos colectados para determinar su identidad. La metodología en detalle está disponible en González et al., 2015 (Anexo 3.1) y González et al., 2020b (Anexo 3.2). También se caracterizó morfológicamente el micopatógeno *Akanthomyces lecanii* (Zimm.) Spatafora, Kepler & B. Shrestha encontrado hiperparasitando soros de *Hemileia vastatrix* Berkeley & Brome, en el cultivo de café (González et al., 2020c (Anexo 3.3).

La identificación taxonómica de algunas plagas importantes como áfidos de la lechuga, se enviaron al Museo de Entomología de la Universidad Nacional Agraria en Managua, Nicaragua y la de los diferentes reguladores naturales obtenidos en el campo se hizo con la ayuda de claves taxonómicas para género y especie (Araúz y Bernal, 2005; Heraty, Polaseck, y Schauff, 2008; Myartseva, Ruiz-Cansino, Coronado-Blanco y Corona-López, 2010). La identificación de algunos especímenes, tanto de plagas como de reguladores naturales se realizó mediante comparación con individuos conservados en la colección de artrópodos del IDIAP y por envío a especialistas, en el Museo Natural de Londres, Inglaterra.

4.4 Evaluación y selección de reguladores naturales de las principales plagas

Se evaluó el potencial biótico de la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum* (Westwood)) sobre plantas de papa y tomate y se establecieron ensayos para evaluar la interacción parasitoides-plaga-planta en condiciones de invernáculo, laboratorio y de campo. Los parasitoides estudiados fueron *Eretmocerus eremicus* (Rose & Zolnerovich), regulador de *T. vaporariorum* (Westwood), en dos cultivares de pimentón y uno de tomate y *D. insulare* (Cresson), regulador de la palomilla dorso de diamante (PDD) *P. xylostella* (L.) en cuatro variedades de repollo. Adicionalmente, se evaluó el potencial patogénico de cepas nativas de *B. bassiana* y *C. javanica* (Frieder. & Bally) Samson & Hywel-Jones) como reguladores naturales de la broca del café (*H. hampei* (Ferrari)).

4.4.1 Potencial biótico de la plaga *Trialeurodes vaporariorum*

Para determinar el potencial biótico (duración, tasa de sobrevivencia preimaginal, relación de sexos, longevidad, fecundidad y los parámetros demográficos) se estableció el pie de cría de *T. vaporariorum* (Westwood) en papa y en tomate). Las actividades se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Innovación Agropecuaria (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta. La metodología y el análisis estadístico de los datos de estos experimentos se puede consultar en detalle en González et al., 2018a (Anexo 3.4).

4.4.2 Parasitoidismo de *Eretmocerus eremicus* sobre *Trialeurodes vaporariorum* en pimentón y tomate

Se evaluó en condiciones controladas de invernáculo el desempeño del parasitoide *Er. eremicus* sobre *T. vaporariorum* (Westwood), se crío en tomate cv. Moneymaker y se mantuvo en una cámara climática a $22 \pm 1^\circ\text{C}$ y 50 % de HR con un fotoperíodo de 12:12 h, luz: oscuridad. Se recolectaron insectos adultos utilizados en los experimentos de esta colonia y se mantuvieron durante siete días en una jaula de madera (50 cm x 50 cm x 56 cm) en plantas de tomate. A partir de esta cría, se transfirieron moscas blancas adultas de cero a siete días de edad y se confinaron al envés de las hojas de las tres plantas hospedantes/cultivares utilizando jaulas clip de 2,5 cm de diámetro y se dejaron ovipositar durante 24 h. Después de 24 h, se eliminaron todas las moscas blancas con un aspirador.

Se infestaron de cuatro plantas de pimentón dulce *Capsicum annuum* (cv. Goldenwonder y cv. Yelowonder) y tomate (cv. Moneymaker) con mosca blanca como se describió anteriormente. La metodología y el análisis estadístico de los datos de estos experimentos se puede consultar en detalle en González, et al., 2020a (Anexo 3.5).

4.4.3 Parasitoidismo de *Diadegma insulare* sobre *Plutella xylostella* en repollo

En condiciones de campo se hicieron observaciones y registros en un experimento de evaluación de rendimiento de cultivares de repollo, llevada a cabo en la Estación Experimental de Cerro Punta, del Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), las coordenadas por el sistema universal transversal de Mercator (UTM por sus siglas en inglés) son 0327210 y 0979066 de latitud y longitud respectivamente, en la provincia de Chiriquí durante los meses de abril a mayo del 2016.

Los cultivares de repollo fueron sembrados siguiendo un diseño de bloques al azar, con seis repeticiones. Se utilizaron cuatro cultivares comerciales Anphion, Astrus Plus, Tropicana y Queen, dispuestas en surcos de 1.20 metros por cada réplica, usando una distancia de siembra de 0.5 m entre surcos por 0.3 m entre plantas. El control de malezas se realizó mediante deshierbe manual, según necesidad; la fertilización fue realizada a la siembra y a los 45 días, mientras que el control químico de plagas fue cada ocho días.

Se evaluó semanalmente el porcentaje de defoliación por PDD por cultivar, porcentaje de parasitoidismo, se colectaron larvas de este insecto y trasladaron al laboratorio, donde se mantuvieron en cámaras de cría, hasta la emergencia de los adultos de las avispas parasitoides, y se conservaron en alcohol al 70% para su posterior evaluación con un estereomicroscopio Leica 12.5ZM e identificación con clave taxonómica de Acosta y Cave (1994). Para la evaluación de infestación de PDD, parasitoidismo y defoliación se seleccionaron cuatro plantas de los dos surcos centrales de cada parcela. Los datos obtenidos se procesaron mediante un análisis de Kruskal-Wallis usando el programa estadístico SPSS para Windows ver.11.5 en español.

4.4.4 Potencial patogénico de *Beauveria bassiana* y *Cordyceps javanica* sobre *Tuta absoluta* en tomate e *Hypothenemus hampei* en café.

Para evaluar la potencial patogénico de *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.) y *C. javanica* sobre *T. absoluta* (Meyrick), se utilizaron larvas del 4^{to} estadio de *T. absoluta* (Meyrick), obtenidas de una cría establecida en la Estación Experimental del IDIAP en Cerro Punta. Los aislados nativos DBb-1350, DBb-1400 y DBb-1400 de *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill.) y RS006 de *C. javanica* (*C. javanica* (Frieder. & Bally) Samson & Hywel-Jones) utilizados, se obtuvieron de la colección de hongos entomopatógenos del laboratorio de IDIAP en David. Se utilizó un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con cinco tratamientos, y cinco repeticiones, donde la unidad experimental consistió en diez larvas de *T. absoluta* (Meyrick), colocados individualmente en platos Petri, a las que se les suministró un foliolo de tomate desinfectado. La inoculación con los aislados de los hongos se realizó por inmersión en una suspensión de 1×10^9 conidias ml^{-1} + Tween 80 (0,1%) durante un minuto (Vélez-Arango, Estrada-Valencia, González-García, Valderrama-Fonseca, y Bustillo-Pardey, 2001). Como testigo se utilizó agua destilada estéril + Tween 80 (0,1%).

Similarmente, un diseño experimental completamente aleatorizado (DCA) con 13 tratamientos, y cinco repeticiones, donde la unidad experimental consistió en diez brocas adultas, para evaluar el potencial patogénico y el TL₅₀ de los hongos aislados de *B. bassiana* ((Bals.-Criv.) Vuill.) y *C. javanica* (Frieder. & Bally) Samson & Hywel-Jones) sobre *H. hampei* (Ferrari), se utilizaron adultos de aproximadamente 10 días, obtenidos de una cría de *H. hampei* (Ferrari) establecida en el laboratorio, a partir de adultos obtenidos en el campo. Los aislados de los hongos entomopatógenos correspondieron a 12 aislados nativos de *B. bassiana* ((Bals.-Criv.) Vuill.) (DBb1350, DBb1391, DBb1392, DBb1395, DBb1397, DBb1398, DBb1399, DBb1400, DBb11402, DBb1405, DBb1406, DBb1412), colectadas e identificadas en este estudio y un aislado nativo de *C. javanica* (Frieder. & Bally) Samson & Hywel-Jones) DCj1388, de la colección de hongos entomopatógenos del laboratorio de IDIAP en David. La metodología y el análisis estadístico de estos ensayos puede consultarse en detalle en González et al., 2020b (Anexo 3.2).

4.5 Manejo agroecológico de la broca del café *Hypothenemus hampei*

Con el propósito de evaluar el uso de hongos entomopatógenos (HEP) nativos y otras prácticas agroecológicas para el manejo de la broca del café *H. hampei* (Ferrari), se establecieron dos parcelas y se realizaron muestreos apareados del grado de infestación, en el sistema convencional modificado (SCM) del productor José Gallardo ubicada en la localidad de Cerro Tula (48453.34; 9046364.35); corregimiento de Hato Chamí, distrito de Nolé Duima en la CNB, ubicada a 546 msnm, con afectación severa por *H. hampei* (Ferrari). La finca/Sribire fue seleccionada a partir de la caracterización de los sistemas productivos en la CNB (Jiménez et al., 2018). Se establecieron y muestrearon mensualmente dos parcelas separadas por una barrera natural: una experimental con manejo agroecológico y superficie de 5674.5 m² y otra manejada por el productor, utilizada como testigo, de 4046 m². Las parcelas se dividieron en 4 transectos o sitios de aproximadamente 1200 m² en cada uno. En cada sitio se muestrearon 5 árboles y se evaluaron 20 frutos en el área productiva de cada planta, para un total de 20 árboles y 400 granos en 0.5 hectárea. Se calculó el porcentaje infestación de broca, según metodología de Guharay (2000) y Bustillo (2006).

Los HEP se colectaron de brocas infectadas naturalmente procedentes de la parcela experimental, estos fueron aislados, caracterizados y evaluados en cuanto a su patogenicidad,

según metodología descrita por González et al, 2020b (Anexo 3.6). Considerando el potencial patogénico se utilizaron los aislados nativos de *B. bassiana*, D-Bb1400 y D-Bb1350. Estos aislados fueron multiplicados utilizando arroz como sustrato de crecimiento (Monzón, 2001) y devueltos al cafetal en aspersiones a la concentración de 1×10^9 conidias ml^{-1} . Las aplicaciones se hicieron tomando en consideración el estado fenológico de los granos de café y la presencia de brocas en la parcela. Se aplicó en todas las parcelas, para efecto de cada evaluación se consideraron cinco plantas, una por cada sitio, y de cada planta se seleccionó una bandola, tomándose en consideración un tamaño de muestra de 20 granos por bandola. Posteriormente se determinó el número de granos con *H. hampei* (Ferrari) y también de granos micelados por el hongo. En total se hicieron 9 evaluaciones con frecuencia de 8 días, los datos se registraron y se expresó en porcentaje de infestación por broca y porcentaje de granos micelados. Se realizó análisis no paramétrico de Kruskal Wallis y la prueba de χ^2 (5 %).

Otras prácticas sanitarias y de manejo del cultivo y del sistema, incorporadas a la estrategia de Manejo Agroecológico de la Broca del café (MAB) y consensuadas con el productor fueron:

- a) Colocación de trampas de captura: Las trampas de captura elaboradas de manera artesanal (Barrera, Herrera, Villacorta, García, Cruz, 2006), se instalaron, en los transectos, en árboles de café escogidos al azar, a una distancia entre sí de 25 metros para un total de tres trampas por sitio y 10 para media hectárea, a una altura de 1.5 metros. Se revisaron, contando la cantidad de adultos de broca colectados cada diez días, y cada 20 días se repuso el atrayente que consistió en una mezcla metanol: etanol en proporción 3:1 (Guharay 2000; Barrera et al., 2006; Bustillo 2006)
- b) Eliminación de los granos brocados mediante colecta manual
- c) Eliminación de todos los granos en los árboles después de la cosecha
- d) Recolección de los granos de café en el suelo
- e) Regulación de la sombra en el cafetal
- f) Producción de lombricompost utilizando *Eisenia foetida* (Savigny) alimentada con residuos de la cosecha y otros residuos vegetales. Este se aplicó a razón de 456 gramos por planta dos veces al año
- g) Podas sanitarias y de recuperación de plantas de café después de la cosecha

h) Con base en el estudio de la biodiversidad arbórea se incorporaron arboles maderables nativos y se protegieron las fuentes de agua

i) Se establecieron medidas de conservación del suelo como barreas vivas y muertas en el cafetal

Se utilizó la prueba Kruskal-Wallis con el programa estadístico R (2013), para comparar los porcentajes de infestación de broca en los periodos de agosto a diciembre en cuatro años sucesivos (2016 – 2019).

Un primer reporte de este estudio de caso corresponde a la publicación de González et al., 2018b (Anexo 3.6).

Para la evaluación en campo, se determinó el periodo de floración principal a mediados de marzo, lo cual, junto con los criterios de posición de la broca y picos de vuelo de la broca, se programó el ensayo de campo para evaluar el desempeño de hongos entomopatógenos escogidos de los bioensayos, y se compararon con un testigo que consistió de agua + Tween 80 (0,1%).

El ensayo fue establecido como un diseño completamente aleatorizado. Se evaluaron en total tres tratamientos, con cinco repeticiones, para la variable mortalidad de la broca. Se utilizaron los aislados D-Bb1400, D-Bb1350, cultivados en arroz en forma artesanal (Monzón, 2001) en formulación líquida refrigerada más el testigo. La aspersion de los tratamientos se realizó con bomba de mochila y se aplicaron en todas las parcelas antes de las 9:00 am.

Se hicieron nueve evaluaciones con frecuencia de 8 días, los datos se registraron y se expresó en porcentaje de infestación por broca y porcentaje de granos micelados. Se realizaron las evaluaciones de mortalidad de la broca durante dos meses, realizando lecturas.

La acción de los hongos se evaluó bajo un modelo de análisis para clasificación simple en las variables porcentaje de mortalidad de la broca para la comparación de promedios se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis - χ^2 (5 %).

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Caracterización de sistemas e identificación de factores críticos

De acuerdo con los resultados del sondeo, 40 % de los entrevistados diferenciaron claramente el sistema convencional, 33% el sistema orgánico, mientras que 10 % indicaron variaciones del sistema convencional con la aplicación de buenas prácticas agrícolas, trazabilidad y productos amigables con el ambiente.

Respecto al sistema orgánico, durante el seminario de devolución de resultados del sondeo, los productores sustentaron la existencia de sistemas orgánico-ecológicos. Es así como se diferenciaron cuatro tipos de sistemas productivos hortícolas en las tierras altas de Chiriquí, como se indica en el cuadro 1.

Los sistemas productivos se diferencian por el laboreo del suelo, que va de intensivo mecanizado, mecanización moderada en los sistemas convencional y convencional modificado a manual con prácticas de conservación en los sistemas orgánicos y orgánico-ecológico. Adicional, la complejidad del sistema, diferencia las prácticas del monocultivo en los sistemas convencionales y el policultivo con conservación de la biodiversidad funcional en los sistemas orgánicos y orgánico-ecológico. Por otra parte, se evidenciaron diferencias en cuanto al uso de mano de obra (MO) familiar y asalariada. Mientras que en los sistemas convencionales la mano de obra asalariada representa entre 95 % y 100 % del total de mano de obra, en los sistemas orgánicos la mano de obra familiar representa entre 60 y 100 %. Similares resultados se obtuvieron con relación al destino de la producción, los sistemas convencionales venden la totalidad de sus productos mientras que los orgánicos y orgánico-ecológicos destinan entre 60 y 100 % de su producción para el autoconsumo.

La tipología de sistemas hortícolas en este estudio coincide con la descrita por Jiménez et al. (2018), para las zonas media y alta de la CNB, quienes aplicaron un cuestionario estructurado al 15 % de los productores hortícolas y reportan tres tipos de sistemas: convencional de bajo insumo y tecnificación (SC), convencional en transición a orgánico (SCM) y tradicional-orgánico (SO). Por otra parte, en un estudio más amplio a nivel del país Santamaría y González (2016), utilizando también la información obtenida en este estudio, afirman que los sistemas orgánico-ecológicos son sistemas en transición agroecológica por la aplicación de los principios

agroecológicos en su diseño y gestión del sistema y por su baja dependencia de insumos externos.

Cuadro 1. Tipología de sistemas productivos hortícolas en las tierras altas de la Región occidental de la República de Panamá

Criterios	Convencional (SC)	Convencional Modificado (SCM)	Orgánico (O)	Orgánico Ecológico (OE)
Insumos (Tipo y procedencia)	Químicos, sintéticos, derivados de petróleo. Adquiridos de Distribuidores de insumos	Químicos sintéticos y biológicos de “cinta verde” buenas prácticas agrícolas (BPA),	Productos biológicos de “Cinta verde”, producción y uso de abonos orgánicos	Producen y utilizan insumos biológicos, producidos a partir de subproductos del sistema.
Conocimientos y saberes	Conocimiento tecnológico y académico	Conocimientos Tecnológicos y académico	Conocimientos Tecnológicos, académico y saber local	Conocimientos Tecnológicos, académico y saber local y ancestral
Diversificación productiva	Monocultivos de gran escala con rotaciones espaciales y temporales, según demanda del mercado	Monocultivos de gran escala con rotaciones espaciales y temporales, según demanda del mercado	Policultivos, diversidad biológica, rotación espacial y temporal	Policultivos, con integración espacial y temporal, mayor diversidad de especies cultivadas
Vinculación con mercados	Fuerte articulación con cadenas productivas y vinculación con mercados de insumos y productos agropecuarios	Fuerte articulación con cadenas productivas y vinculación con mercados de insumos y productos agropecuarios	Escasa articulación con cadenas productivas, vinculación con el mercado de insumos y productos diferenciados	Buena vinculación con mercados diferenciados. Ventas a través de organizaciones de productores
Fuerza de trabajo	Mano de obra asalariada	Predomina la mano de obra asalariada	Predomina M.O. Familiar	M.O. Familiar

Referente a los factores críticos (vulnerabilidades) que afectan a los sistemas productivos hortícolas, se obtuvo un amplio listado, que fue consensado y priorizado con los productores en el evento de devolución de resultados. Los 10 factores críticos considerados de mayor importancia para los productores hortícolas se listan a continuación:

- Libre mercado, importaciones en época de cosecha nacional;
- Variabilidad climática, escases de lluvias;
- Falta de políticas diferenciadas para la agricultura familiar;
- Plagas de los cultivos;
- Pérdida de suelos y contaminación de acuíferos;
- Uso excesivo de plaguicidas;
- Falta de semillas para la producción orgánica;
- Altos costos de la mano de obra y los insumos;
- Falta asistencia técnica y capacitación a los productores;
- Bajo grado de organización/asociatividad de los productores

Todos los factores críticos están interrelacionados, por tanto, se requiere un enfoque holístico en la búsqueda de soluciones duraderas, no obstante, para el propósito de esta investigación, son relevantes los factores: plagas de los cultivos, pérdida de suelo y contaminación de acuíferos, así como uso excesivo de plaguicidas. Para los sistemas hortícolas de las zonas media y alta de la CNB, Jiménez et al. (2018), reportan como principales factores críticos de los sistemas hortícolas, la variabilidad climática - sequía (80 %), plagas y enfermedades (71%) y conservación de suelos (43.5 %). Por otra parte, Marquínez et al. (2020), en un estudio de la cadena productiva de hortalizas en Panamá, reportan la comercialización, falta de infraestructura, plagas y enfermedades, variabilidad climática y alto costo de los insumos como los principales factores críticos de la producción de hortalizas, coincidiendo con las vulnerabilidades de los sistemas productivos encontrados en nuestro estudio.

5.2 Estado de la biodiversidad y la calidad de suelo de los sistemas productivos caracterizados

Los seis sistemas productivos representativos seleccionados para comparar sus indicadores de calidad de suelo y biodiversidad se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Sistemas seleccionados según tipología de sistemas productivos hortícolas en las tierras altas de la Región Occidental de la República de Panamá

Sistema	Propietario/propietaria	Área (ha)
Orgánico-Ecológico (SOE)	Fermina Gómez	0.74
Orgánico (SO)	Adaías González	4.00
Convencional modificado (SCM ₁)	Henry Ledezma	40.00
Convencional modificado (SCM ₂)	José Gallardo	6.00
Convencional pequeño (SCp)	Sabino Caballero	0.41
Convencional mediano (SCm)	Roberto Rubio	10.00

Los datos del cuadro 3 muestran los valores de las variables para cada sistema estudiado. Como puede observarse el valor más alto para el indicador CS lo presenta el SOE seguido por el SO, con 2.90 y 2.53 respectivamente, los cuales, según la herramienta TAPE de la FAO (2019), se consideran aceptables. Los sistemas convencionales (SCM₁, SCM₂, SCp y SCm) muestran los indicadores menores de 2.5 con poca diferencia entre ellos, los cuales se consideran vulnerables (FAO, 2019).

Cuadro 3. Indicador de calidad de suelo (CS) de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá

Variable	Sistemas					
	SOE	SO	SCM1	SCM2	SCp	SCm
Calidad física	2.40	2.60	3.00	2.40	2.20	2.40
Calidad química	1.90	2.50	1.50	1.70	2.00	2.30
Calidad biológica	3.60	2.40	2.20	2.00	2.25	2.00
Apariencia	3.00	2.75	2.50	3.25	3.00	2.25
Calidad del suelo (CS)	2.90	2.53	2.28	2.27	2.34	2.19

La textura de los suelos es relativamente homogénea, sin embargo, en el caso de del SMC₁ presenta una mejor proporción de arena, limo y arcilla, comparada con los otros sistemas. En cuanto a la calidad química, el SO muestra el mejor valor que expresa un balance en la cantidad de elementos mayores y menores. Los otros sistemas presentan valores menores debido en general a un alto contenido de P, K y Ca. El mayor contenido de materia orgánica (4.06%) lo encontramos en el suelo del SOE, debido probablemente a la aplicación sistemática de abonos orgánicos.

Los sistemas orgánicos (SOE y SO) obtuvieron los valores mayores de calidad biológica (3.6 y 2.4), mientras que los sistemas con manejo convencional obtuvieron en promedio una valoración de 2.1. La mejor calificación en calidad biológica está influenciada por las relaciones D/ND y de L/H, en particular en el caso del SOE, las mismas fueron de 6.17 y 7.6 respectivamente, que son las más altas registradas en este estudio. El suelo de Cerro Tula (SCM₂) sobresale en la variable apariencia, ya que posee una mayor profundidad, mejor textura y drenaje. Los datos aquí obtenidos sobre mejor calidad de los suelos con manejo orgánico (SOE y SO), son similares a los obtenidos con la metodología de Nicholls et al. (2004), utilizando 10 indicadores y una escala de calificación de 1 a 10. Como resultado de la aplicación de esta metodología, Nicholls (2013), indicó para suelos cafetaleros en Costa Rica, que el suelo con manejo orgánico obtuvo una calificación promedio de 9.5, mientras que el suelo en transición obtuvo 5.8 en promedio de los 10 indicadores. Igual que los umbrales de desempeño de la herramienta TAPE, en el caso de la metodología de calidad de suelo de Nicholls et al. (2004), las fincas que obtuvieron valores promedios de calidad de suelo inferiores a 5 (2.5 en nuestra escala y la escala TAPE para Calidad de Suelo), se consideran que están por debajo umbral de sostenibilidad y requieren de la incorporación de prácticas de restauración y conservación de suelo, en especial el incremento de la materia orgánica (MO) (Nicholls, Henao y Altieri, 2015). Por otra parte, Santamaría-Guerra (2019), reportó que en promedio seis sistemas agroforestales de la CNB, presentaron un indicador de CS de 2.69, el cual después de tres años de aplicación de prácticas agroecológicas se incrementó en 5.2 %, registrando un promedio de 2.83 del indicador de CS para los seis sistemas estudiados.

En el cuadro 4 se muestran los valores de los índices de biodiversidad arbórea. El sistema SCM₂ tiene una mayor abundancia de individuos (N) y especies (S), lo cual también se expresa en un índice más alto de diversidad de Margalef.

Cuadro 4. Índices de biodiversidad arbórea de seis sistemas productivos de la Región occidental de la República de Panamá

Índices	Sistemas					
	SOE	SO	SCM1	SCM2	SCp	SCm
N° de individuos	88	61	106	221	10	5
Shannon-Weaver (H')	3.77	3.03	2.6	3.24	1.72	0.97
Riqueza (S)	16	12	8	23	4	2
Dominancia de Simpson (λ)	0.92	0.83	0.81	0.82	0.66	0.48
Margalef (D_{Mg})	3.35	2.68	1.5	4.08	1.3	0.62

Los menores valores en todos los índices lo obtuvieron los sistemas SCp y SCm. De acuerdo con Margalef (1951) valores del índice menores a 2, es indicativo de una baja riqueza de especies y por el contrario valores cercanos o superiores a 5 son reflejo de una alta riqueza. El SCM₂ y el SOE muestran una mayor abundancia, riqueza y biodiversidad, sin embargo, poseen una alta dominancia, dada por un mayor número de individuos de Achiotillo (*Fuchsia paniculata* Lindl.) y de Tabaquillo (*Bocconia frutescens* L.) en el SOE y de guabo (*Inga* spp. (Miller)) en el SCM₂, comparado con las otras especies arbóreas presentes en el sistema. Alguna de estas especies, como el caso de *Inga* spp. de la familia Fabacea, además del servicio ecosistémico de sombra y regulación del microclima para las plantas de cafeto, es fijadora de nitrógeno y favorece las poblaciones de lombrices de tierra.

Al aplicarle la escala de calificación (Anexo 2) a los valores absolutos de los índices/parámetros, se obtuvo un valor promedio para la variable biodiversidad arbórea (BA) para cada sistema de SCM₂=4,2; SOE=4,0; SO=3,6; SCM₁=3,2; SCp=2,6 y SCm=2,0.

Cuando se comparan entre sí, los sistemas de acuerdo a los valores de la BA (figura 2), se observa claramente que en cuanto a diversidad (H'), riqueza (S) e índice de Margalef, SCM₂, SOE, SO y SCM₁ son más biodiversos, mientras que en cuanto al índice de dominancia de Simpson (λ) el mejor valor a escala lo obtiene el SCm, debido principalmente a que es el sistema tiene un reducido número de individuos (5) y especies (2), como se observa en el cuadro 4.

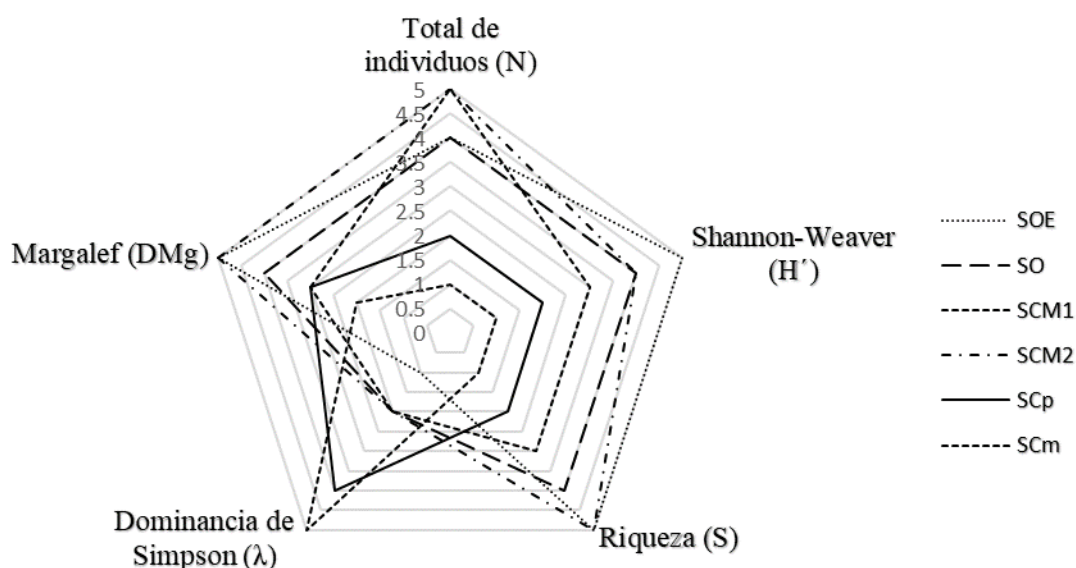


Figura 2. Valores de biodiversidad arbórea a escala de los índices de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá.

Para el cálculo de la diversidad de la mesofauna, se obtuvieron especímenes de organismos con los cuales se calcularon los índices de diversidad que posteriormente sirven como parámetros para el cálculo del indicador de biodiversidad (B). Los valores de los índices de la variable diversidad de mesofauna se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Índices de diversidad de la mesofauna de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá

Índices	Sistemas					
	SOE	SO	SCM ₁	SCM ₂	SCp	SCm
Nº de individuos	56	84	72	122	33	34
Shannon-Weaver (H')	2.41	1.11	1.09	1.65	1.59	1.30
Riqueza (S)	11.00	8.00	7.00	8	8.00	5.00
Dominancia de Simpson (λ)	0.25	0.53	0.93	0.75	0.73	0.68
Margalef (DM _g)	4.17	3.37	3.08	3.36	2.49	2.49

De manera general los sistemas muestran poco contraste en cuanto a los valores obtenidos para cada índice, destacándose el SOE con mejores índices. Los valores de la mesofauna en SCM₂, son ligeramente inferiores al sistema más diversificado (SOE) y similares a los del sistema orgánico (SO). Cuando se transforman a valores absolutos según la escala (Figura 3), se observa una diferenciación a favor del SOE con un valor a escala de la variable Mesofauna de 4.17,

seguido por SO y SCM₂, ambos con 3.0, mientras que los sistemas SCp y SCm obtuvieron un valor a escala de 2.67 (Cuadro 7). Como se observa en la figura 3, el SOE obtuvo la máxima ponderación en los índices de Margalef (M), número total de individuos (N), en riqueza de ordenes (S) y en diversidad de Simpson (λ).

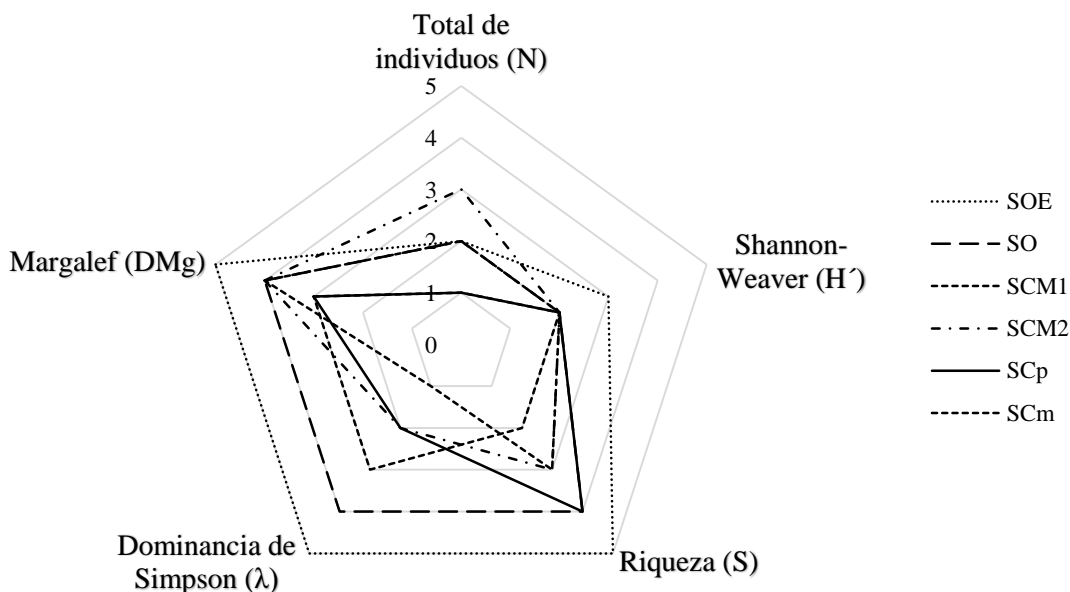


Figura 3. Valores a escala de índices de biodiversidad de la mesofauna de seis sistemas de producción de la Región Occidental de la República de Panamá.

Cuando se analizan las proporciones de las taxas estudiadas, los sistemas orgánicos SOE y SO presentan un mayor equilibrio entre las más abundantes, sobresaliendo los órdenes Diptera con 36.94 %, Collembola con 33.78 % y Coleoptera con 11.71 %. En el caso de los sistemas convencionales estas proporciones varían de manera significativa, prevaleciendo el orden Diptera con 52.25 % del total de individuos, seguido de Collembola con 23.53 % y Coleoptera con 11.71%. Esto último puede estar relacionado con el uso en los sistemas convencionales de grandes cantidades de gallinaza no compostada.

En cuanto a los índices de diversidad de macrofauna, en el sistema SCM₂ los índices alcanzaron valores superiores a los sistemas de las tierras altas de Chiriquí, lo que puede indicar un menor grado de perturbación, especialmente debido al laboreo mecanizado en el caso de los sistemas convencionales (Cuadro 6).

Cuadro 6. Índices de la macrofauna de seis sistemas productivos de la Región occidental de la República de Panamá

Índices	Sistemas					
	SOE	SO	SCM1	SCM2	SCp	SCm
N° individuos	125	97	122	179	69	98
Shannon-Weaver (H')	1.54	1.35	1.38	1.79	1.54	1.10
Riqueza (S)	12	9	9	11	7	6
Dominancia de Simpson (λ)	0.63	0.64	0.68	0.79	0.65	0.54
Margalef (DM _g)	3.64	3.64	3.64	4.17	3.08	2.79

Los valores de los índices muestran mejores resultados absolutos para los sistemas SOE, SO y SCM con excepción del índice de dominancia de Simpson (λ) cuyo valor es mejor para el SCm.

Cuando se transforman a valores de escala, se observa dominancia de los sistemas SOE, SO y SCM₁, en los índices de riqueza de Margalef, diversidad de Shannon Weaver y en la riqueza (Figura 4). Lo indicado para el sistema SCM₂ se ve claramente en el valor a escala del índice de biodiversidad de Margalef para la macrofauna.

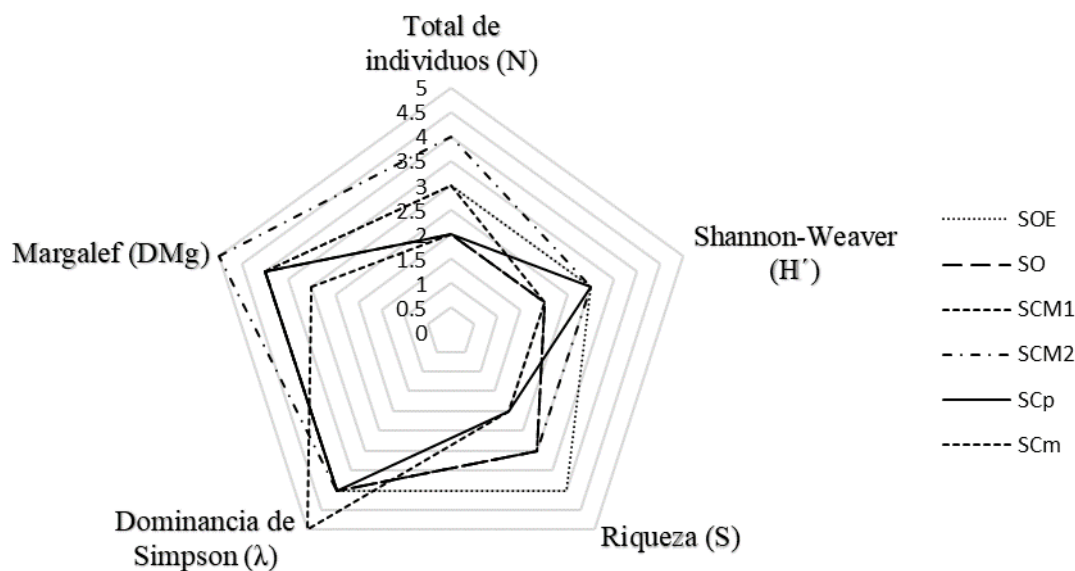


Figura 4. Valores a escala de los índices de macrofauna de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá.

Al consolidar las variables Arbórea, Mesofauna y Macrofauna, en el indicador biodiversidad (B) mostrado en los datos del cuadro 7, en los sistemas SCM₂ y SOE, se obtuvo resultados

similares, mientras que en SO y SCM₁ los valores fueron ligeramente inferiores, diferenciándose claramente de los sistemas convencionales (SCp y SCm).

Cuadro 7. Indicador de biodiversidad (B) de seis sistemas productivos de la Región Occidental de la República de Panamá.

Indicador	Sistemas					
	SOE	SO	SCM1	SCM2	SCp	SCm
Arborea	4	3.6	3.2	4.2	2.6	2.0
Mesofauna	4.17	3.00	2.33	3.00	2.67	2.67
Macrofauna	3.5	3.00	3.17	3.83	3.00	2.83
Biodiversidad (B)	3.89	3.20	2.90	3.68	2.76	2.50

El indicador de biodiversidad (B) calculado a partir de los valores a escala de las variables arborea mesofauna y macrofauna, es indicativo de que los sistemas SOE y SCM₂, obtienen valores iguales o superiores a 3.5, lo cual es considerado deseable ($\geq 70\%$) según los umbrales de la herramienta TAPE de la FAO (2019) para el indicador de agrobiodiversidad calculado con base al índice Gini-Simpson; mientras que los otros cuatro sistemas obtuvieron valores entre 2.5 y 3.5, considerado aceptable ($\geq 50\%$ y $< 70\%$) (FAO, 2019). Sobresalen con la menor diversidad arborea el sistema SCm con 2.0 y el SM₁ con la menor diversidad de la mesofauna, los cuales son considerados insostenibles ($< 50\%$).

Los valores obtenidos en este estudio están en el rango de los reportados por Mottet et al. (2020), obtenidos de la aplicación de la herramienta TAPE de la FAO. En particular, los datos relativos al indicador de agrobiodiversidad calculado con base índice Gini-Simpson, oscilaron en un rango de 1.5 (30 %) a 2.74 (54.7 %). Por otra parte, Iermanó, Sarandón, Tamagno y Maggio (2015), evaluando el potencial de regulación biótica (PRB) de la agrobiodiversidad funcional en Argentina, encontraron diferencias entre los sistemas mixtos familiares y los sistemas empresariales (convencionales) con valor del IPRB igual a 0.7 (equivalente a 3.5 en la escala utilizada en este estudio) para los primeros y de 0.4 (2.0) para los segundos. Estos valores, aunque varían los indicadores y la escala, son similares a los reportados en este estudio.

.5.3 Colecta e identificación de reguladores naturales de las principales plagas

En el cuadro 8 se presentan las principales plagas de los sistemas de agricultura familiar de la región occidental, agrupadas según categoría o tipo de organismo nocivo. Las plagas insectiles

son las más numerosas, seguidas por los hongos fitopatógenos. Los productores priorizaron como las principales plagas que afectan sus cultivos: la broca del café, la mosca blanca y la gallina ciega entre las plagas insectiles y el tizón tardío, la roya del café y el ojo de gallo entre las causadas por hongos fitopatógenos.

Cuadro 8. Principales organismos herbívoros de cultivos en los sistemas de agricultura familiar de la Región Occidental de la República de Panamá

ORGANISMO	ORDEN/ FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CULTIVO	FUNCIÓN
ORGANISMOS HERBÍVOROS INSECTILES				
Broca del café*	Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae	<i>Hypothenemus hampei</i> (Ferrari)	Café	Reguladora
Mosca Blanca*	Hemíptera: Aleyrodidae	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood)	Tomate, pimentón, cucurbitáceas	Reguladora
Tuta	Lepidoptera: Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)	Tomate	Reguladora
Pulgón	Hemíptera: Aphididae.	<i>Aphis gossypii</i> Glover; <i>Aulacorthum solani</i> (Kaltenbach); <i>Myzus</i> <i>persicae</i> ; <i>Uroleucon</i> <i>ambrosiae</i> (Thomas)	Lechuga, papa	Reguladora
Lyriomiza*	Diptera: Agromyzidae	<i>Liriomyza huidobrensis</i> Blanchard	Apio, lechuga	Reguladora
Gallina Ciega*	Coleoptera: Scarabeidae	<i>Phyllophaga chiriquina</i> ; <i>P.</i> <i>menetriesii</i> (Blanchard)	Papa	Reguladora
Trips	Thysanoptera: Thripidae	<i>Thrips tabaci</i> (Lindeman)	Cebolla	Reguladora
Polilla de la papa	Lepidoptera: Gelechiidae	<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller).	Papa	Reguladora
Palomilla dorso de diamante	Lepidoptera: Gelechiidae	<i>Plutella xylostella</i> (Linnaeus)	Repollo	Reguladora
Gusano cortador*	Lepidopter: Noctuidae	<i>Agrotis ipsylon</i> (Hufnagel)	Lechuga, papa, apio, repollo	Reguladora
Minador de la hoja del café*	Diptera: Agromyzidae	<i>Leucoptera coffeella</i> (Guérin- Méneville & Perrottet)	Café	Reguladora
ORGANISMOS HERBÍVOROS - HONGOS FITOPATÓGENOS				
Tizón tardío*	Peronosporales / Peronosporaceae	<i>Phytophthora infestans</i> Mont de Bary	Papa, tomate	Reguladora
Roya*	Pucciniales:Pucciniace ae:	<i>Hemileia vastratix</i> Berk. & Broome	Café	Reguladora
Ojo de Gallo*	Agaricales: Mycenaceae	<i>Mycena citricolor</i> (Berkeley & Curtis)	Café	Reguladora

ORGANISMO	ORDEN/ FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	CULTIVO	FUNCIÓN
Cercospora*	Capnodiales: Mycosphaerellaceae	<i>Cercospora coffeicola</i> (Cooke) J. A Stevens y Wellman	Café	Reguladora
Antracnosis	Glomerellales: Glomerellaceae	<i>Colletotrichum</i> <i>gloeosporioides</i>	Café	Reguladora
Tizón temprano	Pleosporales: Pleosporaceae	<i>Alternaria solani</i> (Cooke) Wint	Tomate, papa	Reguladora
ORGANISMOS HERBÍVOROS - NEMATODOS FITOPATÓGENOS				
Nematodo nodulador	Tylenchida: <i>Meloidogynidae</i>	<i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid & White) Chitwood	Lechuga, papa, apio, repollo	Reguladora
Nemátodo dorado	Tylenchida: Heteroderidae	<i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber)(Skarbilovich)	Papa	Reguladora
OTROS ORGANISMOS HERBÍVOROS				
Babosa*	Pulmonata/ Veronicellidae	<i>Sarasinula plebeia</i> (Fischer)	Lechuga, papa, apio, repollo	Reguladora
Caracol*	Pulmonata	-	Lechuga, papa, apio, repollo	Reguladora

* Señalada por los productores en el Sondeo. Fuente: Elaboración propia.

Mediante la prospección de reguladores naturales se obtuvo mas de cinco mil especímenes, los cuales una vez identificados se registraron y conservaron en las colecciones de artrópodos y cepas de hongos entomopatógenos del IDIAP. Un listado de los reguladores naturales colectados e identificados en este estudio se presenta en el cuadro 9. La mayor cantidad de organismos identificados hasta género y especie pertenecen a la Clase Insecta (77.35 %), de los cuales 28 especies son depredadores 14, parasitoides y 5 polinizadores. Por otra parte, se colectaron 6 hongos benéficos de los cuales 5 son entomopatógenos, uno de ellos además es parásito de soros de la roya y se identificó, además, un hongo antagonista de hongos fitopatógenos, un nemátodo entomopatógeno y un hiperparásito. De los hongos entomopatógenos colectados se identificaron 35 aislados disponibles para determinar su potencial patogénico 14 cuentan con secuencia de nucleótidos.

Como depredadores se determinaron: una especie del género *Delphastus pusillus* (Le Conte), (Coleoptera: Coccinellidae), una del género *Orius insidiosus* Say (Hemiptera: Lygaeidae), una del género *Chrysopa* L. (Neuroptera: Chrysopidae) y una del género *Geocoris* Fallen (Hemiptera: Lygaeidae). Así mismo se encontraron algunas especies de arañas consumiendo individuos

atrapados en su telaraña (Aranae: Araneidae) o atrapados directamente (Aranae: Salticidae). Se reportó por primera vez en Cerro Punta, el parasitoide *Diadegma insulare* (Cresson) afectando en forma natural a *P. xylostella* L. en repollo.

Cuadro 9. Reguladores naturales colectados en los sistemas de producción de la agricultura familiar en las tierras altas de la Región Occidental, Panamá

GÉNERO ¹ /ESPECIE	ORDEN/FAMILIA	CULTIVO	INSECTO HOSPEDERO	FUNCIÓN
<i>Encarsia nigricephala</i> Dozier, 1937	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i> / <i>Bemisia tabaci</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. pergandiella</i> Howard, 1907	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i> / <i>Bemisia tabaci</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. formosa</i> Gahan 1924	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. hispida</i> De Santis, 1948	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i> / <i>Bemisia tabaci</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. strenua</i> De Santis, 1948	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. bimaculata</i> Heraty y Polaszek, 2000	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>En. quaintancei</i> Howard 1907 s	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Eretmocerus eremicus</i> (Rose & Zolnerovich, 1997)	Hymenoptera: Aphelinidae	Tomate, pimentón	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Amitus fuscipennis</i> MacGown & Nebeker, 1978	Hymenoptera: Platygasteridae	Tomate, pimentón	<i>Trialeurodes</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Signiphora</i> <i>Diadegma insulare</i> (Cresson, 1865)	Hymenoptera: Ichneumonidea	Repollo	<i>Plutella</i> <i>xylostella</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Oenonogastra</i> <i>microrhopalae</i> Ashmead, 1900	Hymenoptera: Brachonidae	Papa, tomate, apio	<i>Liriomyza</i> <i>huidobrensis</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Chrysocharis ignota</i> Hansson, 1987	Hymenoptera: Eulophidae	Papa, tomate, apio	<i>Liriomyza</i> <i>huidobrensis</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Diglyphus isaea</i> (Walker, 1838)	Hymenoptera: Eulophidae	Papa, tomate, lechuga	<i>Liriomyza</i> <i>huidobrensis</i>	Regulador natural, parasitoide
<i>Aphidius colemani</i> (Dalman, 1820)	Hymenoptera: Braconidae	Lechuga, repollo	Áfidos	Regulador natural, parasitoide
<i>Delphastus pusillus</i> (Le Conte)	Coleoptera: Coccinellidae	Pimentón, tomate	<i>Trialeurodes</i> / <i>Bemisia</i>	Regulador natural, depredador
<i>Orius insidiosus</i> (Say, 1832)	Hemiptera: Lygaeidae	Tomate, botón de oro	Trips, <i>Trialeurodes</i> / <i>Bemisia</i>	Regulador natural, depredador

GÉNERO ¹ /ESPECIE	ORDEN/FAMILIA	CULTIVO	INSECTO HOSPEDERO	FUNCIÓN
<i>Nesidiocoris tenuis</i> (Reuter, 1895)	Hemiptera: Miridae	Tomate	<i>Trialeurodes</i> / <i>Bemisia</i>	Regulador natural, depredador
<i>Chrysopa</i> Leach, 1815 <i>Chrysoperla</i> Steinmann, 1964	Neuroptera: Crysopidae	Repollo, lechuga	Áfidos, mosca blanca	Regulador natural, depredador
<i>Geocoris</i> Fallen, 1814 <i>Cycloneda munda</i> (Say, 1835) <i>Cycloneda</i> Crotch	Hemiptera: Lygaeidae Coleoptera: Coccinellidae	Repollo, lechuga Papa, tomate, lechuga	Áfidos, mosca blanca Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador Regulador natural, depredador
<i>Harmonia axyridis</i> Pallas, 1773 <i>Hippodamia</i> <i>tredecimpunctata</i> , Linnaeus, 1758 <i>Hippodamia</i> <i>convergens</i> Guérin- Méneville, 1842	Coleoptera: Coccinellidae Coleoptera: Coccinellidae Coleoptera: Coccinellidae	Papa, tomate, lechuga Papa, tomate, lechuga	Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i> Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador Regulador natural, depredador
<i>Coleomegilla</i> Timberlake 1943	Coleoptera: Coccinellidae	Papa, tomate, lechuga	Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador
<i>Episyrphus balteatus</i> (De Geer, 1776)	Diptera: Sirphidae	Papa, tomate, lechuga Repollo, lechuga, tomate,	Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador
<i>Nabis</i> Latreille, 1802	Hemiptera: Lygaeidae	Repollo, lechuga, tomate, pimiento	<i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador
<i>Aleochara</i> Gravenhorst, 1802	Coleoptera: Sthaphylinidae	Repollo, lechuga, tomate, pimiento	Afidos,	Regulador natural, depredador
<i>Aleochara centralis</i> Sharp, 1883	Coleoptera: Sthaphylinidae	Repollo, lechuga, tomate, pimiento	Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador
<i>Cicindela splendida</i> Hentz	Coleoptera: Carabidae	Repollo, lechuga, tomate, pimiento	Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador
<i>Brachinus</i> Weber, 1801 Arañas (4) <i>Corythalia</i> C.L. Koch, 1850 <i>Gasteracantha</i> (Linnaeus, 1758) <i>Lycosa</i> Latreille, 1804	Coleoptera: Carabidae Araneae: Salticidae Araneae: Araneidae Araneae: Lycosidae Araneae: Salticidae	Repollo, lechuga, tomate, pimiento, café	<i>vaporariorum</i> Afidos, mosca blanca, <i>T.</i> <i>vaporariorum</i>	Regulador natural, depredador Regulador natural, depredador

GÉNERO ¹ /ESPECIE	ORDEN/FAMILIA	CULTIVO	INSECTO HOSPEDERO	FUNCIÓN
<i>Metacyrba</i> F.O.Pickard- Cambridge, 1901				
<i>Aphis mellifera</i> Linnaeus, 1758	Hymenoptera: Aphididae	Tomate, botón de oro, Papa, lechuga	Cultivos diversos (tomate, pimentón)	Regulador, Polinizador
<i>Polybia</i> Lepeletier, 1836	Hymenoptera: Vespidae	Tomate, botón de oro, Papa, lechuga	Cultivos diversos (tomate, pimentón)	Regulador natural, Depredador/poliniza dor
<i>Bombus</i> Latreille, 1802 <i>Melipona</i> Illiger, 1806	Hymenoptera: Apidae	Tomate, botón de oro, Papa, lechuga	(tomate, pimentón)	Regulador, Polinizador
<i>Xylocopa</i> Latreille, 1802	Hymenoptera: Apidae	Tomate, botón de oro, Papa, lechuga	Cultivos diversos (tomate, pimentón)	Regulador, Polinizador
<i>Heterorhabditis</i> <i>bacteriophora</i> Poinar, 1975	Rhabditida: Heterorhabditidae	Papa, tomate, lechuga	<i>Agrotisipsylon</i> , <i>Phyllophaga</i> <i>menetriesii</i> , <i>P.</i> <i>chiriquina</i>	Regulador natural, Nemátodo entomopatógeno
<i>Megalomyrmex</i> Forel, 1885	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Pheidole</i> Westwood, 1839	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Crematogaster</i> Lund, 1831	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Cephalotes</i> Latreille, 1802	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Paratrechina</i> Motschulsky, 1863	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Wasmannia</i> Forel, 1893	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Solenopsis</i> Westwood, 1840	Hymenoptera: Formicidae	Café	Trampa de azúcar	Regulador natural, depredador
<i>Trichoderma</i> Persoon, 1801 (2)	Hypocreales: Hypocreacea	Café	Grano de café en el suelo	Regulador natural, Microorganismo antagonista
<i>Purpureocillium</i> <i>lilacinus</i> (Thom) Luangsa-ard, Hou- braken, Hywel-Jones & Samson (2011)	Hypocreales:Cordycipitaceae	Café	<i>Hypothenemus</i> <i>hampei</i>	Regulador natural, Microorganismo benéfico
<i>Cordyceps javanica</i> (Frieder. & Bally) Samson & Hywel- Jones, 2017	Hypocreales:Cordycipitaceae	Tomate	<i>T. vaporariorum</i>	Regulador natural, Microorganismo entomopatógeno

GÉNERO ^{1/} /ESPECIE	ORDEN/FAMILIA	CULTIVO	INSECTO HOSPEDERO	FUNCIÓN
<i>Beauveria bassiana</i> (18) (Bals.-Criv.) Vuill.	Hypocreales:Clavicipitae	Café	<i>H.hampei</i>	Regulador natural, Microorganismo entomopatógeno
<i>Akanthomyces lecanii</i> (Zimm.) Spatafora, Kepler & B.Shrestha, 2017 (13)	Hypocreales:Cordycipitaceae	Café Guayaba <i>Psidium</i> guajava	<i>Soros de</i> <i>Hemileia</i> <i>vastatrix</i>	Regulador natural, Microorganismo entomopatógeno
<i>Aschersonia aleyrodi</i> Webber, 1897	Hypocreales:Clavicipitae	Linnaeus, 1728	Mosca blanca	Regulador natural, Microorganismo entomopatógeno

^{1/} Los géneros *Encarsia* y *Eretmocerus* en su mención por segunda vez, se utiliza la segunda letra del género: *Er.* para *Eretmocerus* y *En.:* para *Encarsia*, como criterio de diferenciación en el escrito. (ver edición especial Crop Protection 2001, Volumen 20, (9), 779-799).

5.4 Evaluación y selección de reguladores naturales

5.4.1 Potencial biótico de la plaga *Trialeurodes vaporariorum* - Parámetros demográficos

Al evaluar los parámetros demográficos de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* en las condiciones de las tierras altas de Chiriquí; se observó que los cultivos fueron aceptados, entendiendo que por definición, la aceptación de la planta hospedante ocurre cuando tiene lugar la oviposición o la alimentación sostenida (Schoonhoven, van Loon, y Marcel Dicke, 2005) Por otra parte, fue notorio en adultos de *T. vaporariorum* sobre plantas de pimentón y papa utilizaban más tiempo parados o caminando pero sin alimentarse que cuando estaban sobre plantas de tomate. Este comportamiento puede ser explicado debido a que las especies de plantas, órganos y tejidos difieren tanto en sus propiedades nutricionales como en la química defensiva desplegada como disuasivos de herbívoros y han desarrollado varias vías metabólicas que producen una colección de metabolitos secundarios que evitan o reducen la herbivoría (Schoonhoven et al., 2005). Por otra parte, se ha reportado que los valores de la tasa crecimiento poblacional (*rm*) disminuyen según la gradiente de aceptación (Kakimoto et al., 2007), lo cual sugiere que en este estudio la planta hospedera más adecuada para la *T. vaporariorum* fue la planta de tomate.

En el cuadro 10 se presenta el tiempo promedio de desarrollo de la fase de huevo, y fase de ninfa y fase de adulto de *T. vaporariorum*, en los cultivares de papa y tomate seleccionados. Los datos

sugieren una fuerte resistencia de la planta de papa (antixenosis), posiblemente por factores presentes en las capas superficiales de la epidermis y/o en tejidos del mesófilo (Lei et al., 1999). Estos factores de resistencia en la superficie de la hoja pueden ser físicos, químicos o ambos.

Cuadro 10. Parámetros reproductivos de la mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* en dos especies de planta hospedera. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá

Desarrollo	Papa cv. Puren	Tomate cv. Tropic
	Desarrollo (en días)	
50% desarrollo de N1	15.26 a	9.87b
50% N1 a 50% N2	6.13 a	5.89 a
50% N2 a 50% de N3	6.02 a	3.45 b
50% N3 a 50% de N4	4.39 a	4.77 a
50% N4 a 50% de pupa	4.45 a	3.46 b
50% pupa a 50% adulto	5.34 a	5.66 a
Desarrollo Total (días)	41.83 a	33.09 b

¹Valores seguidos de letras distintas en la misma fila, son estadísticamente diferentes LSD (P>0,05). Fuente: González et al 2018a (Anexo 3.4).

Los datos que se presentan en el cuadro 10, indican que *T. vaporariorum* tuvo un desarrollo lento en papa variedad Puren, principalmente debido a la duración del primero y segundo estado ninfal. Estos resultados concuerdan con Coudriet, Prabhaker, Kishaba, y Meyerdirk (1985), Manzano (2001), De Vis (2001), quienes indicaron que el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* es influenciado por el cultivo hospedero. Esta tendencia de desempeño de acuerdo a la planta hospedera, donde se observa variaciones de acuerdo a la temperatura y planta hospedera ha sido reportada por diferentes autores (Cuadro 11).

El resultado de este experimento en cuanto al tiempo de desarrollo de inmaduros (preimaginal) fue de 33.09 días a una temperatura promedio de 20.8°C, fue comparado con los de Eijsackers (1969), Huang (1988), Yano (1989), Dorsman y Van De Vrie (1987), quienes realizaron estudios similares en tomate a 20°C y obtuvieron respectivamente 31.6; 33.10; 40.7 y 33.39 similares a los obtenidos en este experimento.

Cuadro 11. Desarrollo de estadios preimaginal (días) de *Trialeurodes vaporariorum* en tomate y papa. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá

Planta Hospedera	Cultivar	Referencia	Desarrollo	
			Inmaduros Total (días)	Temp °C
Tomate	Moneydor	Eijsackers, 1969	31.60	20
Tomate	Vesuvius	Huang, 1988	33.10	20
Tomate	-	Yano, 1989	40.70	20
Tomate	-	Yano, 1989	49.30	20
Tomate	Tropic	Osborne, 1982	24.30	24
Tomate	Moneymaker	Van Sas, 1978	27.20	25
Tomate	Moneymaker	Dorsman y van de Vrie, 1987	33.39	20
Tomate	Moneymaker	Dorsman y van de Vrie, 1987	21.01	25
Tomate	Moneymaker	González, 2005	24.23	22
Tomate	Hyslip	González, 2005	24.86	22
Tomate	Tropic	Este estudio	33.09	20.8
Papa	-	Boiteau y Singh, 1988	23.08	26
Papa	Papa silvestre	Boiteau y Singh, 1988	21.38	26
Papa	Puren	Este estudio	41.83	20.8

Fuente: Elaboración propia en base compilación de van Roermund y Lenteren, 1992. Fuente: González et al., 2018a (Anexo 3.4).

5.4.2 Parasitoidismo de *Eretmocerus eremicus* y *Trialeurodes vaporariorum* en pimentón y tomate

El tamaño del parasitoide, medido por la longitud de la tibia posterior, se correlacionó con el tamaño de las pupas del huésped como un indicador de aptitud. No se encontró ningún efecto significativo de cultivar en la longevidad de los parasitoides emergidos, en la tasa de emergencia y en la mortalidad de inmaduros. Sin embargo, las plantas hospederas influyeron en el tiempo de desarrollo (días) y la proporción de sexos de los parasitoides. *T. vaporariorum* fue un hospedero igualmente adecuado para especímenes de *Er. eremicus* alimentándose del tomate cv. Moneymaker y el pimentón dulce cv. Goldenwonder como planta huésped.

Los resultados de este experimento se detallan en González et al. (2018a) (Anexo 3.5), y expresan las interacciones entre no sólo dos niveles tróficos; las plantas y el herbívoro, sino que se incluye la interacción del tercer nivel trófico; el de los reguladores naturales de los herbívoros, como son los parasitoides. La preferencia es un comportamiento no aleatorio, de elección diferenciada de plantas para la oviposición por parte de las hembras. Cubre una fase de

descubrimiento del huésped y una fase de reconocimiento o discriminación (Schoonhoven et al., 2005; Visser, 1988).

El tiempo de desarrollo de los parasitoides machos inmaduros varió significativamente para los cultivares probados. Los machos obtenidos del pimentón cv. Goldenwonder tuvieron el tiempo de desarrollo más largo. El período de desarrollo promedio de machos y hembras de diferentes cultivares fue de 22,09 d, 22,64 d y 23,82 d para pimentón cv. Goldenwonder, tomate cv. Moneymaker y pimentón dulce cv. Yelowonder, respectivamente, y las diferencias entre cultivares fueron significativas ($P < 0,05$) (Cuadro 10). Las avispas que emergieron de los huéspedes que se alimentan del pimentón dulce cv. Yelowonder tardaron más de un día más en completar el desarrollo que las avispas que emergieron de los insectos hospedados en pimentón dulce cv. Goldenwonder y tomate cv. Moneymaker.

Parámetros básicos de la historia de vida y parámetros demográficos de *Er. eremicus* se muestran en los cuadros 11 y 12. El insecto *T. vaporariorum* como hospedero alimentándose sobre las plantas de tomate cv. Moneymaker y el pimentón cv. Goldenwonder como planta huésped fue un hospedero igualmente adecuado para *Er. eremicus*. Sin embargo, al comparar entre si los cultivares de pimentón, *Er. eremicus* se desarrolló más rápido, tuvo una menor mortalidad en estado inmaduro y una mayor longevidad en moscas blancas en el pimentón cv. Goldenwonder que en el cv. Yelowonder. La proporción de sexos fue significativamente diferente para ambas especies de cultivares de pimentón ($\chi^2 = 0,84$; $P < 0,05$).

Cuadro 12. Parámetros de historia de vida de *Eretmocerus eremicus* al desarrollarse en diferentes plantas hospederas. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá

Parámetro	Tomate cv. Moneymaker	Pimentón cv. Yelowonder	Pimentón cv. Goldenwonder
Tasa de Emergencia (%)	81.3 a	77.8 a	71.9 a
Mortalidad inmadura (%)	18.6 a	22.1 a	19.6 a
Proporción de sexos (machos: hembras)	0.41 a	0.31 b	0.31 b

^LPromedios seguidos de la misma letra en una misma fila indican que no hay diferencias significativas entre planta donde se alimentó el hospedero del parasitoide, LSD ($P > 0,05$). Fuente: González et al., 2020a (Anexo 3.5).

Los datos publicados sobre la tasa intrínseca de crecimiento de *Er. eremicus* alimentándose de *T. vaporariorum* en tomate y pimentón son extremadamente variados (Vet et al., 1980). Las cifras reportadas en este estudio (Cuadro 6) son comparables dentro del rango reportado por Koopert (2002) trabajando a 25 °C en *Er. mundus* y *B. tabaci* como hospederos, quien reporta una r_m de 0,192 para tomate y 0,198 para pimentón, con tasas de supervivencia de 73 % y 64%, respectivamente. En nuestro estudio encontramos valores menores para la r_m (0,142) para tomate y [0,131 (cv. Yolowonder) 0,131 (cv. Goldenwonder)] pimentón con tasas de supervivencia del 81.3% para tomate cv. Moneymaker, y 77.8 % para pimentón dulce cv. Yolowonder y 71.9 % para pimentón dulce cv. Goldenwonder.

Cuadro 13. Parámetros demográficos de *Eretmocerus eremicus* en tomate y pimentón como plantas alimenticias hospederas. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá

Parámetro	Tomate cv. Moneymaker	Pimentón cv. Yolowonder	Pimentón cv. Goldenwonder
Ro = reproducción neta	43.82	43.13	36.55
T = tiempo generacional	27.64	27.09	28.82
r_m = Tasa intrínseca de crecimiento	0.142	0.133	0.130

Fuente: González et al., 2020a (Anexo 3.5).

Los resultados del estudio sobre interacciones tritróficas indican que el pimentón como planta hospedante afectó levemente algunos de los parámetros del ciclo de vida del parasitoide *Er. eremicus*, sin embargo, la planta hospedante no influyó en el desarrollo poblacional del parasitoide, así como en el tamaño de la tibia trasera de los parasitoides que emergen de *T. vaporariorum* (Cuadro 13). Estos resultados concuerdan con las conclusiones reportadas por otros autores (vanLenteren y Noldus, 1990; Thomas, 1993; Shah y Liu, 2013) sobre la calidad del hospedador del pimentón sobre *T. vaporariorum*.

En cuanto a los parámetros de aptitud, este estudio demostró que el tamaño de la ninfa de *T. vaporariorum* no varió cuando se alimenta del pimentón o tomate, lo cual coincide con los resultados encontrados por Greenberg, Jones, y Liu (2002). Esta podría ser la razón por la que no hubo influencia sobre la longitud de la tibia trasera de los parasitoides y por qué *T. vaporariorum* fue un hospedero adecuado para *Er. Eremicus* alimentándose en cultivares de tomate cv. Moneymaker y el pimentón cv. Goldenwonder.

Cuadro 14. Efecto de la planta hospedera de *Trialeurodes vaporariorum* sobre el largo de la tibia de *Eretmocerus eremicus*. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá

Planta hospedera	Promedio ± EE^{1/} (mm)	N	cv. (%)	Min	Max
Tomate - cv. Moneymaker	0.241 ±0.002 a	70	0.97	0.20	0.28
Pimentón -cv. Goldenwonder	0.245 ±0.003 a	36	1.25	0.20	0.27
Pimentón-cv. Yelowonder	0,247 ±0.003 a	19	1.19	0.23	0.26

^{1/}Promedios con una misma letra dentro de la columna, indican que no hay diferencias significativas. LSD (P>0.05). Fuente: González et al., 2020a (Anexo 3.5).

La correlación positiva significativa entre la longitud de la tibia y la proporción de pupario concuerda con aquellos estudios en los que el tamaño por sí solo fue un predictor significativo de longevidad (Hooker et al., 1987) en el parásito eulófido estudiado. Sagarra, Vincent, y Stewart (2001), encontraron en condiciones de laboratorio que el tamaño del parasitoide, medido por la longitud de la tibia trasera izquierda, se correlacionó positivamente con varios indicadores de la aptitud del parasitoide (longevidad, preferencia de apareamiento, fecundidad, longevidad reproductiva, emergencia de la progenie y proporción de sexos).

Por otro lado, en este estudio se encontró un fuerte sesgo sexual femenino en la descendencia parasitoide en cultivares de pimentón. Esto concuerda con el informe de Islam y Copland (1997) sobre que la proporción de parasitoides masculinos disminuyó con el aumento del tamaño del hospedero. Los datos biológicos indican la manipulación materna de la proporción de sexos de la descendencia de las avispas parasitoides en respuesta al tamaño del huésped. A partir de esto, se puede predecir que una mayor proporción de hembras se ubicarán en hospederas grandes (King, 1989). Sin embargo, la alta mortalidad experimentada por el huésped en la planta de pimentón podría enmascarar la proporción de sexos de la descendencia. Los estudios experimentales han demostrado que, para los parasitoides himenópteros, el tamaño del huésped en el momento de la oviposición es a menudo un indicador confiable de la idoneidad del huésped para el desarrollo del parasitoide (Visser 1994; Sagarra et al., 2001).

A pesar de la diferencia encontrada en los parámetros de la historia de vida, la tasa intrínseca de crecimiento para *Er. eremicus* que se desarrolló en ninfas de *T. vaporariorum* que se alimentaban de tomate y pimentón, fue aún mayor que el de su insecto hospedero (González et al., 2018a). Un buen control de la mosca blanca en el pimentón puede ser posible porque esta es

una planta hospedera pobre para la mosca blanca (tanto para ninfas como adultas) sin embargo, las condiciones para el parasitoide son favorables ya que las hojas son glabras y la avispa apenas se ve obstaculizada por impedimentos de la estructura vegetal (vanLenteren et al., 1977). Aunque con hojas lisas, sin tricomas, el margen de la ninfa se adhiere bien a la superficie de la hoja, lo que dificulta que las avispas ovipositen debajo de la ninfa (Headrick et al., 1996; De Barro et al., 2000; De Barro, Hart, y Morton (2000b); Cetintas y McAuslane, 2009). La información puede ser útil para el desarrollo de estrategias de cría de parasitoides de mosca blanca y el control biológico de las especies de mosca blanca utilizando *Eretmocerus*.

5.4.3 Parasitoidismo de *Diadegma insulare* sobre *Plutella xylostella* en repollo

Se identificó el parasitoide *D. insulare* perteneciente al Orden Hymenoptera, Familia Ichneumonidae. Este parasitoide es nativo de Centroamérica y está reportado como uno de los parasitoides más importantes de la PDD en la región (Cortez-Mondaca y Macías-Cervantes, 2007; Jiménez-Martínez y Rodríguez-Flores, 2014). Se recuperaron 48 especímenes de *D. insulare* de 213 larvas de *P. xylostella* colectadas, con un nivel de parasitoidismo que varió de 0 a 33 %, con un promedio de 10.8 %. De acuerdo a Monnerat, Kirk y Bordat (2002), *D. insulare* puede alcanzar porcentajes de parasitismo de 62 a 82% mientras que Cortez-Mondaca y Macías-Cervantes (2007) reportan cifras de parasitoidismo por el orden de e 25.0 a 80% (promedio 49.5%). En este estudio, una vez se suspendieron las aplicaciones de agroquímicos plaguicidas, se inició un aumento de la población del parasitoide lo cual influye directamente sobre la población de la PDD (Figura 5).

Al analizar el efecto del cultivar sobre defoliación se encontró que hubo correlación positiva entre el porcentaje de defoliación y porcentaje de parasitoidismo ($r=0.86$), lo que sugiere que los cultivares pueden promover, ya sea constitutivamente o por inducción, la acción efectiva de los carnívoros que atacan a los herbívoros y, por lo tanto, desarrollan una protección indirecta (Schoonhoven, 2005; Dicke, 1999b).

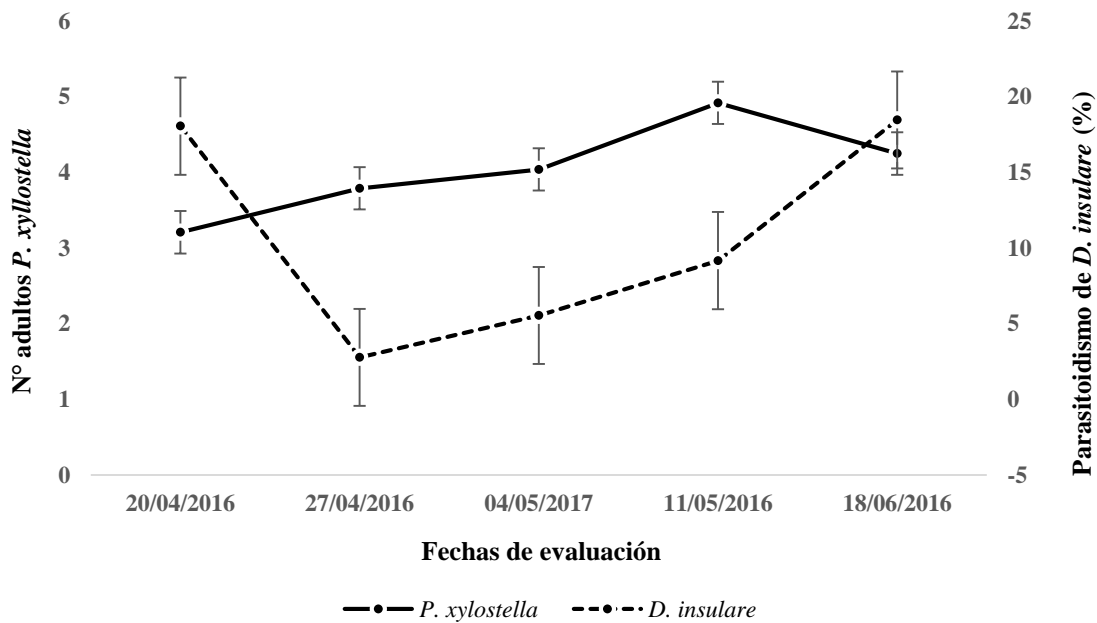


Figura 5. Fluctuación poblacional de *Plutella xylostella* y parasitoidismo por *Diadegma insulare*. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP. República de Panamá.

Los mayores grados de defoliación por PDD se observaron en los cultivares Astrus Plus y Tropicana, durante el periodo evaluado, mientras que los cultivares Anphion y Queen fueron las menos afectadas (Figura 6). Los resultados obtenidos describen el mosaico de interacciones entre los cuatro cultivares de repollo, sus consumidores asociados: el herbívoro (PDD) y el parasitoide (*D. insulare*). Este mosaico sugiere posibles estrategias defensivas de estos cultivares, en consecuencia, los cambios constitutivos e inducidos por herbívoros en la química de las plantas actúan en conjunto y afectan la respuesta inmune de los insectos plaga al parasitismo (Bukovinszky et al., 2009), produciendo probablemente una "tolerancia sobresaliente" en los cultivares Anphion y Queen; mientras que Tropicana podría ser catalogada con intermedia y Astro Plus como baja.

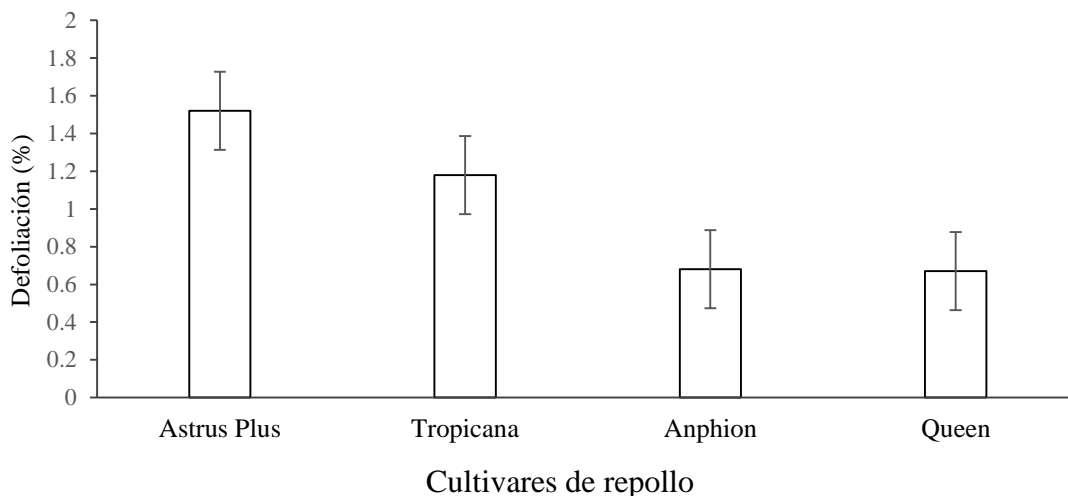


Figura 6. Defoliación promedio por *Plutella xylostella* en cultivares de repollo. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá.

Adicionalmente, se detectó la respuesta de la interacción trófica entre los cultivares en cuanto a su interacción con el segundo nivel trófico. Se encontró que la posible tolerancia de los cultivares de repollo, mediante un efecto negativo sobre la densidad/defoliación del herbívoro PDD (Figura 8). En este sentido existe estudios experimentales que demuestran que la resistencia de las plantas afecta de manera negativa el desempeño, la preferencia y por ende la adecuación de los herbívoros (Garrido y Fornoni, 2006).

La mayor densidad de PDD fue encontrada en las plantas con "tolerancia intermedia" -Queen y Anphion-, lo que confirmó la presencia de un efecto negativo de esta característica/expresión de la planta sobre la preferencia, escogencia y sobrevivencia de PDD (Garrido y Fornoni, 2006). Esto también nos sugiere, por una parte, que la tolerancia podría estar asociada a un incremento en la calidad nutricional en la planta para el herbívoro y por otra la presencia de grados de respuesta o categorías defensivas de los cultivares evaluados (Schoonhoven et al., 2005).

El porcentaje promedio de parasitoidismo sobre PDD varió de manera significativa ($p < 0.05$) para cultivar Astro Plus, definido en este estudio con estrategias defensivas como tolerancia baja (Figura 7), sin embargo el cultivar Tropicana considerado con tolerancia intermedia no difirió de los cultivares Anphion y Queen, de tolerancia sobresaliente, lo cual sugiere que los parasitoides probablemente respondieron de manera positiva a la densidad de los herbívoros y a otros factores que no fueron evaluados en este estudio, como la emisión de compuestos

químicos (volátiles) que producen las plantas para atraer a los reguladores naturales/depredadores (Vet y Dicke, 1992; Agrawal, Vala, y Sabelis, 2002). No está claro por qué PDD fue más atraída por Astro Plus y Tropicana que por Anphion y Queen. Se informa que PDD se siente atraída por las crucíferas que contienen estimulantes químicos (Talekar y Shelton, 1993) para la alimentación (por ejemplo, glucósidos) y la oviposición (por ejemplo, glucosinolatos que contienen azufre). Es posible que el cultivar Astro Plus pueda contener niveles más altos de esos productos químicos volátiles que los otros cultivares evaluados.

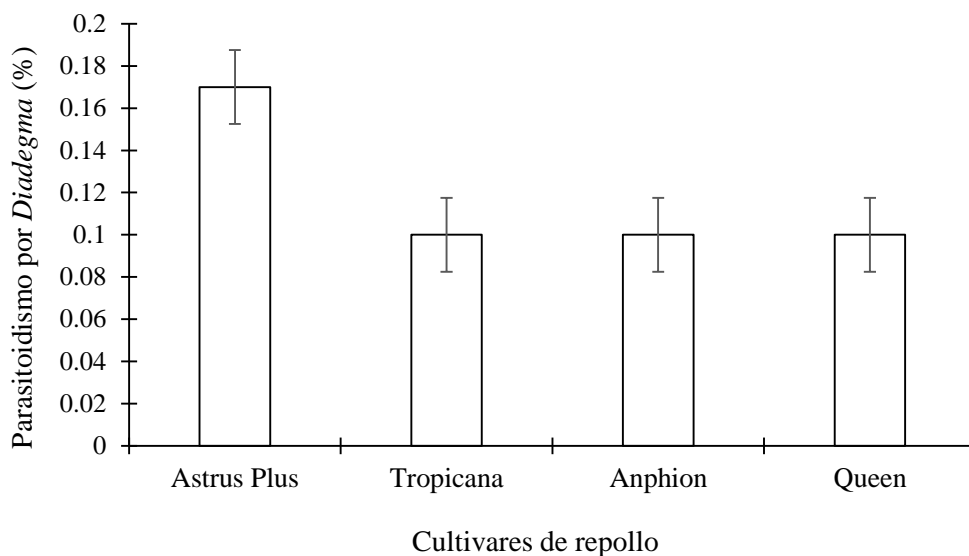


Figura 7. Porcentaje de parasitoidismo de *Diadegma insulare* sobre *Plutella xylostella* por cultivares de repollo. Estación Experimental de Cerro Punta, IDIAP, República de Panamá.

De los posibles efectos multidireccionales que operan en estas interacciones, se encontró evidencia que ambos factores podrían actuar de manera simultánea en esta población de DBM, lo cual es consistente con lo propuesto por Forkner y Hunter (2000), Denno et al. (2002), y Gratton y Denno (2003).

5.4.4 Potencial patogénico de cepas nativas de *Beauveria bassiana* y *Cordyceps javanica* sobre *Tuta absoluta* en tomate e *Hypothenemus hampei* en café

Los aislados DBb1350 y DBb1405 de *B. bassiana* mostraron el mayor porcentaje de mortalidad de larvas (74.7 y 80 %) el día 6 pos-inoculación, logrando el 98 y 94 % el día 8. Este grado de mortalidad se mantuvo hasta el final del ensayo y sus curvas de mortalidad a través del tiempo fue diferente ($P=0.002$) a la producida por los aislados DBb1388 y DCj006 con las que se

alcanzaron respectivamente 86 % y 82 % de mortalidad a los 15 días pos-inoculación (Figura 8).

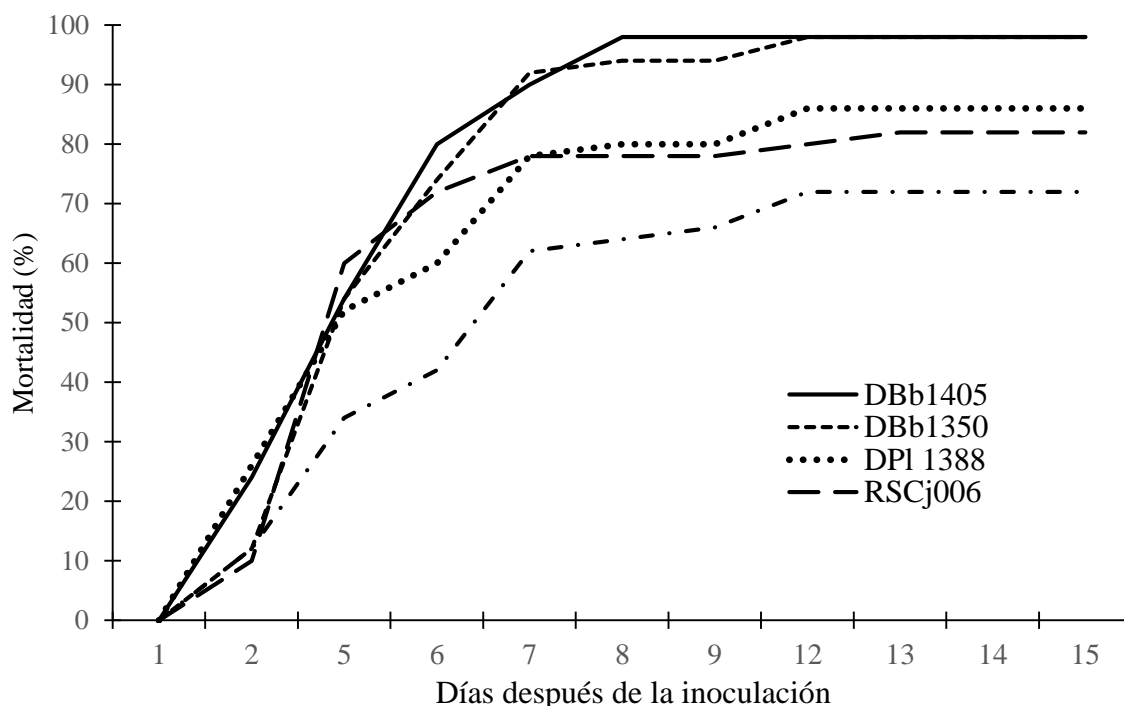


Figura 8. Mortalidad y TL50 de aislados de hongos entomopatógenos nativos sobre *Tuta absoluta*. Laboratorio de Entomología, IDIAP, República de Panamá.

Adicional, los tiempos letales medios (TL50) correspondieron a 3.02 días para DBb1405, 3.42 días para DBb1350; 3.94 días para DBb1388; 4.09 días para el aislado DCj006 y 5.77 días para RSBb098.

Se determinó la patogenicidad de los aislados de HEP evaluados sobre *H. hampei*. El 60% de los aislados provocó mortalidad superior a 70% (Cuadro 14). Con base en la mortalidad de adultos de *H. hampei* evaluados a los 15 días después de la inoculación, se determinó que los mejores tratamientos fueron RS-Ij006, D-Bb1400, D-Bb1398, D-Bb1350, D-Bb1402, D-Bb1405 y D-PI1388 con promedios respectivos de 100 %, 100 %, 98.9 %, 93.3%, 86.7%, 83.3% y 80.0%, lo cual demostró la presencia de aislados más eficaces que otros.

Al evaluar el Tiempo Letal Medio (TL₅₀), se observó que el aislado D-PI 1388 causó el 50% de mortalidad en menor tiempo, 3.52 días; seguido por los aislados DCj006 con 3.98, D-Bb1350

con 6.58 días; D-Bb1400 con 7.86 días y D-Bb1398 con 8.43 días. Los demás aislados requirieron de un tiempo de 11 días o más para eliminar el 50% de la población (Cuadro 14).

Cuadro 15. Mortalidad, TL₅₀ y TG₅₀ de los aislados de hongos entomopatógenos afectando insectos de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Laboratorio de Entomología, IDIAP, República de Panamá

Aislado	Mortalidad (% a los 15 días)	TL ₅₀ (días)	TG ₅₀ (horas)
RS-Cj006	100.00	3.98	9.45
D-PI 1388	80.00	3.52	9.38
D-Bb1350	93.30	6.58	14.12
D-Bb1391	63.30	11.61	14.75
D-Bb1392	40.00	17.29	14.72
D-Bb1395	43.30	18.49	14.68
D-Bb1397	53.30	15.05	14.71
D-Bb1398	98.90	8.43	14.05
D-Bb1399	66.70	11.93	14.74
D-Bb1400	100.00	7.86	13.99
D-Bb1402	86.70	11.38	14.01
D-Bb1405	83.30	11.57	14.03
D-Bb1406	70.00	11.73	14.68
D-Bb1412	50.00	16.10	14.74

La velocidad de germinación es otra característica importante de un HEP y según Shah, Whang, y Butt (2005), es una de las determinantes de virulencia más reportadas; en este estudio se encontró que los aislados evaluados registraron un Tiempo Medio de Germinación (TG₅₀) de 9.45 y 14.75 horas; de acuerdo a esta característica, los aislados se clasificaron en tres grupos: TG₅₀ corto, intermedio y largo. El aislado RS-Ij006 presentó un TG₅₀ corto (9.45 horas); los aislados considerados intermedios (D-Bb1400, D-Bb1402, D-Bb1405, D-Bb1398, D-Bb1350) oscilaron entre 13.99 y 14.12 horas y los más lentos variaron entre 14.68 a 14.75 horas. Los valores de TG₅₀ que se reportan en este estudio son similares a los reportados por Díaz y Leucona (1995) con aislados de *Beauveria* colectados en diferentes regiones de Argentina, los cuales oscilaron entre 12h 10 min y 20h 04 min. Por otra parte, Montesinos, Viniegra, Alatorre, Gallardo, y Loera (2011), indican que, una germinación lenta hace a los HEP más sensibles a las variaciones ambientales, mientras que una rápida germinación les confiere mayor probabilidad de éxito en campo.

5.5 Manejo agroecológico de la broca del café *Hypothenemus hampei*

Captura de H. hampei en trampas artesanales

Como resultado de la colocación de trampas artesanales en la parcela experimental, las mayores capturas de adultos de la broca del café, se observaron los meses de abril y mayo (Figura 9), en los tres años de evaluación de este parámetro, a partir de abril de 2016. Se observa una importante disminución de las brocas capturadas en el mes de máxima captura (mayo) de cada uno de los años subsiguientes. Así, al comparar la cantidad capturada en mayo de 2016 (1566 brocas) con el número de brocas capturadas en mayo de 2018 (169), se produjo una disminución del 89.21 %.

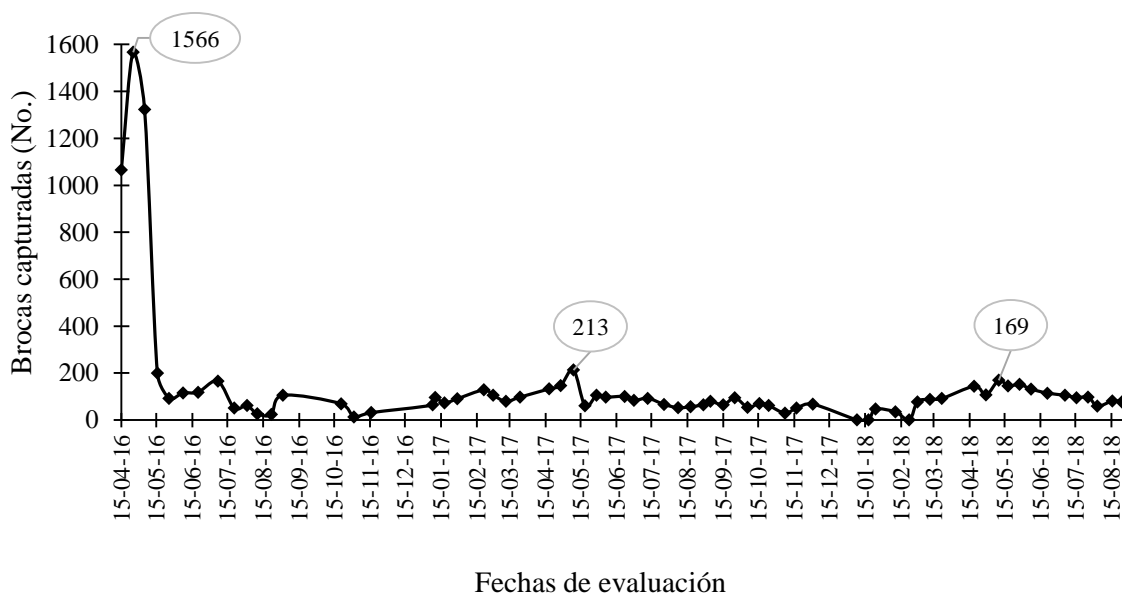


Figura 9. Cantidad de brocas capturadas en trampas artesanales. Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé. República de Panamá.

La disminución de la cantidad de brocas capturadas en trampas es indicativa de que al capturar las brocas se evita su reproducción y se reduce el potencial de daño causado considerando la fertilidad de la broca que puede alcanzar hasta 119 progenies por hembra (Damon, 2000). Por otra parte, la captura de una menor cantidad de brocas expresa el efecto del conjunto de prácticas implementadas tendientes a su manejo ecológico.

Mortalidad de broca en campo por Beauveria bassiana

El análisis estadístico de la variable mortalidad mostró diferencias significativas entre tratamientos de los aislados comparados con el testigo ($p < 0.0001$), siendo el promedio de tratamientos ligeramente a favor de D-Bb1400 con 55.31% seguido por D-Bb1350 con 54.76% aunque sin ser estadísticamente diferentes entre sí (Figura 10).

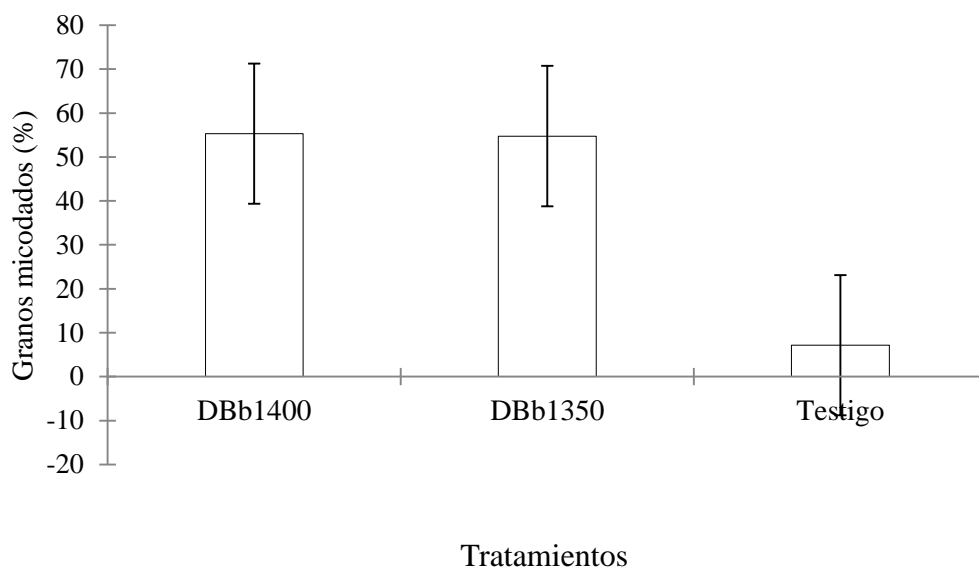


Figura 10. Promedio de granos micodados por aislados de *B. bassiana*. Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè. República de Panamá.

Por otra parte, no se encontraron diferencias ($p < 0.05$) al comparar las medias de infección durante las fechas de la evaluación, los resultados (Figura 11), muestran que el porcentaje de infección de *H. hampei* producido por ambos aislados de *Beauveria* (D-Bb1400 y D-Bb1350) se incrementó paulatinamente hasta alcanzar un "plateau" que se mantuvo fluctuando de 49.8% a 55.6% de granos micelados. Estos valores son consistentes con los rangos reportados por diferentes autores (Sampedro, Villanueva, y Rosas, 2008; Avila, 2010). Bustillo (1991) en Colombia, reporta 36% de infección en promedio luego de una aspersión; 48.1% con tres aspersiones y 69% en promedio luego de seis. Cárdenas et al. (2007), utilizando una mezcla de cepas con baja virulencia, encontraron 66.6% de infección y con una cepa de *B. bassiana*, reportan 53.1% de infección. Por otra parte, Sampedro, Villanueva-Arce, y Rosas-Acevedo (2008) y Ávila (2010), reportan que la infección por *B. bassiana* después de tres aspersiones, se

incrementó hasta alcanzar un promedio de 24.71% en el primer año evaluado y de 43% en el segundo.

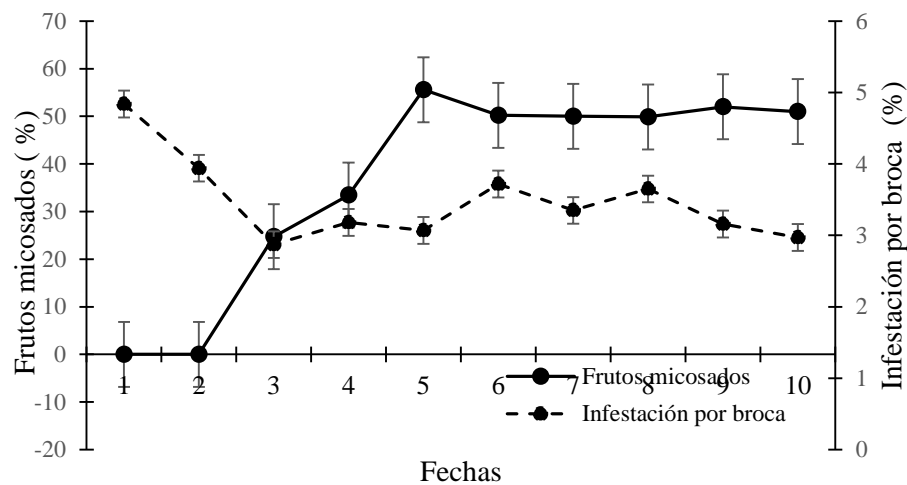


Figura 11. Porcentaje de infestación por *Hypothenemus hampei* y porcentaje de granos micelados. Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè. República de Panamá.

Se registró una disminución de la infestación por *H. hampei* de 4.84 % al inicio del experimento a 2.97 % al final de este. Nótese que, similar al porcentaje de granos micelados, en el caso de la infestación disminuye 40.70 % entre la primera y tercera lecturas, para posteriormente mantenerse fluctuando en un rango de 2.97 a 3.72 %.

En términos generales se encontró que se puede inducir infección por *B. bassiana* y que los niveles son más altos a medida que se hacen más aspersiones. Ambos aislados, pueden ser utilizadas para reducir las poblaciones de la broca en el cafetal, los resultados obtenidos en este experimento, con aislados colectados en el mismo cafetal, posiblemente favoreció su acción en campo durante el período de ensayo *B. bassiana* no tiene un efecto controlador instantáneo, sino que lo ejerce en el tiempo al reducir las poblaciones de la broca y luego mantenerlas con bajos porcentajes de infestación.

Monitoreo de la infestación por *Hypothenemus hampei* en Cerro Tula.

Al registrar durante cinco años el porcentaje de infestación por la broca (Figura 12), en la parcela experimental, este se redujo significativamente ($p < 0.001$) al pasar, en el periodo de agosto-diciembre de 2015, de un promedio de 16.3 % a 2.5 % para el mismo periodo en el año 2019,

lo cual significa una disminución de 84.66 %, mientras que, en la parcela testigo, se registró una disminución de 23.7 % en el mismo periodo, pasando de 15.7 % a 12 %.

La disminución de la infestación en la parcela experimental y la estabilidad de la misma por debajo del 5 % en los cuatro años se debió al efecto sinérgico de cuatro prácticas tecnológicas directamente vinculadas a la población de *H. hampei* en el cafetal: trampas de captura, aplicación de aislados nativos de *B. bassiana*, eliminación de granos brocados mediante colecta manual, eliminación de los granos en los árboles después de la cosecha y recolección de los granos de café en el suelo.

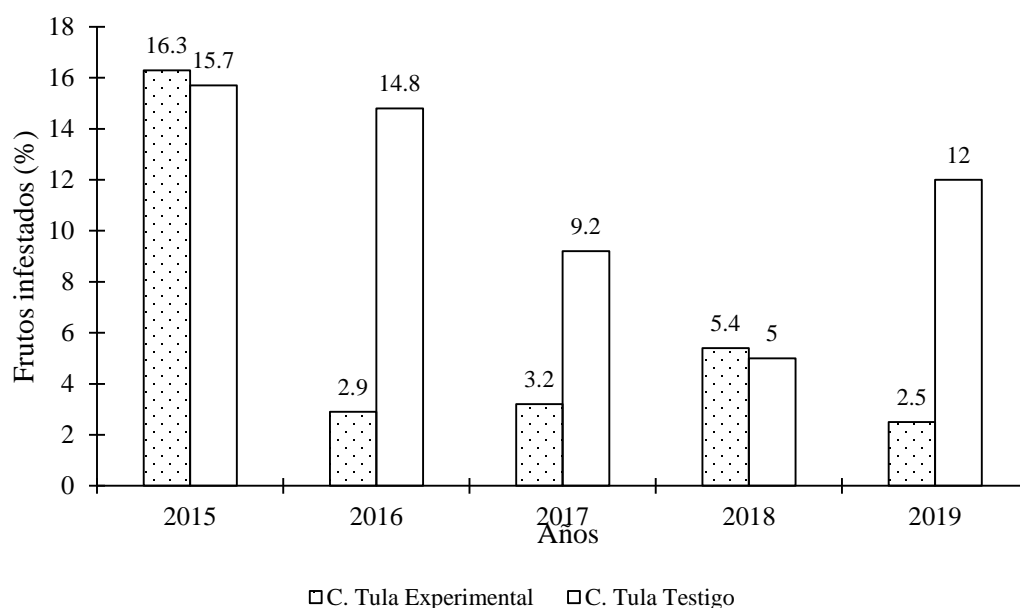


Figura 12. Porcentaje de infestación por broca del café (*Hypothenemus hampei*). Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè. República de Panamá.

Por otra parte, la disminución de la infestación en la parcela testigo se debió entre otras posibles causas, a que el productor al ver que algunas prácticas que se aplicaban en la parcela experimental disminuían la infestación decidió aplicarlas en todo su cafetal. Este es el caso de las trampas de captura que el productor implementó a partir del segundo año en la parcela testigo y en otras áreas cultivadas con café en su sistema.

Efecto del manejo agroecológico del cultivo en la cosecha de café

En cuanto a la cosecha registrada desde el año 2015 y las registradas posteriores a la implementación de prácticas de manejo de la broca, los resultados se observan en la figura 13.

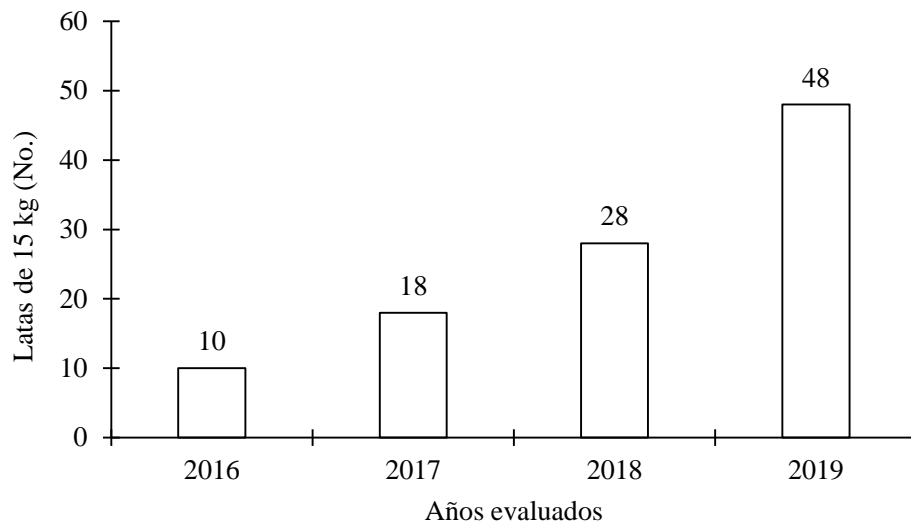


Figura 13. Cosecha de café (Latas de café pergamino) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè. República de Panamá.

El productor cosecha el café utilizando principalmente mano de obra familiar, realiza el despulpado utilizando una despulpadora manual, lo fermenta y seca para obtener el café pergamino que lo vende a cooperativas cafetaleras en unidades de medida de 15 kg, conocidas como 'lata'. Después de una reducción significativa de sus rendimientos por daños ocasionados por la broca, el productor logró cosechar 10 latas (150 kg) de café pergamino en 2016. Con la disminución de la infestación de *H. hampei* y la aplicación de otras prácticas de manejo del cultivo como: regulación de la sombra, producción de abono de lombriz a base de los residuos de cosecha y otros desechos vegetales, podas sanitarias y de recuperación y conservación del suelo, la cosecha de café en el año 2019 fue de 48 latas (720 kg) de café pergamino. Esto significó un incremento de 570 kg o 380 % de su rendimiento. Considerando el precio promedio de venta en 27.00 USD/lata de 15 kg, el incremento de los rendimientos representó un ingreso bruto adicional de 1026.00 USD, lo que representó en el año el 60 % de su ingreso familiar bruto.

VI. CONCLUSIONES

Se tipificaron cuatro sistemas productivos característicos de la Región Occidental de Panamá, siendo estos el convencional (SC), el convencional modificado (SCM) el orgánico (SO) y el orgánico ecológico (SOE).

Se identificaron y consensuaron con los productores 10 factores críticos que afectan el desempeño de sus sistemas productivos, de los cuales cuatro afectan directamente su dimensión tecnológico-productiva: plagas de los cultivos, pérdida de suelo, contaminación de acuíferos y uso excesivo de plaguicidas.

Los sistemas tipificados (SOE, SO, SCM y SC) se diferencian en cuanto a sus indicadores de calidad de suelo y biodiversidad, siendo que los sistemas con manejo orgánico y agroecológico son más biodiversos y con mejor calidad de suelos, por lo cual presentan condiciones favorables para procesos de reconversión basados en el restablecimiento de las funciones ecológicas para aprovechamiento de los servicios ecosistémicos.

Se identificaron las principales plagas que afectan los sistemas tipificados y a sus reguladores naturales, de los cuales los depredadores, parasitoides y hongos entomopatógenos son los más numerosos.

Se generó información sobre interacciones complejas entre reguladores naturales, plagas y plantas hospederas que pueden ser utilizadas para el desarrollo e implementación de estrategias de manejo agroecológico de plagas, de cultivos y de sistemas productivos orientados a procesos de reconversión agroecológica.

Se generaron tecnologías en forma de aislados nativos de hongos entomopatógenos con alto potencial patogénico, y de parasitoides endémicos con alta tasa de reproducción que pueden ser incorporados en programas de manejo agroecológico de plagas.

Se demostró la efectividad del manejo agroecológico de la broca y del cultivo de café para la disminución de la infestación, recuperación de la producción de café y el incremento los ingresos de las familias productoras.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar estudios especializados sobre la influencia de la condición de la planta hospedera en la eficacia biológica y patogenicidad de los reguladores naturales de las plagas y estudios básicos eco ambientales sobre servicios ecosistémicos y calidad de suelos en los agroecosistemas de la agricultura familiar.

Aplicar un modo de intervención que involucre a los actores de la innovación agroecológica en la formulación e implementación de una estrategia de escalamiento de la agroecología con enfoque territorial, que contribuya a la soberanía y seguridad alimentaria y nutricional y a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura. En detalle el modo de intervención propuesto se encuentra en González, Santamaría y Rojas, 2019 (Anexo 3.7), e incluye el propósito de la estrategia, la organización para la gestión de la estrategia, las acciones estratégicas para el desarrollo de capacidades para su implementación y un conjunto de líneas de investigación agroecológica participativa.

VIII. LITERATURA CITADA

- American Psychological Association (2010). Manual de Publicaciones de la American Psychological Association (6 ed.). México, D.F.: Editorial El Manual Moderno.
- Acosta, N.M., y Cave, R.D. (1994). Inventario de los parasitoides de *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en la región sur de Honduras. *Revista Biología Tropical* 42(1-2), 203-218. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/22476>.
- ANAM-GTZ (Autoridad Nacional del Ambiente-Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (2003). Proyecto Agroforestal Ngöbe (2003). *La agricultura de los Ngöbe. Estudio de Caso*. [CD-ROM]. Tomo 4. ANAM-GTZ. Panamá.
- Altieri, M. A. y D. K. Letourneau. (1984). Vegetation diversity and insect pest outbreaks. *CRC Critical Reviews in Plant Sciences* 2: 131-169.
- Altieri, M.A. (1996). *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder.
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2007). Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. *Ecosistemas*. 2007/1 (URL: http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457yId_Categoria=1ytipo=portada).
- Altieri, M.A., y Nicholls, C.I. (2013). Diseños agroecológicos para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica en agroecosistemas. Lima, Perú. SOCLA (Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología).
- Altieri, M.A. y Nicholls, C.I. (2011). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*, 6, 28-37.
- Altieri, M.A., y Toledo, V.M. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies*, 38(3) 587–612.
- Agrawal, A.A, Vala, F, y Sabelis, M.W. (2002). Induction of preference and performance after ac-climation to novel hosts in a phytophagous spider mite: Adaptive plasticity? *Am. Nat.*, 159(5), 53–65.
- Andow, D.A. (1991). Vegetational diversity and arthropod population response. *Annu. Rev. Entomol.*, 36, 561-586. <https://doi.org/10.1146/annurev.en.36.010191.003021>.
- Araúz, T., y Bernal, J. (2005). Inventario de los parasitoides de *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en papa. Cerro Punta Chiriquí, Panamá. 2002-2003. *Ciencia Agropecuaria*, 19, 95-114.
- Ávila Sosa, O. (2010). Control de broca del café (*Hypothenemus hampei*) utilizando once cepas del hongo *Beauveria bassiana* y el nemátodo *Heterorhabditis bacteriophora*. <http://hdl.handle.net/11036/575> Tesis de grado. El Zamorano.

- Barrera, J.; Herrera, J.; Villacorta, A.; García, H. y Cruz, L. (2006). Trampas de metanol-etanol y atrayentes en detección, monitoreo y control de la broca del café *Hypothenemus hampei*. En Barrera, J.F. (Ed.). *Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Invesigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México* (pp. 71-83). Tapachula Chiapas, México. Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur. ISBN 970-9712-17-9.
- Bergman, J.M. y Tingey, W.M. (1979). Aspect of interaction between planta genotypes and biological control. *Bull. Entomol. Soc. Amer.*, 25,(4), 275-279 <https://doi.org/10.1093/besa/25.4.275>.
- Boiteau, G., y Singh, R.P. (1988). Resistance to the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in a clone of the wild potato *Solanum berthaultii* Hawker. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 81, 428-431.
- Bukovinszky, T., Poelman, E.H., Gols, R., Prekatsakis, G., Vet, L.E.M., Harvey, J.A. (2009). Consequences of constitutive and induced variation in plant nutritional quality for immune defence of a herbivore against parasitism. *Oecologia*, 160, 299–308.
- Bustillo, A.E. 1991. Perspectivas de manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* en Colombia. *Sociedad Colombiana de Entomología (Socolen)*, Miscelanea 18, 106-118.
- Bustillo P., A.E. (2002). El manejo de cafetales y su relación con el control de la broca del café en Colombia. Boletín técnico No. 24. Chinchiná, Colombia. CENICAFÉ (Centro Nacional de Investigaciones del Café).
- Bustillo P., A.E. (2006). Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología*, 32, 2, 101-116.
- Cabell y Oelofse, (2012). An indicator framework for assessing agroecosystem. resilience. *Ecology and Society*, 18, 1 <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04666-170118>.
- Cabrera-Dávila, G. (2014). Manual práctico la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo según resultados en Cuba. La Habana, Cuba. Fundación Rufford.
- Capra, F. (2002). *The hidden connections: a science for sustainable living*. London, UK. HapperCollins Publishers. ISBN 000257047.
- Cárdenas R., A.B., Villalba G., D.A, Bustillo P., A.E., Montoya R., E.C., y Góngora B., C.E. (2007). Eficacia de mezclas de cepas del hongo *Beauveria bassiana* en el control de la broca del café. *Cenicafé*, 58, (4) 293-303.
- Chambers, R., (1992): Rural appraisal: rapid, relaxed and participatory. IDS (Institute of Development Studies) Discussion Paper 311. Brighton. Recuperado de <https://www.ids.ac.uk/download.php?file=files/Dp311.pdf>.

- Centro de Escritura Javeriano. (2019). *Normas APA, sexta edición*. Cali, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana, seccional Cali.
- Cetintas, R., y McAuslane, H. (2009). Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. *The Florida Entomologist* 92, 4: 538-547. Recuperado de <http://www.jstor.org/stable/25594574>.
- Cortez-Mondaca, E., y Macías-Cervantes, J. (2007) Parasitismo natural de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. en canola (*Brassica napus* L.) en el norte de Sinaloa, México. *Agrociencia*, 41, 347-354.
- Costanza, R., D'Arge R., De Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill, R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., y Van Den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Coudriet, D.L., Prabhaker, N., Kishaba, A.N., y Meyerdirk, D.E. (1985). Variation in developmental rate on different hosts and overwintering of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Environmental Entomology*, 14, 516-519.
- Daily, G.C. (1997). *Nature's services: Societal dependence on ecosystem services*. Island Press, Washington, DC.
- Damon, A. (2000). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera; Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90, 453-465.
- De Barro, P.J., Driver, F., Naumann, I.D., Clarke, G.M., Schmidt, S. y Curran, J. (2000a). Descriptions of three species of *Eretmocerus* Haldeman (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) in Australia based on morphological and molecular data. *Australian Journal of Entomology*, 39, 259–269.
- De Barro, P.J., Hart, P.J. y Morton, R. (2000b). The biology of two *Eretmocerus* spp. (Haldeman) and three *Encarsia* spp. Forster and their potential as biological control agents of *Bemisia tabaci* biotype B in Australia. *Entomol. Exp. Appl*, 94, 93–102.
- De Groot, R.S. (1992). *Functions of Nature, Evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making*. Groningen. The Netherlands. Wolters NoordhoffBv.
- De Groot, R.S., Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the description, classification and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, 393-408.
- Denno, R. F., Gratton, C., Peterson, M. A., Langellotto, G. A., Finke, D. L., y Huberty, A. F. (2002). Bottom-up forces mediate natural-enemy impact in a phytophagous insect community. *Ecology*, 83, 1443–1458.

- De Vis, R.M.J. (2001). Biological control of whitefly on greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Amitus fuscipennis*? Doctoral Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University.
- Díaz, B.M. y Lecuona, R.E. (1995). Evaluación de cepas nativas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) (Deuteromycotina) como base para la selección de bioinsecticidas contra el barrenador *Diatraea saccharalis* (F.). *Agriscientia*, 12, 33-38.
- Dicke, M. (1999a). Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? *Entomol. Exp. Appl.*, 92, 131-142.
- Dicke, M. (1999b). Evolution of induced indirect defense of plants. In: Tollrian R, Harvell CD (Eds.), *The ecology and evolution of inducible defenses*(pp.62-88). Princeton, USA. Princeton University Press.
- Dorsman, R., y Van De Vrie, M. (1987). Populations dynamics of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on different gerbera varieties. Bull. IOBC/WPRS 1987/ X/2: 46-51.
- Eijsackers, H. (1969). Ontwikkelingen en verspreiding van *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en zijn parasiet *Encarsia formosa* Gahan. M.Sc. Thesis, Leiden, The Netherlands, University of Leiden.
- Engel, P.G.H. (1997). *The social organization of innovation: A focus on stakeholder interaction*. Amsterdam, The Netherlands. Royal Tropical Institute (KIT) Publishers.
- Engel, P., y Salomon, M. (1994). RAAKS, a participatory action-research approach to facilitating social learning for sustainable development. Paper presented at the International Symposium on Systems Oriented Research in Agriculture and Rural Development, Montpellier, France, 21-25 November 1994. pp. 13.
- F.A.O. (2019). *TAPE Tool for Agroecology Performance Evaluation 2019 – Process of development and guidelines for application*. Test version. Rome.
- Forkner, R. E. y Hunter, M. D. (2000). What goes up must come down? Nutrient addition and predation pressure on oak herbivores. *Ecology*, 81, 1588-1600.
- Garrido, E., y Fornoni, J. (2006). Host tolerance does not impose selection on natural enemies. *New Phytologist* 170, 3. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01681.x>.
- González Dufau, G.I., Contreras, G., Pitti, J., y Gutierrez, A. (22-26 de agosto de 2016). Enemigos naturales del complejo mosca blanca presentes en la provincia de Chiriquí. *XXVII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la papa (ALAP)* . Panamá, Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- González Dufau, G.I., Contreras, G., Vergara, G., y Mejía, L. (2015). Caracterización morfológica y molecular del aislado endémico RS006, biocontrolador de *Hypothenemus hampei* en Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 22, 78-85.

- González Dufau, G.I., Monzón Centeno, A. J., Santamaría Guerra, J., Castrejón, K. C., Santos U., Sanjur, M., Santos U., Sanjur, M., y Herrera Cirias, I. C. (2020b). Caracterización morfofisiológica de aislados nativos de *B. bassiana* colectados en cafetales de la CNB, Panama. Revista científica La Calera (En imprenta).
- González Dufau, G. I., Santamaría Guerra, J., Castrejón, K., Herrera, I. C., y Monzón Centeno, A. J. (2018). Parámetros demográficos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. *Ciencia Agropecuaria*, 28, 28-37.
- González Dufau, G.I., Santamaría Guerra, J., y Rojas, J. (2019). *Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional en la comarca Ngäbe-Buglè, Panamá: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos*. Panamá, Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- González Dufau, G.I., Santamaría Guerra, J., Castrejón, K., Herrera, I.C., y Monzón, A.J. (2020a). Interacciones tróficas entre *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en plantas de tomate y pimentón. *Ciencia Agropecuaria*, 31, 1-18.
- González Dufau, G.I., Santamaría Guerra, J., Castrejón, K., Santos U., Sanjur, M., Herrera, I.C., y Monzón, A.J. (2020c). *Akanthomyces lecanii* (Hypocreales: Cordycipitaceae): hiperparásito de *Hemileia vastatrix* (Pucciniales: Pucciniaceae) en la comarca Ngäbe-Buglè, Panamá. *Ciencia Agropecuaria*, 31, 169-181.
- González Dufau, G. I., Santamaría Guerra, J., Torres, L., Castrejón, K., Santos, U., y Sanjur, M. (2018). Manejo ecológico de la broca del café *Hemileiavastatrix* en la Comarca Ngäbe-Buglè. *Cadernos de Agroecología - ISSN 2236-79-*, 13 (1), 8-15.
- Goombridge, B. (1992). Biodiversity: an over-view. En: Groombridge B. (Ed.) *Global biodiversity. Status of the earth's living re-sources*. Londres, Inglaterra. Chapman Hall.
- Gratton, C., y Denno, R.F. (2003). Seasonal shift in botón-up and top-down effect in herbivorous insect populations. *Oecologia*, 134, 487-495.
- Greenberg, S.M., Jones, W.A., y Liu, T.X. (2002). Interactions among two species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. *Envirom. Entomol.*, 31, 2:397-402. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.397>.
- Monterrey, J., Monterroso, D. y Staver, C. (2000). *Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie Técnica. Manual Técnico No.44. Managua, Nicaragua.
- Heraty, J.M., Polaseck, A., y Schauff, M.E. (2008). Systematics and Biology of *Encarsia*. In: *Classical Biological Control of Bemisia tabaci in the United States - A Review of Interagency Research and Implementation*. 71-87. DOI: 10.1007/978-1-4020-6740-2_4

- Headrick, D.H., T.H. Bellows, y Perring, T.M. (1996). Behaviours of female *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton, *Gossypium hirsutum*, (Malvaceae) and rockmelon, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). *Biological Control*, 6, 64-75.
- Hildebrand E., P. (1981). Combining disciplines in rapid appraisal: the sondeo approach. *Agricultural Administration*, 8 (6), 423-32.
- Hildebrand, E., P. (1986). The Sondeo: A team Rapid Survey Approach. En P.E. Hildebrand. (Ed.), *Perspectives on Farming Systems Research and Extension* (93-98). Boulder, Colorado, USA. Lynne Rienner Publishers, Inc.
- Holdridge, H., L.R. (1978). Ecología basada en zonas de vida. Serie: Libros y materiales educativos N°34. Editora IICA. Traducido por Gilberto Jiménez Saa.
- Huang, Y.G. (1988). *Possibility of the greenhouse whitefly control by sterile insect technique*. M. Sc. Thesis. Rome, Italy. Enea-Dept. of Agrobiology.
- IAASTD (International Assessment of Agricultural Knowledge, Science and Technology for Development). (2009). *Evaluación Internacional del conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola. Vol III*, 1-76. Washington D.C. USA. IslandPress.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2009). *Plan General de Generación y Transferencia de Tecnologías para la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe-Buglè*. Panamá. 39 pp.
- IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services). (2019) Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. 56 pages. Disponible en: https://www.ipbes.net/sites/default/files/2020-2/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_es.pdf.
- Iermanó, M.J., Sarandón, S.J., Tamagno, L.N., y Maggio, A. (2015). Evaluación de la agrobiodiversidad funcional como indicador del “potencial de regulación biótica” en agroecosistemas del sudeste bonaerense. *Rev. Fac. Agron.*, 114, (1) 1-14
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2010). *Estimación de la población total en la República, por provincia, y comarca indígena, según sexo y grupos de edad: al 1 de julio de 2010*. Recuperado en: <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>.
- Jiménez, B.; Santamaría-Guerra, J., Santos, U., González, D., G. I., y Torres, L.A. (2018). Caracterización de sistemas de producción hortícola de la agricultura familiar en la

- Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá. *Cadernos de Agroecología. Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecología*. Vol. 13, N° 1, Jul. 2018.
- Jiménez-Martínez, E. y Rodríguez-Flores, O. (2014). *Insectos plagas de cultivos en Nicaragua*. Managua, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria, UNA.
- Koppert Biological Systems. (2002(?)). BEMIPAR *Eretmocerus mundus*: Control biológico de la mosca blanca *Bemisia tabaci* con el parasitoide *Eretmocerus mundus*.
- Lei H, VanLenteren, J.C., Tjallingii, W.F. (1999). Analysis of resistance in tomato and sweet pepper against the greenhouse whitefly using electrically monitored and visually observed probing and feeding behaviour. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 92, 299–309.
- Leucona, R.E. (1995). *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga*. Buenos Aires, Argentina. Talleres Gráficos Mariano Mas.
- Manzano, M.R. (2000). *Evaluation of Amitus fuscipennis as biological control agent of Trialeurodes vaporariorum on bean in Colombia*. Tesis Ph. D. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University.
- Margalef, R. (1951). Diversidad de especies en las comunidades naturales. *Publicación del Instituto Biología Aplicada. Barcelona*, 9, 5-27.
- Marquínez B., L.M. (2020). Análisis de la información del mercado de hortalizas de Panamá. En FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria): Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas tropicales: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en América Latina y el Caribe. Componente: Estudio de diagnóstico de oportunidades y desafíos de los sistemas de producción hortícola y sus respectivas cadenas de valor ALC. En Imprenta.
- Martín-López, B., y Montes, C. (s.f). *En prensa*. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. En: Guía científica de Urdaibai. UNESCO, Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Gobierno Vasco. Recuperado de http://www.ecomilenio.es/ecodocs/documentos/20090626-111928_Articulo_Funciones_Servicios_Urdaibai.pdf (consultado 02 abril 2020).
- M.E.A. (Millennium Ecosystem Assessment). (2003). *Ecosystems and human well-being: A framework for assessment*. Washington, D.C. Island Press.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). (2017). Informe del Cierre Agrícola 2016-2017. Dirección de Agricultura. MIDA, Santiago de Veraguas, Panamá. 49 p.
- Montesinos, M., R., Viniegra, G. G., Alatorre, R. R., Gallardo, E. F. y Loera, O. (2011). Variación de fenotipos de crecimiento y virulencia en cepas mutantes de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Resistentes a 2-desoxi-d-glucosa. *Agrociencia*, 45, 929-942.

- Monzón, A. J. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas* 63, 95-103.
- Monnerat, R.G., Kirk, A.A., y D. Bordat, D. (2002). Biology of *Diadegma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), from Reunion Island. *Neotrop. Entomol.*, 31, 2, 271-274 <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000200015>.
- Mottet, A., Bicksler, A., Lucantoni, D., De Rosa, F., Scherf, B., Scopel, E., López-Ridaura, S., Gemmil-Herren, B. Bezner Kerr, R., Jean-Michel Sourisseau, J.M., Petersen, P., Chotte, J.L., Loconto A., y Tittonell, P. (2020). Assessing transitions to sustainable agricultural and food systems: A tool for agroecology performance, Evaluation (TAPE). Sustainable Food System. doi: 10.3389/fsufs.2020.579154.
- Myartseva, S.N., Ruíz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J.M., y Corona-López, A.M. (2010). Especies de *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) que parasitan *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en Tamaulipas y Morelos, México, y descripción de una especie nueva. *Dugesiana* 17(2): 129-135. ISSN: 0065-1737. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=575/57531721003>.
- Nicholls, C., Altieri, M., Dezanet, A., Lana, M., Feistauer, D., y Ouriques, M. (2004). A rapid, farmer-friendly agroecological method to estimate soil quality and crop health in vineyard systems. *Biodynamics*, 33-40. Recuperado a partir de https://Nicholls_2004_Rapid_farmer_friendly_agroecological_method.pdf.
- Nicholls, C.I. (2013). Indicadores de Sustentabilidad. Presentación en Power Point ofrecida a estudiantes del Doctorado en Agroecología de la Universidad Agraria de Managua, Nicaragua. Comunicación personal.
- Nicholls, C.I., y Altieri, M.A. (2002). Biodiversidad y diseño agroecológico: un estudio de caso de manejo de plagas en viñedos. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 65, 50-64.
- Nicholls, C.I. (junio de 2013). Módulo I. Indicadores de sustentabilidad. Conferencia llevada a cabo en el Seminario a la cohorte I del programa de doctorado en Ciencias de la Agroecología, cohorte I. Universidad Nacional Agraria de Managua, Nicaragua.
- Nicholls, C.I., Henao, A., y Altieri, M.A. (2015). Altieri. Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10, 1, 7-31.
- Nicholls, C.I. y Altieri, M.A. (2008). Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. *LEISA*, 24, 2, 6-8.
- Nivia, E., Perfecto, I., Ahumada, M., Luz, K., Pérez, R., y Santamaría, J. (2009). La agricultura en América Latina y el Caribe: Contexto, Evolución y Situación Actual. En: IAASTD, Evaluación Internacional del conocimiento, ciencia y tecnología en el desarrollo agrícola. Vol III, 1-76. Washington D.C. Island Press.

- Norgaard, R.B., y Sikor, T.O. (1999). Metodología y práctica de la agroecología Capítulo 2, 31-46. En: Altieri, M.A. Ed. *Agroecología: Bases científicas para una agricultura sustentable*. Montevideo, Uruguay. Editorial Nordan–Comunidad.
- Olf, H., Vera, F.W.M., y Bokdam, J. (1999). Shifting mosaics in grazed woodlands driven by the alternation of plant facilitation and competition. *Plant Biology*, 1, 127–37.
- Olf, H., Vera, F.W.M., Bokdam, J., Bakker, E.S., Gleichman, J.M., de Maeyer, K.D., y Smit, R. (2008). Shifting mosaics in grazed woodlands driven by the alternation of plant facilitation and competition. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1999.tb00236.x>.
- Osborne, L.S. (1982). Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.*, 11, 483-485.
- Palacio, E. Santamaría Guerra, J., Torres, L., Sánchez, E., y González Dufau, G.I. (2014). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe-Buglè. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Memoria 2014, Informe Técnico Anual. Disco compacto, 8mm.
- Pérez, M., y Marasas, M.E. (2013). Servicios de regulación y prácticas de manejo: aportes para una horticultura de base agroecológica. *Ecosistemas* 22(1):36-43 [Enero-Abril 2013]. Doi.: 10.7818/ECOS.2013.22-1.07.
- Pielou, E.C. (1969). *An Introduction to Mathematical Ecology*. New York, USA. Wiley-Interscience John Wiley & Sons.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PA). (2018). Recuperado de <http://www.pa.undp.org/c>. 5 junio de 2020. <http://hdr.undp.org/en/countries/profiles/PAN#>
- Price, P.W. (1980). *Evolutionary biology of parasites*. New Jersey. USA. Princeton University Press.
- Price, P.W. (1997). *Insect ecology*. New York, USA. Wiley & Sons.
- Röling, N., y Wagemakers, M.A.E. (1998). A new practice: Facilitating sustainable agriculture, En: Röling, N. y Wagemakers, M.A.E. (Eds.), *Facilitating sustainable agriculture: Participatory learning and adaptive management in times of environmental uncertainty*. (pp.3-22). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Rosset, P. (2016). La reforma agraria, la tierra y el territorio: evolución del pensamiento de La Vía Campesina. *Mundo Agrario*, 17(35), e021. ISSN 1515-5994. Recuperado de <http://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/article/view/MAe021>.
- Sagarra, L.A., Vincent, C., y Stewart, R.K. (2001). Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 91: 363-367. <https://doi.org/10.1079/ber2001121>.

- Salazar, D. (2013). Nicaragua potencial faro regional para el diseño y evaluación de agroecosistemas agroecológicos. *La Calera*, 13, 20, 58-65. Recuperado de: www.una.edu.ni/diep/calera.
- Sampedro R., L., Villanueva A., J., y Rosas A., J.L. (2008). Aislamiento y validación en campo de *Beauveria bassiana* (bálsamo) con *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en la región cafetalera del municipio de Atoyac de Álvarez, Gro. México. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 4, (2), 199-202.
- Santamaría-Guerra, J. (2019). Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglè al Cambio Climático. Informe Final del Proyecto. IDIAP-SENACYT, Diciembre de 2019. En proceso de publicación.
- Santamaría-Guerra, J. (2003). *Institutional innovation for sustainable agriculture and rural resources management: Changing the rules of the game*. Ph.D. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University.
- Santamaría Guerra, J. (2015). Innovación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad de la Agricultura Familiar Ngäbe-Buglè, Panamá. Conferencia. En Memoria del Congreso Científico Internacional del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá, Panamá.
- Santamaría-Guerra, J., y González Dufau, G. I. (2016). La Agroecología en Panamá: Su contribución a la sostenibilidad de modos de vida y a la persistencia de la agricultura familiar. *Agroecologia*, 10, 2, 29-38.
- Santamaría-Guerra, J., Palacio, E., González, G.I. y Mariano, I. (2015). Innovación Tecnológica de Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar Ngäbe-Buglè. *Ciencia Agropecuaria*, 23, 1-19.
- Santamaría Guerra J., González Dufau, G.I., Torres, L., Vázquez, L., y Mariano, I. (jul 2018). Generación y contextualización de indicadores de sostenibilidad ambiental y resiliencia socio ecológica de la agricultura familiar Ngäbe-Buglè, Panamá. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Anais do VI CLAA, X CBA e V SEMDF – Vol. 13, N° 1*.
- Sarandón, S.J., Flores, C.C., Gargoloff, A., y Blandi, M.L. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. En: S.J. Sarandón y C.C. Flores. (Eds.), *Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables* (pp. 375-410). La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata.
- Schoonhoven, L.M., van Loon, J.J.A., y Dicke, M. (2005). *Insect-Plant Biology*. Oxford University Press. Recuperado de <https://global.oup.com/academic/product/insect-plant-biology-9780198525950?cc=nl&lang=en&>.
- Shah, F. A., Wang, C. S., y Butt, T.B. (2005). Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *FEMS Microbiol. Lett.*, 251, 259-266.

- Shah, M.M.R., y Liu, T.X. (2013). Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PLOS ONE*, 8(10): e77368. doi:10.1371/journal.pone.0077368.
- Shannon, C. (1948). The mathematical theory of communication. En: Shannon C.E. y Weaver W. (Eds.), *The mathematical theory of communication* (pp. 29-125). Urbana, USA. University of Illinois Press.
- Simpson, E.H. (1949). *Measurement of Diversity*. *Nature*, 163: 688.
- Sujii, E., Soares Pires, C.S., Gouveia Fontes, E.M., Harterreiten-Souza, E.S., y Rodríguez de Faria, M. (2020). Relações ecológicas no controle biológico. En: E. M. Gouveia Fontes, y M.C. Valadares-Inglis (Eds.), (pp.45-62). *Controle Biológico de Pragas da Agricultura*. Brasilia DF, Brasil. EMBRAPA. ISBN 978-65-86056-01-3.
- Strong, D. R., Lawton, J. H., y Southwood, R. (1984). *Insects on plants: community patterns and mechanisms*. Oxford, England. Blackwell Scientific.
- Talekar, N.S., y Shelton, A.M. (1993). Biology, ecology, and management of the diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.*, 38, 275-301.
- Tittonell, P. (2014). Ecological intensification of agricultura sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 8, 53–61.
- Thomas, D.C., (1993). *Host plant adaptation in the glass house whitefly*. Ph.D. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen Agricultural University.
- VanLenteren, J.C., y Noldus, L.P.J.J. (1990). Whitefly-plant relationships: behavioral and ecological aspects. En: D. Gerling (Ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management* (pp. 47-89). Andover, Hants, UK, Intercept Ltd.
- VanLenteren, J. C., Woets, J., vanderPoel, N., van Boxtel, W., vanderMerendonk, S., vanderKamp, R., Nell, H., y Sevenster-van derLelie, L. (1977). Biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) by *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) in Holland, an example of successful applied ecological research. *Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent* 42: 1333-1342.
- VanSas, J. (1978). Bepaling van de waardplantkwaliteit van augurk, meloen, engerberavoor de kaswittevlieg, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae). M. Sc. Thesis, Leiden, The Netherlands. University of Leiden.
- Vásquez, L.L. (2013). Diagnóstico de la complejidad y de los diseños y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y resiliencia. *Agroecología*, 8, 1, 33-42.
- Vázquez, L., Matienzo, Y, y Griffon, D. (2014). Diagnóstico participativo de la biodiversidad en fincas en transición agroecológica *Fitosanidad*, 18, (3), 151-162.

- Vázquez M., L.L., Matienzo, Y., Veitía, M., y Alfonso, J. (2008). *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. La Habana, Cuba. INISAV.
- Vélez-Arango, P.E.N. Estrada-Valencia, M.E., González-García, M.T., Valderrama-Fonseca, A.M., y Bustillo-Pardey, A.E. (2001). Caracterización de aislamientos de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. *Manejo Integrado de Plagas*.62, 38 – 53.
- Vet, L.E.M., y Dicke, M. (1992). Ecology of infochemical use by natural enemies in a tritrophic context. *Annual Review of Entomology*, 37, 141-172 DOI: 10.1146/annurev.en.37.010192.001041.
- Vet, L.E.M., vanLenteren, J.C. y Woets, J. (1980). The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. *Z. angew. Entomol.* 90, 26-51.
- Villarreal, J.E., y Name, B. (1996). Técnicas analíticas del Laboratorio de Suelos del IDIAP. Divisa, Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá.
- Villarreal, J.E., Name, B., y García, R. (2013). Zonificación de suelos de Panamá en bases a niveles de nutrientes. *CienciaAgropecuaria*,21, 71-89.
- Yano, E. (1989). Factors affecting population growth of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology*, 33,122-127.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Guía para la entrevista semiestructurada con informantes claves.

Tierras altas de la Región Occidental, Panamá

1. ¿Cómo distinguiría las diferentes formas o modos de producción en Cerro Punta? cómo las nombraría?
2. ¿Hay algún tipo de especialización de cultivos entre las modalidades de producción que me nombró al principio?
3. ¿Como se maneja la mano de obra en esas formas? ¿La mano de obra es contratada o familiar? Qué % es familiar y qué % son jornaleros?
4. En el caso de los sistemas orgánicos: Los bioinsumos utilizados los compra o los fabrica el productor?
5. ¿Además de bioinsumos que otras prácticas utilizan cuando se refiere a producción orgánica de hortalizas?
6. ¿Cuál es el destino de la producción? ¿Qué porcentaje de la producción se comercializa y cuanto se destina al consumo familiar?
7. ¿De quién obtienen (los productores) las tecnologías que utilizan?
8. ¿Cuáles serían los principales problemas que tiene la producción hortícola en estos momentos?
9. ¿Qué organizaciones de productores que agrupe a productores de las tierras altas usted conoce? ¿Quién sería la persona para contactarla?
10. ¿A quién me recomienda para realizarle esta entrevista?

Anexo 2. Valores de la escala para calificar los parámetros de las variables que integran los indicadores calidad de suelo y biodiversidad

1. INDICADOR CALIDAD DE SUELO (CS)

Variable: Calidad física (CFI)

Color del suelo

Valor de la escala	Colores				
1	Pardo Grisáceo	Amarillo oscuro	Amarillo	Pardo pálido	Pardo
2	Pardo fuerte	Gris claro	Amarrillo parduzco	Amarillo olivo	Pardo Grisáceo oscuro
3	Pardo amarillento	Pardo amarillo		Pardo Oscuro	
4	Amarillento	Pardo muy pálido		Rojo Amarillento	
5	Pardo olivo	Pardo amarrillo claro	Pardo amarrillo oscuro	Pardo Amarillento oscuro	Pardo muy Oscuro

Contenido de arena, limo y arcilla (%)

Valor de la escala	Arena	Limo	Arcilla
1	< 65 ó > 85.01	> 30 ó < 10	<3.99 - > 16
2	80.01 - 85.0	30.01 - 25.0	4.0 - 7.0
3	75.01 - 80.0	25.01 - 20.0	7.01 - 10.0
4	70.01 - 75.0	20.01 - 15.0	10.01 -13.0
5	65.0 - 70.0	15.01 - 10	13.01 - 16

Variable: Calidad química (CQU) *

Valor	MO	PH	Fósforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Aluminio	Manganeso	Hierro	Zinc	Cobre
1	<2	<5.5->7.51	<9.99 >100	<44 >151	<2>7	<1.0	<1.0	<25	<25	<4	<2
2	2.01-4	5.51-6.0	<18>55	44.01-75	2.01-3>5.1	1.01-2.0	1.01-1.5	25.01-50	25.01-50	4.01-6	2.01-4
3	4.01-6	6.01-6.5	18.01-28	75.01-100	3.01-4	2.01-3.0	1.51-2.0	50.01-75	50.01-75	6.01-8	4.01-6
4	6.01-8	6.51-7.0	28.01-38	100.9-130	4.01-4.5	3.01-4.0	2.01-2.5	75.01-100	75.01-100	8.01-10	6.01-8
5	>8.01	7.0-7.5	38.01-55	130-151	4.51-5.1	>4.01	>2.51	>100.01	>100.01	>10	>8.01

* MO (%); P, K, Mn, Fe, Zn y Cu (mg/l); Ca, Mg y Al (Cmol/kg)

Variable: Calidad biológica (CBI)

Valor de la escala	Nº de individuos (N)	Shannon-Weaver (H')	Riqueza (S)	Detritívoros/ No detritívoros (D/ND*)	Lombrices/ Hormigas (L/H**)
1	<150	<2.0	<10	≤ 1.0	<0.5
2	151-250	2.01-2.50	10-15	1.01-1.5	0.51-1.0
3	250-350	2.51-3.0	15-20	1.51-2.0	1.01-1.5
4	351-450	3.01-3.50	20-25	2.01-2.5	1.51-2.0
5	>450	>3.51	>25	>2.51	>2.01

Variable: Apariencia (AP)

Textura

- 1) Muy pesado/ muy compacto
- 2) pesado/ compacto
- 3) media
- 4) liviana
- 5) muy liviana / polvosa

Drenaje

- 1) muy malo
- 2) malo
- 3) regular
- 4) bueno
- 5) muy bueno

Profundidad

- 1) < 10 cm
- 2) 10.01 – 0.5 m
- 3) 0.51 – 0.75 m
- 4) 0.756 – 1.0 m
- 5) > 1.01 m

Pendiente

- 1) > 45°
- 2) 30-45
- 3) 20-30
- 4) 10-20
- 5) < 10

2. INDICADOR DE BIODIVERSIDAD (B)

Escala para los índices de diversidad Arbórea

Valor	Total de individuos (N)	Shannon-Weaver (H')	Riqueza (S)	Dominancia de Simpson (λ)	Margalef (D _{Mg})
1	≤5	≤1	<4	>0.9	<0.5
2	>5-<30	>1-<2	≥4-<8	≤0.9->0.8	≥0.5-<1.0
3	>30-<60	>2-<3	≥8-<12	≤0.8->0.7	≥1.0-<2.0
4	>60-<90	>3-<3.5	≥12-<16	≤0.7>0.6	≥2.0-<3.0
5	>90	>3.5	≥16	<0.6	≥3.0

Escala para los índices de diversidad de la Mesofauna

Valor	Total de individuos (N)	Shannon-Weaver (H')	Riqueza (S)	Dominancia de Simpson (λ)	Margalef (D _{Mg})
1	≤50	≤1	<4	>0.8	<1.0
2	>50-<100	>1-<2	≥4-<6	≤0.8->0.7	≥1.0-<2.0
3	>100-<150	>2-<3	≥6-<8	≤0.7->0.6	≥2.0-<3.0
4	>150-<200	>3-<3.5	≥8-<10	≤0.6>0.5	≥3.0-<4.0
5	>200	>3.5	≥10	<0.5	≥4.0

Escala para los índices de diversidad de la Macrofauna

Valor	N	H''	S	λ	D _{Mg}
1	≤50	≤1	<4	>0.9	<1.0
2	>50-<100	>1-<1.5	≥4-<8	≤0.9->0.8	≥1.0-<2.0
3	>100-<150	>1.5-<2.0	≥8-<12	≤0.8->0.7	≥2.0-<3.0
4	>150-<200	>2-<2.5	≥12-<16	≤0.7>0.6	≥3.0-<4.0
5	>200	>2.5	≥16	<0.6	≥4.0

Anexo 3. Publicaciones realizadas

1. Caracterización morfológica y molecular del aislado endémico RS006, biocontrolador de *Hypothenemus hampei* en Panamá.
2. Caracterización morfofisiológica y molecular de hongos entomopatógenos asociados a *Hypothenemus hampei* en áreas cafetaleras de la comarca Ngäbe-Buglè.
3. *Akanthomyces* (Hypocreales: Cordycipitaceae): Hiperparásito de *Hemileia vastatrix* (Pucciniales: Pucciniaceae) en la Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá.
4. Parámetros demográficos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate.
5. Interacciones tróficas entre *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) y *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en plantas de tomate y pimentón.
6. Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá.
7. Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional en la Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos.

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AISLADO ENDÉMICO RS006, BIOCONTROLADOR DE *Hypothenemus hampei* EN PANAMÁ¹

**Gladys González Dufau²; Sindy Caballero³;
Grace Contreras⁴; Gloribel Vergara⁵; Luis C. Mejía⁶**

RESUMEN

El control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas, la contaminación ambiental y problemas de salud humana. Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos, la identificación taxonómica de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud. Este trabajo es el primer reporte del hongo *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones en Panamá y su actividad como biocontrolador de la broca del café. Se presentan los resultados del estudio de identificación morfológica y molecular del aislado obtenido a partir de *Trialeurodes vaporariorum* en la naturaleza y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio). Para la identificación morfológica se utilizó microscopía de estructuras de reproducción y claves dicotómicas; la caracterización molecular de los aislados se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5,8 S) y comparación con la base de datos GenBank. Tanto la secuencia de ADN obtenida del hongo aislado colectado en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte de brocas adultas en el bioensayo de eficacia biológica sobre *H. hampei* (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café. Estas secuencias de ADN resultaron idénticas a las de *I. javanica* CBS134.22 (Accesión GenBank: KM234218.1), lectotipo de la especie.

PALABRAS CLAVES: Hongo entomopatógeno nativo, agroecosistema, biodiversidad local, control biológico.

¹Recepción: 26 de noviembre de 2014. Aceptación: 19 de marzo de 2015. La investigación se realizó como parte del proyecto FID007-044: Caracterización molecular de hongos entomopatógenos para su uso en el control de la broca de café en Panamá, con el financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

²M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: ggdufau@gmail.com

³Téc. Agropecuario. IDIAP. CIAOc.

⁴Lic. en Biología. IDIAP. CIAOc.

⁵Lic. en Biología. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) – Panamá. Apartado 0843-03092, Balboa, Ancón, República de Panamá.

⁶Ph.D. en Biología y Patología de Plantas. STRI – Panamá.

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE ENDEMIC ISOLATED RS006, BIOCONTROLLER OF *Hypothenemus hampei* IN PANAMA

ABSTRACT

The control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, by the indiscriminate use of synthetic organic insecticides can result in the selection of resistant individuals, the emergence of new pests, environmental contamination and human health problems. For agroecological pest management and epidemiological studies, taxonomic species identification is critical. This is enabled by the use of molecular techniques with high levels of reliability, sensitivity and promptness. This paper is the first report in Panama about *Isaria javanica* (Friedrichs and Bally) Samson and Hywell-Jones, its activity as a bio controller of the coffee berry borer. The results of the morphological and molecular identification of the obtained isolate from *Trialeurodes vaporariorum* in nature and RS006b (reisolated from *H. hampei* in laboratory conditions) are presented. Microscopy of reproductive structures and dichotomous keys were used for morphological identification; the molecular characterization of the isolates were performed by sequencing the ITS region (ITS 1 and 2 including 5.8 S) and comparison with the database GenBank. Both, the obtained sequence from the isolated fungus originally from nature (RS006a) and the obtained isolate killing adult bits in the bioassay biological effectiveness on the coffee berry borer (*H. hampei*) (RS006b) confirmed that it was the same species: *I. javanica* with ability to infect adult individuals of the coffee berry borer. These sequences resulted to be identical to the ones from *I. javanica* culture CBS134.22 (KM234218.1 Genbank accessesion number), the lectotype of the species.

KEY WORDS: Native entomopathogenic, agroecosystem, local biodiversity, biological control.

INTRODUCCIÓN

La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari es una plaga que está presente en Panamá desde junio del 2005 cuando se reportó por primera vez (MIDA 2005) y está considerada como la principal plaga insectil en todos los países productores de café (Vega *et al.* 2009). Este insecto tiene la forma de un diminuto gorgojo, produce el daño al atacar el fruto del café y se reproduce internamente en el

endospermo, causando la pérdida total del grano y, en algunos casos, su caída prematura, además del deterioro de la calidad del producto final (Bustillo 2006).

El control de esta plaga mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas y la contaminación ambiental y humana.

En los ecosistemas se encuentran de manera natural organismos con funciones biocontroladoras de plagas, que por desconocimiento, se han estado afectando de manera indiscriminada mediante la práctica de la agricultura convencional (Devine *et al.* 2008, Altieri y Toledo 2011, Cortés 2011, Koohafkan y Altieri 2015).

En la búsqueda de prácticas amigables, con el ambiente y la salud humana, es imprescindible la comprensión de las funciones del ecosistema para su restauración y utilización mediante formas alternativas de agricultura (Altieri y Toledo 2011). En el caso de los hongos entomopatógenos, significa determinar su identidad genética y filogenia, comprender su biología, su interacción con otras formas de vida y comprobar su virulencia específica que le confiere su actividad enzimática y su capacidad de asimilar sustratos presentes en el hospedero y en el ambiente (González *et al.* 2013). Sin este conocimiento básico será prácticamente imposible el desarrollo de biopreparados efectivos, estables y confiables para la salud humana.

Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos la identificación exacta de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares para su

diferenciación y caracterización con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud, si se cuenta con los equipos apropiados.

Esta investigación responde a la búsqueda de métodos alternativos para el control de plagas, mediante el uso de enemigos naturales de la broca del café, tales como los hongos entomopatógenos, por lo que se reporta como parte de la biodiversidad local, la presencia del aislado de *Isaria javanica* (Friedrich y Bally) Samson y Hywell-Jones (Fungi: Sordariomycetes) perteneciente a la familia Cordycipitae y División Hypocreales. El mismo fue aislado de un cadáver de adulto de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) encontrado sobre el cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L. (GRIN 2013), bajo techo en la localidad de Cordillera, distrito de Boquerón, provincia de Chiriquí - Panamá, a una altitud de 930 msnm y posición geográfica 17P 0322815 UTM 0960183 que se encuentra en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano (Holdridge 1987).

El hallazgo local coincidió con el reporte de Scorsetti *et al.* (2006) en Argentina quienes encontraron a *Isaria* parasitando mosca blanca. El aislado se depositó en el cepario del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ubicado en el laboratorio de

Agentes Biocontroladores de la Estación Experimental de Río Sereno (EERS), provincia de Chiriquí y le fue asignado el código secuencial RS006. Se utilizó en pruebas de patogenicidad con diferentes aislados de la colección de IDIAP, para evaluar su potencial biocontrolador sobre la broca del café.

Este reporte presenta los resultados de la identificación morfológica y caracterización molecular de los aislados RS006a y RS006b, los cuales se encontraron afectando naturalmente la mosca blanca de los invernaderos y a la broca del café en condiciones de laboratorio.

Colecta, desinfección y aislamiento:

Una vez en el laboratorio, el cadáver de adulto de la mosca blanca (*T. vaporariorum*), se desinfectó en hipoclorito de sodio (0,5% del producto activo) durante cinco minutos; se enjuagó cuatro veces con agua destilada estéril, posteriormente se colocó en papel de filtro estéril en una placa Petri esterilizada, se agregó agua destilada estéril y fue sellada la placa con parafilm, manteniéndola en incubación a 20°C. Transcurridos siete días, mediante el uso de la cámara de flujo laminar, se transfirió con un asa de siembra, una pequeña porción del crecimiento fungoso al medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA por sus siglas en inglés) para su

aislamiento y purificación siguiendo protocolos establecidos (Leucona 1996).

Identificación morfológica y molecular:

Con base a sus características morfológicas al microscopio (Figura 1) y con ayuda de las claves dicotómicas de Humber (2005) y Barnett y Hunter (1998), y el análisis molecular de secuencias en el Laboratorio de Biología Molecular del Smithsonian, Naos Panamá, se realizó la identificación de dos aislamientos: RS006a (colectado en la naturaleza afectando *T. vaporariorum*) y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio) (Cuadro 1).

Los aislamientos se cultivaron en medio PDA y se mantuvieron a temperatura ambiente promedio (22°C). Para evitar la contaminación por bacterias, los aislados se sembraron en PDA más Rifampicina (0,025 mg/ml) para obtener cultivos puros. Adicional, se realizó microcultivos, lo que permitió observar las estructuras reproductivas con mayor facilidad bajo el microscopio (Cuadro 1).

La caracterización molecular se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5.8 S) y mediante comparación de las mismas, con secuencias en la base de datos del GenBank. El cultivo RS006 es 100% idéntico a *I. javanica* CBS134.22 (cultivo

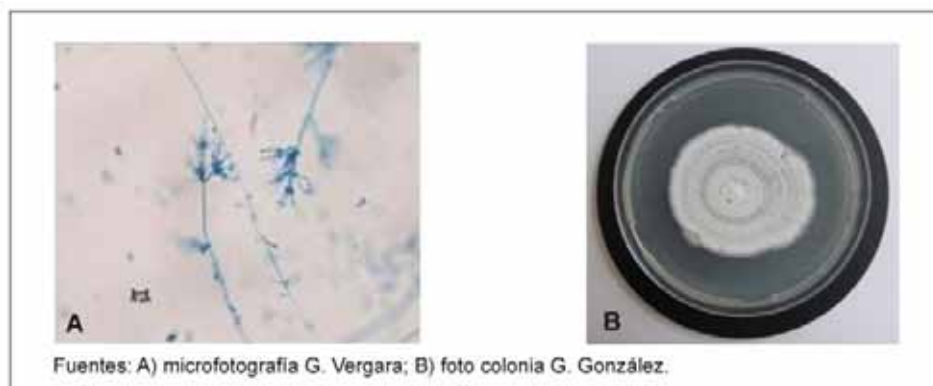


Figura 1. Características microscópicas y macroscópicas de *Isaria javanica*.
 A) Microfotografía de conidióforos y conidias de *I. javanica*;
 B) Morfología de las colonias de *Isaria javanica*.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LOS AISLADOS DE RSS006a y RSS006b.

Característica	Aislado colectado en la naturaleza (RS006a)	Reaislado de <i>H. hampei</i> en condiciones de laboratorio (RS006b)
Forma de las Conidias	Fusoides largas, Ovoides largas,	Fusoides largas, Ovoides largas,
Dimensión de las Conidias en μm(LxA, \bar{x}, n=50)	2,70-5,16 x 0,37-1,17, 4,04-0,81	3,33-5,93 x 0,37-1,48, 4,50-0,98
Color de la colonia	Crema y/o chocolate claro	Crema y/o chocolate claro
Superficie	Terrosa	Terrosa
Forma de la colonia	Circular	Circular
Elevación	Umbonada	Umbonada
Margen	Ondulado	Ondulado
Consistencia	Friable	Friable
Hospedero	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Hypothenemus hampei</i>

tipo) para la región ITS; lo cual concluyó que el aislado RS006 corresponde a *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones (Luangsa-ard *et al.* 2005) y pasa a denominarse RSIj006 y sus secuencias se depositaron en el GenBank con las accesiones KF373690 para el aislado RS006a y KF373691 para el aislado RS006b.

Tanto, la secuencia del hongo aislado y colectado originalmente en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte a brocas adultas en el bioensayo (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café.

El uso de hongos entomopatógenos para la lucha contra plagas insectiles es un componente importante de control, siendo una cantidad considerable de hongos mencionados en diversos estudios con este propósito.

Algunas especies de *Isaria*, como *I. fumosorosea*, *I. farinosa* e *I. tenuipes* se han estudiado como agentes de control biológico de insectos, hay preparaciones y productos comerciales de *I. fumosorosea* disponibles en algunos países (Specht *et al.* 2009).

Varios hongos entomopatógenicos Hypocreales (Ascomycota) son reportados infectando la broca del café: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fr. (anteriormente conocida como *Paecilomyces farinosus*), *Isaria fumosorosea* Wize (anteriormente conocida como *Paecilomyces fumosoroseus*), *Isaria lilacinus* (Thom) Sanson (anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*), *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams (anteriormente conocido como *Verticillium lecanii*), *Nomurae rileyi* (Farl.) Samson y *Ophiocordyceps entomorrhiza* (Dicks) Sung *et al.* (conocido anteriormente como *Hirsutella eleutheratorum*) (Bustillo *et al.* 1998, 2002, Vega *et al.* 1999, 2009).

Se reporta, por primera vez en Panamá, la especie *Isaria javanica* como biocontrolador de *H. hampei*, lo cual brinda una alternativa con potencial para incorporarse a los programas de manejo integrado de plagas en el país.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M; Toledo, VM. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38(3):587-612. Traducción de Pablo Alarcón-Chaires revisada por los autores. 34 p.

- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Bustillo P, AE. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2):101-116.
- Bustillo, AE; Cárdenas R; Posada, FJ. 2002. Natural Enemies and Competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. Neotrop Entomol 31:635-63.
- Bustillo, AE; Cárdenas, R; Villalba, D; B. Benavides; Orozco, J; Posada, FJ.1998. Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 134 p.
- Cortés, N. H. 2011. Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales (en línea). Trabajo para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. 83 p. Consultado 3 feb. 2015.
- Disponible en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30882/1/CortesNicolas.pdf>.
- Devine, GJ; Eza, D; Ogusuku, E; Furlong, MJ. 2008. Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública 25(1):74:100.
- González D, GI; Caballero, S; Contreras, G; González, F; Mejía, LC. 2013. Caracterización Morfológica de Cepas Nativas de Hongos Entomopatógenos en Panamá. In 58 Reunión Anual de PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Animales). Memoria. Tegucigalpa, HN. p. 139.
- GRIN (Germplasm Resources Information Network). 2013. Taxonomy for Plants. United States department of Agriculture (en línea), Agricultural Research Service. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?22956>.
- Holdridge, LR. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 216 p. (Colección y Libros y Materiales Educativos/IICA; no.83).

- Humber, RA. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification (en línea). USDA-ARS. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshoprev.pdf>.
- Koohafkan, P; Altieri, MA. 2015. Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial: Un Legado para el Futuro (en línea). Consultado 5 mar. 2015. Disponible en http://agroeco.org/wp-content/uploads/2011/03/GIAHS_Booklete_ES_Ir.pdf.
- Leucona, RE. 1996. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. Capítulo 10. 143-150. *In* Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Leucona, RE. Ed. Buenos Aires, AR. 338 p.
- Luangsa-ard, JJ; Hywel-Jones, NL; Manoch, L; Samson, RA. 2005. On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. *Mycological Research* 109:581-589. doi:10.1017/S0953756205002741.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2005. Dirección de Agricultura, Estadísticas Agropecuarias. Hoja informativa.
- Scorsetti, AC; Humber, RA; Gregorio, C De; López Lastra, CC. 2006. New records of entomopathogenic fungi infecting *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*.
- Specht, A; Azevedo JL; Luna Alves Lima de, EA; Tomazzoni B, J; Kassawara M; Lorini LM; Monteiro Barros, N. 2009. Ocorrência do fungo entomopatogênico *Isaria javanica* (Frieder & Bally) Samson & Hywell-Jones (Fungi, Sordariomycetes) em lagartas de *Lonomia obliqua* Walker (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53(3):493-494.
- Vega, FE; Infante F; Castillo F; Jaramillo J. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews* 2:129-147.
- Vega, FE; Mercadier, G; Damon, A; Kirk, A. 1999. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) in Togo and Cote d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. *Afr. Entomol.* 7:243

CARACTERIZACIÓN MORFOFISIOLÓGICA Y MOLECULAR DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS ASOCIADOS A *HYPOTHENEMUS HAMPEI* EN ÁREAS CAFETALERAS DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÈ

Gladys González Dufau¹, Arnulfo Monzón², Julio Santamaría Guerra¹, Sindy Caballero¹, Kathia Castrejon¹, Alfredo Santo¹
¹ MSc. en Entomología / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0989-0957> / gladys.gonzalez@idiap.gob.pa / Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
² Universidad Nacional Agraria

RESUMEN

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es la principal plaga del cultivo del café (*Coffea* spp.) y colonizó recientemente este cultivo en la Comarca Ngäbe Buglè. Una de las alternativas de manejo de esta plaga es a través de sus enemigos naturales por lo que el objetivo de este estudio fue caracterizar morfofisiológica y molecularmente aislados de hongos entomopatógenos nativos, colectados en la Comarca Ngäbe Buglè y seleccionar los más promisorios, para su inclusión en programas de manejo agroecológico de plagas. La identificación molecular se hizo mediante la secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5.8S). Se identificaron 12 aislados pertenecientes a *Beauveria bassiana* (Vullevein), y un aislado de *Purpureocillium lilacinum*. Para la determinación de las características morfológicas se utilizaron tres medios de cultivo: Papa-Dextrosa-Agar, Malta-Dextrosa Agar y Sabouraud-Dextrosa-Agar. Se evaluó la mortalidad y se obtuvo el Tiempo Letal Medio (TL₅₀). Los mayores porcentajes de mortalidad de *H. hampei*, al día 15 después de la inoculación, se observaron con los aislamientos RS-Ij006 y D-Bb1400 con 100%; seguidos por D-Bb1398 con 98.90% y D-Bb1350 con 93.3%. Los menores registros del TL₅₀ se obtuvieron con los aislados de D-1388 (*Purpureocillium lilacinum*) con 3.52 días y RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) con 3.98 días, seguidos por D-Bb1350 con 6.58 días. Los aislados a los que el insecto presentó menor susceptibilidad fueron D-1391, D-1399, D-Bb1397, D-Bb1412 y D-Bb1395, D-Bb1392, estos necesitaron más tiempo para alcanzar el 100% de mortalidad de adultos de *H. hampei* y el TL₅₀ fue superior a 11 días.

Palabras clave: *Purpureocillium lilacinum*, *Cordyceps*, *Beauveria*, manejo agroecológico, biodiversidad funcional

MORPHYSIOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF ENTOMOPATOGENIC FUNGI ASSOCIATED WITH *HYPOTHENEMUS HAMPEI* IN COFFEE AREAS OF THE NGÄBE-BUGLÈ REGION

ABSTRACT

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) is a monophagous specie of coffee berries (*Coffea* spp.) and is one of the main pests of this crop in the Ngäbe Buglè Region. The use of native natural enemies is one of the alternatives for managing this pest, because of that the objective of this study was to characterize morphologically, physiologically and molecularly, isolated entomopathogenic fungi collected in coffee plantations of the Ngäbe Buglè Region, to select those with potential, for inclusion in agroecological pest management programs. The molecular characterization of the isolates were performed by sequencing the ITS region (ITS 1 and 2 including 5.8 S) and comparison with the database GenBank. Twelve isolates were determined as belonging to *Beauveria bassiana* (Vullevein), and one isolate as *Purpureocillium lilacinum*. Additionally, an *Isaria javanica* isolate (= *Cordyceps javanica*) from the entomopathogenic fungi collection of the Entomology Laboratory of IDIAP, David, was included for determination of morphological characteristics. Mortality and median lethal time were evaluated. The highest mortality rates, at day 15 after inoculation, were observed with RS-Ij006 and D-Bb1400 isolates with 100%; followed by D-Bb1398 with 98.90% and D-Bb1350 with 93.3%. The least mean lethal times (TL₅₀) were obtained with the isolates of D-1388 (*Purpureocillium lilacinum*) with 3.52 days and RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) with 3.98 days followed by D-Bb1350 with 6.58 days. The isolates in which the insect presented lower susceptibility were D-1391; D-1399; D-Bb1397; D-Bb1412; D-Bb1395, D-Bb1392 these needed more time to reach 100% adult mortality of *H. hampei* and the TL₅₀ was greater than 11 days.

Key words: *Purpureocillium*, *Cordyceps*, *Beauveria*, Agroecology, functional biodiversity

El cultivo de café es de gran relevancia para la agricultura indígena y campesina familiar de la Comarca Ngäbe Buglè (CNB) debido a que representa el cuatro por ciento de la producción nacional, está entre los tres cultivos de mayor importancia económica para la población local, en cuanto a número de explotaciones y generación de ingresos (INEC, 2011). Además, por las características del manejo del cultivo en agroecosistemas forestales, ofrece una gama importante de servicios ambientales como son: captura de agua, conservación del suelo, captura de carbono, así como la conservación y protección de diversos grupos biológicos como son, principalmente, plantas (árboles, epífitas, etc.), aves, insectos y anfibios (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es una especie monófaga del fruto del café (*Coffea* spp.), que se considera la principal plaga insectil de este cultivo a nivel mundial (Monzón 2001, Vázquez, 2005). En Panamá fue reportada por primera vez en la región occidental en el año 2005 (Castillo, Bernal, Lezcano, Piepenbring, y Cáceres, 2013), con dispersión posterior hacia el

resto de las zonas cafetaleras, y es en la actualidad una de las principales plagas de este cultivo en la Comarca NgäbeBuglè (CNB), alcanzando infestaciones hasta de 29% (Palacio, Santamaría-Guerra, Torres, Sánchez, y González, 2014).

Durante los primeros años de incidencia de esta plaga en Panamá, su control se basó principalmente en el uso de insecticidas, muchos de ellos altamente tóxicos y contaminantes al ambiente, principalmente por desconocimiento de otras alternativas de manejo de la plaga. González, Santamaría, Torres, Santo, y Sanjur (2018), reportan los hongos entomopatógenos (HEP) como enemigos naturales presentes en las poblaciones de *H. hampei* en la CNB. La aparición de epizootias en poblaciones de insectos se indica como un fenómeno natural (Monzón, 2003) que se propicia por diversos factores, principalmente las características propias del insecto hospedero, del patógeno y del ambiente, interactuando entre sí, además del efecto del manejo que se realiza en el sistema de producción (Vásquez, 2005). Entre las características de los HEP, se destacan la mortalidad total, el Tiempo Letal Medio (TL₅₀), la velocidad de crecimiento diario (mm/día), Tiempo Medio de Germinación o esporulación (TG₅₀), entre otras (Carrillo-Rayas y Blanco-Labra, 2009, Lezcano, Saldaña, Ruiz, y Caballero, 2015).

Los HEP pertenecen a un amplio grupo de microorganismos que proveen múltiples servicios a los agroecosistemas, como lo son la regulación biótica, la estabilidad del suelo, la descomposición de la materia orgánica, entre otros (Sarandón, 2020). Motta Delgado y Murcia Ordóñez (2011) indican que los HEP de mayor utilización para el control biológico incluyen a: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Lecanicillium* (*Verticillium*). De los cuales los de mayor utilización en el mundo son *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *P. fumosoroseus* (*Isaria fumosoroseus*) (Téllez-Jurado, Cruz Ramírez, Mercado Flores, Asaff Torres, y Arana-Cuenca, 2009).

Debido al potencial de las epizootias causadas por HEP en la broca del café, se propuso realizar análisis morfofisiológicos y moleculares de los hongos entomopatógenos encontrados naturalmente asociados a *H. hampei* (Ferrari), como primer paso en el desarrollo de la alternativa de su uso como agentes de control biológico de la plaga. Así, el objetivo de este estudio fue caracterizar morfofisiológica y molecularmente los aislados de HEP colectados en la CNB afectando naturalmente poblaciones de *H. hampei* (Ferrari), y seleccionar las que mostraran mejor potencial patogénico para su incorporación en programas de manejo agroecológico de dicha plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta purificación y aislamiento

Se colectaron cadáveres de *H. hampei* con crecimiento micelial, en una plantación de café de la localidad de Cerro Tula (8°24'18.17'', 81°47'5.51''; corregimiento de Hato Chamí, distrito de NoléDuima en la CNB, los que fueron desinfectados superficialmente en el laboratorio de Entomología, IDIAP en David, Provincia de Chiriquí, con hipoclorito de sodio al 0,5% durante 5 min, y lavados con agua destilada estéril. Seguidamente, estos se colocaron individualmente en cámara húmeda (90% HR y 25±1°C). Los hongos que se desarrollaron en los cadáveres fueron aislados y sembrados en medio de cultivo PDA, y codificados. Para fines de comparación, se incluyó en el estudio, el aislado RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) procedente de la colección de hongos entomopatógenos del IDIAP, David, Chiriquí.

Caracterización molecular

Identificación molecular a través de genes de ADNr. La extracción del ADN genómico de los aislados obtenidos, se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular del INDICASAT, Ciudad del Saber, Panamá. Se empleó un kit de purificación de ADN de QuiaGen®. La amplificación del fragmento de ITS por PCR se realizó con los cebadores (primers) ITS5 (5'-GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG-3') e ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'), usando 30 ciclos de desnaturalización (94 °C por 45 s), hibridación (55 °C por 1 min) y polimerización (72 °C por 45 s). Los cebadores se diseñaron de las secuencias conservadas 18S-ADNr y 28S-ADNr en hongos. Las secuencias de nucleótidos de los fragmentos amplificados se compararon con las secuencias ya publicadas en la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information). A las secuencias de ADN obtenidas, se agregó una (RSCj006), previamente identificada, obtenida a partir de *Trialeurodes vaporariorum* (González, Caballero, Contreras, Vergara, y Mejía, 2015). Las distancias evolutivas se calcularon utilizando el método de la distancia p (Nei, y Kumar, 2000) y se muestran en las unidades del número de diferencias de base por sitio. Este análisis involucró 18 secuencias de nucleótidos. Todas las posiciones ambiguas se eliminaron para cada par de secuencias (opción de eliminación por pares). Hubo un total de 751 posiciones en el conjunto de datos final. Los análisis evolutivos se realizaron en MEGA X (Kumar, Stecher, Li, Knyaz, y Tamura, 2018).

Caracterización morfofisiológica

Características macroscópicas: Los hongos se identificaron morfológicamente a nivel de especie (Seifert, Morgan-Jones, Gams, Kendrick, 2011). Se obtuvieron cultivos monospóricos a partir de colonias puras de los aislados en medio de cultivos PDA (Leucona, 1995). A partir de los cultivos monospóricos, los aislados se sembraron en PDA (Papa Dextrosa Agar), Malta Dextrosa Agar (MDA) y SDA (Sabourad Dextrosa Agar). La siembra se hizo, colocando en el centro de los platos Petri, un trozo del cultivo monospórico y se incubaron a 26±1°C en oscuridad. Para cada aislado se utilizaron cinco réplicas por cada medio de cultivo. A los 10 días de sembrado (dds), se registraron las características macroscópicas forma de la colonia, elevación, aspecto de la superficie y color del micelio. La coloración por el anverso y el reverso de las colonias se estimó siguiendo los códigos de la paleta de color de suelos Munsell (Munsell Color Company, 2000).

Crecimiento radial: Para determinar el crecimiento radial, se colocó un cultivo monospórico en el centro del plato con medio de cultivo y se colocó en incubación a 26±1°C en oscuridad. Para fines de realizar las mediciones de crecimiento, en la parte posterior de los platos se marcaron cuatro radios, sobre los que se hicieron las mediciones, las que se realizaron durante 10 días, iniciando al segundo día después del

establecimiento del ensayo. Con los datos obtenidos se determinó la tasa de crecimiento en mmdía^{-1} (French y Hebert, 1982) para los tres medios de cultivo.

Diámetro de la colonia: A partir de cultivos monospóricos incubados a $26 \pm 1^\circ\text{C}$ por 10 días; se midió el diámetro (mm) en dos puntos de la colonia, realizando dos lecturas por cada plato Petri.

Características microscópicas

Tamaño de conidias: Se obtuvieron conidias a partir de un cultivo puro de 10 dds, de los hongos del estudio, y se midió el largo y ancho de las mismas, utilizando un microscopio óptico Olympus CX31 con un aumento de 100x. Se evaluaron 50 conidias por aislado y por medio de cultivo, para medir su tamaño en micras (French y Hebert, 1982).

Concentración de conidias: La concentración de conidias se midió a los 10 días, luego del crecimiento radial de las colonias. En tubos Falcon de 15 ml conteniendo 10 ml de Tween 80 al 0.05 % (v/v) se colocaron individualmente tres secciones de 1 cm diámetro del crecimiento esporulado de los aislados. Posteriormente se realizaron diluciones sucesivas hasta la dilución 10^{-3} . Se realizaron cinco repeticiones por aislado. Se realizó el conteo al microscopio con la cámara de Neubauer (Neubauer improved, Marienfeld, Alemania) y se registraron los conteos de conidias producidas (cm^2) por cada aislado en los tres medios de cultivo (French y Hebert, 1982).

Germinación: La capacidad germinativa de los aislados fue evaluada simultáneamente a la prueba de patogenicidad. Se utilizó una concentración de 1×10^6 conidias/ml. Se colocaron alícuotas de 5 μl en siete puntos del medio en platos Petri, se incubaron durante 24 horas a 26°C y se adicionó una gota de azul de lactofenol con el fin de suspender el proceso de germinación y teñir las esporas. Se recortaron trozos del cultivo en los puntos de inoculación, se hicieron montajes en portaobjeto y se procedió al conteo de conidias germinadas y no germinadas en cinco campos microscópicos. La observación microscópica se realizó con un aumento de 40x; los resultados se expresaron en porcentaje de esporas germinadas. Para cada aislamiento se utilizaron 5 cajas de Petri por repetición.

Mortalidad de *H. hampei*: Para evaluar la mortalidad y TL_{50} de los hongos aislados, se utilizaron adultos de aproximadamente 10 días, obtenidos de una cría de *H. hampei*, establecida a partir de adultos colectados de cerezas de café infestadas naturalmente. La inoculación se realizó por inmersión en una suspensión de 1×10^9 conidias ml^{-1} + Tween 80 (0,1%) durante un minuto. Como testigo se utilizó agua destilada estéril + Tween 80 (0,1%). La unidad experimental se estableció con 10 adultos de *H. hampei*, colocados individualmente en viales de vidrio, donde se les suministró un grano de café pergamino. El ensayo se mantuvo a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, en cámara húmeda con agua destilada estéril sobre papel toalla esterilizado. La mortalidad se registró diariamente durante 15 días y los cadáveres se colocaron individualmente en cámara húmeda con el fin de obtener esporulación. El Tiempo Letal Medio fue calculado mediante el método de regresión lineal simple.

Análisis estadístico. Los datos del crecimiento lineal se transformaron a $\log(x + 1)$; este y la producción de conidias se analizaron mediante un análisis de varianza y separación de medias con Tukey ($\alpha = 0,05\%$). Los datos de mortalidad se transformaron a $\arcsin(\sqrt{x/100})$ y se analizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05\%$).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Colecta, purificación y aislamiento

A partir de los especímenes de *H. hampei*, se obtuvieron 12 aislados de hongos, los que fueron codificados de la siguiente manera: D-Bb1397, D-Bb1391, D-Bb1392, D-Bb1350, D-Bb1399, D-Bb1405, D-Bb1412, D-Bb1402, D-Bb1406, D-Bb1395, D-Bb1400, D-P11388.

Caracterización molecular

Al analizar las secuencias, 11 de los 12 aislados correspondieron 100% a *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) (Accesiones MG548313.1 y MH922794.1). Un aislado se identificó como muy cercano al género *Isaria* (= *Paecilomyces*) similar al aislado RS-Ij006 y coincidió 100% (Accesión KF624800.1) con el género *Purpureocillium lilacinum* del GenBank. Luangsa-ard, Houbraken, VanDoorn, Seung-Beom, Borman, Hywel-Jones, y Samson (2011), proponen este microorganismo como un nuevo género *Purpureocillium* y una nueva combinación *Purpureocillium lilacinum* para el anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*, especie que según Luangsa-ard et al. (2011) cuando es usado en altas concentraciones representa un riesgo para la salud en humanos inmuno-comprometidos. Por lo anterior, este material se debe manejar con reserva ya que se requieren realizar más investigaciones que determinen los factores de patogenicidad en humanos (Luangsa-ard et al., 2011). El aislado RS-Ij006 corresponde a *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) (Samson y Hywell-Jones (Luangsa-ard et al., 2005) y sus secuencias están depositadas en el GenBank con las accesiones KF373690 y KF373691 (González, Caballero, Contreras, Vergara, y Mejía, 2015). Este género, se le ha reubicado recientemente con el nuevo nombre de *Cordyceps* en una revisión posterior por Kepler et al. (2017). El nuevo nombre de *Isaria javanica* se indica en lo sucesivo como *Cordyceps javanica*. Los análisis evolutivos filogenéticos y moleculares de las secuencias obtenidas dio como resultado el árbol filogenético reflejado en la Figura 1. Las relaciones evolutivas de taxones se infirieron mediante el método del vecino más cercano (Saitou y Nei, 1987). Se muestra el árbol óptimo con la suma de la longitud de la rama = 0,66904220. Se observó poca variabilidad entre los aislamientos de *B. bassiana*. El análisis separó los aislamientos de *B. bassiana* en un grupo y colocó el aislamiento D-1388 diferenciado de las accesiones *Isaria* (KF373690 y KF373691) y del aislamiento MK120858.1 *Purpureocillium* utilizado como grupo externo.

Con relación a la condición de aislados endémicos, por ser colectados afectando naturalmente poblaciones de *H. hampei* en la CNB, Rehner, Posada, Buckley, Castillo, y Vega (2006, p.18), en un amplio estudio filogenético de *B. bassiana*, establecieron que "la alta diversidad genética detectada en el ubicuo Neotropical AFNEO_1 geográfica y ecológicamente, sugiere que este linaje es endémico y está bien establecido en el Neotrópico".

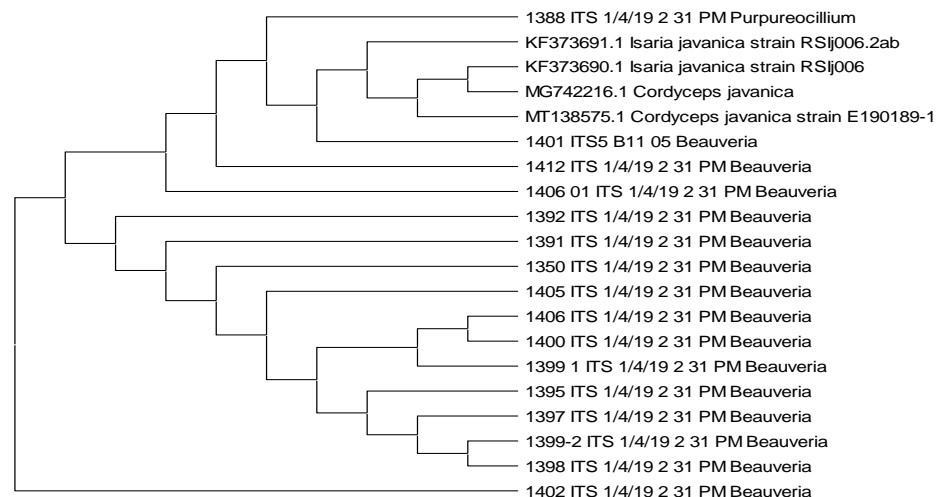


Figura 1. Análisis filogenético de vecino más cercano (NJ) de la región ITS (ITS1, 5.8S, e ITS2) para especies de *Beauveria* usando *Purpureocillium* como grupo externo. Números en las ramas indican valores de bootstrap después de 500 réplicas. MEGA, versión X

Caracterización Morfofisiológica

Los hongos aislados se depositaron en la colección de hongos entomopatógenos del Laboratorio de Entomología del Centro de Investigación Agropecuaria de Chiriquí con una réplica en la colección de referencia de hongos entomopatógenos de la Estación Experimental del IDIAP en Río Sereno.

Características macroscópicas: Los aislados de los hongos entomopatógenos correspondieron a 12 aislamientos nativos de *B. bassiana* (D-Bb1350, D-Bb1391, D-Bb1392, D-Bb1395, D-Bb1397, D-Bb1398, D-Bb1399, D-Bb1400, D-Bb1402, D-Bb1405, D-Bb1406, D-Bb1412) y un aislamiento nativo D-1388, correspondiente a *Purpureocillium lilacinum*.

La forma, el borde y el color de las colonias resultaron comunes a todos los aislados de *B. bassiana*. Todos presentaron colonias circulares, borde liso y color blanco (Gley 8/N según tabla Munsell) por el anverso (Figura 2). En cuanto a la elevación, se distribuyeron en tres tipos diferentes, desde plana a convexa, con situaciones intermedias referidas a la altura de los bordes y al tamaño de la elevación central. El aislado D-Bb1397 mostró ser variable en cuanto a la elevación ya que algunas colonias formaron anillos más elevados y otras, depresión central con crecimiento de altura irregular (e.g. D-Bb1397). En cuanto al aspecto de la superficie, la mayor parte de las colonias no presentaron irregularidades y sólo algunas (D-Bb1391, D-Bb1402, D-Bb1405) produjeron anillos concéntricos.

La apariencia de los aislados de *B. bassiana*, por el anverso y el reverso de las colonias mostraron características culturales similares en los tres medios evaluados. Los materiales correspondientes a *B. bassiana* presentaron un aspecto inicial algodonoso para luego convertirse pulverulento y superficie semi-elevada, coincidiendo con lo descrito para el género *Beauveria* por Bustillo (2001) y Rodríguez y Del Pozo (2003).

En el reverso, el crecimiento micelial de *B. bassiana* fue tomando un color amarillento claro que fue más fuerte (5Y 8/5) en el medio MDA, intensidad media (5Y 8/6), en el SDA y más pálido en el medio PDA (2.5Y 7/8). Adicionalmente se observó la formación de radios en el medio de SDA ligeramente marcados en algunos aislados de *B. bassiana* (D-Bb1350, D-Bb1398, D-Bb1399, D-Bb1405, D-Bb1406, D-Bb1412).

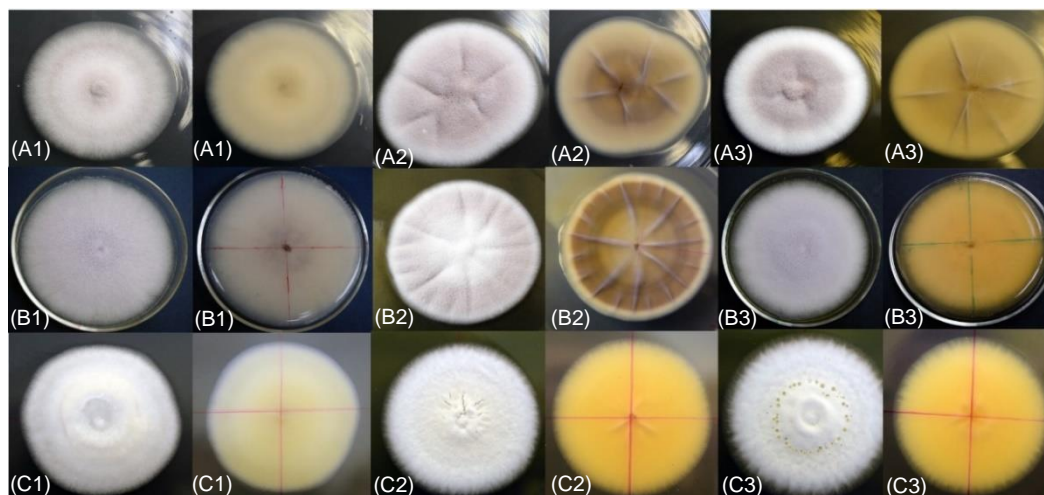


Figura 2. Características macroscópicas de los aislados del género *Cordyceps* (A), *Purpureocillium* (B) y *Beauveria* (C) en PDA (1), SDA (2) y MDA (3) en el anverso y reverso de los medios de cultivo.

Las características morfológicas de los aislados de *Beauveria*, correspondieron a lo reportado por Glare e Inwood (1998). Mientras que el color de los aislados de D-P11388 (*Purpureocillium*) en el lado anverso es rosáceo liláceo (10R 7/2), en contraste con el aislado RS-Cj006 (*Cordyceps*) que fue rosado pálido (10R 5/2); de aspecto friable y superficie plana, crecimiento concéntrico con cambio en la coloración diaria; inicialmente blanca para tornarse rosáceo pálido en 24 horas. Adicionalmente se observó la formación de radios muy marcados en el medio de SDA tanto en el anverso como en el reverso en los aislados D-P11388 (*Purpureocillium*), RS-Cj006 (*Cordyceps*) y muy atenuados en el reverso de *Beauveria* (Figura 2). Similarmente en el medio MDA, se presentó la formación de radios menos acentuada en el aislado RS-Cj006 (*Cordyceps*). La coloración por el reverso según tabla Munsell fueron para RS-Cj006 (*Cordyceps*): 5Y 8/2 en medio PDA, 10YR 6/2 en medio SDA, y 10YR 5/4 en MDA; y para D-P11388 (*Purpureocillium*): 5Y 8/2 en PDA, 10YR 5/8 en SDA, y 10YR 4/6 en MDA.

Crecimiento lineal: Los aislamientos D-P11388 y el RS-Ij006 mostraron un crecimiento significativamente ($p < 0,0001$) mayor que los aislados de *B. bassiana*. El aislado D-P11388 fue el que presentó mayor crecimiento con $4.53 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$ seguida por la RS-Ij006 con $1.93 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$, mientras que los valores obtenidos por los aislados de *B. bassiana* estuvieron en el rango 1,1 a $1.62 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$ (Cuadro 1). El crecimiento lineal es un indicativo de la habilidad del hongo para invadir los sustratos donde crece (Montesinos, Viniegra, Alatorre, Gallardo, y Loera, 2011), por lo que esta capacidad competitiva se puede considerar una característica deseable.

Cuadro 1. Diámetro de la colonia y crecimiento radial de los aislados de hongos entomopatógenos medio PDA.

Aislado	Diámetro de la colonia (mm) ^{1/}	Crecimiento radial (mm·día ⁻¹) ^{2/}
D-P11388	87.97 a	4.53 a
RS-Ij006	42.05 b	1.93 b
D-Bb1392	32.05 c	1.10 f
D-Bb1397	31.66 cd	1.54 f
D-Bb1400	31.62 cd	1.23 f
D-Bb1391	31.33 cde	1.43 f
D-Bb1402	30.66 cdef	1.52 f
D-Bb1399	30.52 cdef	1.61 f
D-Bb1398	30.43 cdef	1.54 f
D-Bb1406	29.46 cdef	1.51 f
D-Bb1395	29.23 def	1.51 ef
D-Bb1350	28.42 fg	1.62 cde
D-Bb1412	26.41 g	1.57 c
D-Bb1405	25.57 h	1.47 cd
^{1/} C.V.= 32.73%		^{2/} C.V.= 8.17%
Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)		

El diámetro de las colonias de los aislados de *B. bassiana* en SDA osciló entre 21.98mm y 32.1mm, con un promedio de crecimiento de 27.8mm. El crecimiento lineal promedio de *B. bassiana* fue de 1.49 mm/día, mientras que para RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) fue de 1.93 mm/día y 4.53 mm/día para el aislado D-P11388 (*P. lilacilum*) (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los reportados por Elósegui, Nieves, Raysa Díaz, Bel Padrón, y Carr (2003), quienes encontraron para *B. bassiana*, diámetros de la colonia que oscilaron entre 25mm y 31mm, y promedios de crecimiento lineal de 1.56 a 1.93mm. Por otra parte, de acuerdo con Mugnai, Bridge, y Evans (1989), la edad del cultivo y sustrato de crecimiento determinan en gran medida las características morfológicas de los aislados. También se ha reportado que el desbalance entre las fuentes carbonatadas y nitrogenadas es el principal factor que afecta el crecimiento del hongo (Elósegui et al., 2003). Así, cuando las fuentes que aportan nitrógeno (N) en el medio (ejemplo el extracto de levadura) están dos o más veces concentradas con respecto a la fuente carbonatada (ejemplo la dextrosa), se estimula el crecimiento micelial (Jenkins y Prior, 1993).

La mayor capacidad potencial de dispersión se observó en el género *Purpureocillium* con el mayor promedio ($p < 0.001$), de 4.1 mm/día (Figura 3b), seguido por *Cordyceps* con 2.12 mm/día, mientras que los aislados de *Beauveria* tuvieron el menor promedio de crecimiento lineal con 1.49 mm/día. Estas diferencias ($p < 0.0001$), también se observaron al comparar por género el diámetro de la colonia al décimo día de crecimiento (Figura 3a), se observaron diferencias significativas destacándose el género *Purpureocillium* con 87.97mm, seguido por el género *Cordyceps* con 42.05 mm y *Beauveria* con 29.7 mm.

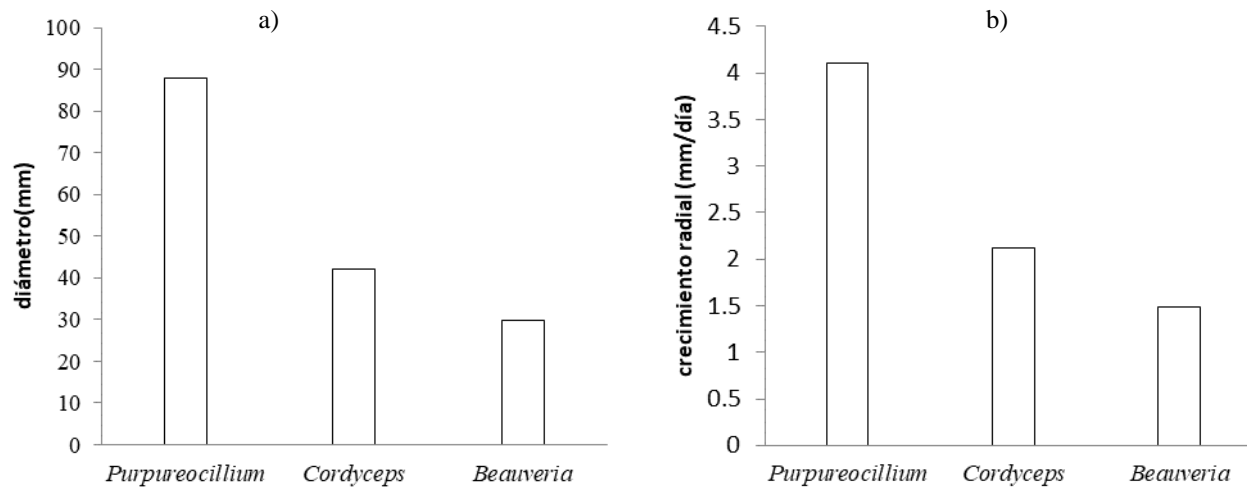


Figura 3. Diámetro (mm) de las colonias y crecimiento radial (mm.día-1) por género al décimo día de crecimiento.

Características microscópicas

Tamaño y forma de conidias: Las conidias de los 12 aislados son lisas, globosas a ovoides; de acuerdo a esta forma, tamaño, así como también al raquis en forma de “zigzag”, las fueron caracterizadas morfológicamente pertenecientes a la especie *B. bassiana* (Figura 4).

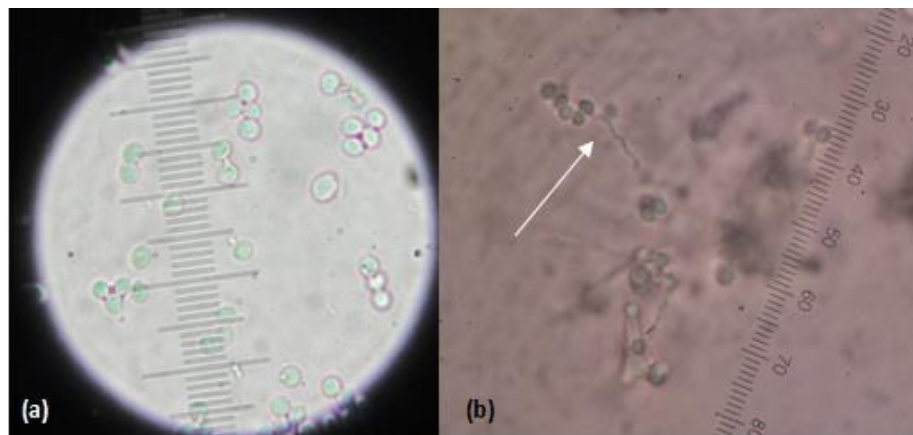


Figura 4. Conidias(a) y conidióforo en forma de raquis-100x (b) de *B. bassiana*-40x. Fotos: K. Castrejón.

En el Cuadro 2 se observa que el tamaño de las conidias osciló en 1.2-3.0 x 1.0-2.8 μ m. Este tamaño es reportado por diversos autores para *B. bassiana* (Kepler (2017, Glare e Inwood1998), quienes, luego de comparar diversas cepas de especies de *Beauveria*, provenientes de diferentes países, concluyeron que las cepas con conidias esféricas y menores de 3 μ m de diámetro pueden ser consideradas como *B. bassiana* (French y Hebert1982, Glare e Inwood 1998, Vélez et al., 2001, Kepler 2017).

Para el aislado D-1388 la variación fue de 4.1-10.2 x 1.1-3.8 μ m. y para el RS-Ij006 de 4.8-6.2 x 1.1-1.6 μ m; ambas de forma fusoides alargadas. Inicialmente por la forma de las conidias, se encontró coincidencia con lo descrito para el género *Cordyceps* (= *Isaria*), sin embargo, el aspecto de la colonia difería con el del aislado RS-Ij006. En la Cuadro 3 se observan los promedios del largo y ancho de las esporas para cada uno de los aislados.

Cuadro 2. Dimensiones (μm) de las conidias de los aislados de hongos entomopatógenos caracterizados.

Aislados	Largo(μm)		Ancho(μm)		Promedio Largo Promedio Ancho	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo(μm)	Máximo(μm)
RS-Ij006	4.8	6.2	1.1	1.6	5.46	1.33
D-P11388	4.1	10.2	1.1	3.8	6.94	2.52
D-Bb1350	1.7	2.8	1.5	2.7	2.24	2.07
D-Bb1391	1.7	2.8	1.5	2.6	2.23	2.07
D-Bb1392	1.6	2.8	1.4	2.6	2.26	2.09
D-Bb1395	1.9	2.8	1.7	2.6	2.20	2.03
D-Bb1397	1.7	2.6	1.5	2.4	2.23	2.05
D-Bb1398	1.7	2.8	1.5	2.6	2.24	2.07
D-Bb1399	1.7	2.7	1.6	2.5	2.19	2.03
D-Bb1400	1.8	2.8	1.6	2.6	2.2	2.04
D-Bb1402	1.7	2.8	1.5	2.6	2.22	2.03
D-Bb1405	1.7	2.7	1.5	2.5	2.18	2.01
D-Bb1406	1.7	2.6	1.5	2.4	2.17	2.00
D-Bb1412	1.9	2.7	1.7	2.5	2.19	2.03

Con respecto al género (Cuadro 3), se observaron diferencias significativas entre los tres géneros estudiados ($p < 0.001$) para las variables ancho y largo de conidias; siendo *Purpureocillium* el género que presentó el mayor largo ($6.94 \mu\text{m}$), seguido por *Cordyceps* con $5.46 \mu\text{m}$ y *Beauveria* con $2.21 \mu\text{m}$.

Cuadro 3. Dimensiones de las conidias de los géneros de hongos entomopatógenos caracterizados.

Género	Promedio dimensiones (μm)	
	Largo	Ancho
<i>Cordyceps</i>	5.46 a	1.33a
<i>Purpureocillium</i>	6.94 b	2.54 b
<i>Beauveria</i>	2.21 c	2.04 c

Medias con una letra común en una misma columna no son significativamente diferentes, Tukey(0.05)

Concentración de conidias:

Los promedios de las concentraciones de conidias de los aislados del género *Beauveria* variaron de 10.46 a 11.13×10^{12} conidios/ cm^2 sin ser estadísticamente diferentes entre sí ($p > 0.05$), siendo los aislados D-Bb1397 y el D-Bb1392 los que presentaron el mayor promedio, con $11.13 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ y el aislado D-Bb1395 con menor promedio de $10.46 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ (Cuadro 4). Estos valores fueron superiores a los observados para los géneros *Cordyceps* y *Purpureocillium*.

Cuadro 4. Concentración de conidias producidas (cm^{-2}) de los aislados de hongos entomopatógenos.

Aislado	Concentración promedio (cm^{-2})	Medio de Cultivo		
		PDA	MDA	SDA
D-Bb1397	11.13 a	9.68	10.16	13.56
D-Bb1392	11.13 a	9.22	10.50	13.67
D-Bb1399	10.94 a	9.66	9.66	13.50
D-Bb1391	10.90 a	9.59	9.87	13.25
D-Bb1350	10.87 a	9.44	9.53	13.64
D-Bb1412	10.83 a	9.43	9.51	13.56
D-Bb1402	10.76 a	8.62	10.24	13.41
D-Bb1405	10.75 a	9.13	9.59	13.53
D-Bb1406	10.74 a	9.15	9.49	13.59
D-Bb1398	10.67 a	9.06	9.54	13.41
D-Bb1400	10.67 a	9.15	9.79	13.07

D-Bb1395	10.46 a	8.06	9.76	13.56
RS-Ij006	2.27 b	1.01	1.99	3.80
D-PI1388	1.63 b	1.32	1.63	1.93

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)

El género *Beauveria* produjo significativamente ($p < 0.001$) la mayor concentración de conidias (10.82 cm^{-2}) seguido por *Cordyceps* (RS-Ij006) con 2.27 cm^{-2} y *Purpureocillium* (D-PI1388) con promedio de 1.63 cm^{-2} sin ser los dos últimos diferentes entre sí ($p > 0.05$). La mayor concentración de conidias obtenida por los aislados de *Beauveria*, sugiere que esta característica ha sido desarrollada para compensar su relativo lento crecimiento radial.

Cuadro 5. Concentración (n° conidias cm^{-2}) de géneros de hongos entomopatógenos.

Género	Concentración (n° conidias cm^{-2}) ^{1/2}	Medio de Cultivo		
		PDA	MDA	SDA
<i>Beauveria</i>	10.82 a	9.21	9.79	13.45
<i>Cordyceps</i>	2.27 b	1.01	1.99	3.80
<i>Purpureocillium</i>	1.63 b	1.32	1.63	1.93

^{1/2}C.V. = 7.73%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)

Mortalidad de *H. hampei*: En 60% de los aislados la mortalidad fue superior a 70% (Cuadro 6). Con base en la mortalidad evaluada a los 15 días después de la inoculación, se determinó que los mejores tratamientos fueron RS-Ij006 y D-Bb1400, con 100% de mortalidad, seguidos por D-Bb1398, con 98.9%, indicando la presencia de aislamientos más eficaces que otros.

Al evaluar el TL_{50} se observó que los aislados D-PI1388 y RS-Ij006 causaron el 50% de mortalidad en menor tiempo, con 3.52 días y 3.98 días; seguidos por los aislados D-Bb1350 con 6.58 días; D-Bb1400 con 7.86 días y D-Bb1398 con 8.43 días. Los demás aislamientos requirieron de un tiempo de 11 días o más para eliminar el 50% de la población (Cuadro 6).

Velocidad de germinación; Los aislamientos registraron un TG_{50} de entre 9.38 y 14.75 horas; siendo clasificados en tres grupos: TG_{50} corto, para los aislamientos RS-Ij006 y D-PI1388 con 9.45 y 9.38; TG_{50} intermedio para D-Bb1400, D-Bb1402, D-Bb1405, D-Bb1398, D-Bb1350, que oscilaron entre 13.97 y 14.12 horas y TG_{50} largo para los demás, que oscilaron entre 14.68 a 14.75 horas. Según Shah, Wang, y Butt (2005), la velocidad de germinación es una de las determinantes de virulencia más reportadas. Los valores de TG_{50} que se reportan en este estudio son similares a los reportados por Díaz y Leucona (1995) con aislados de *Beauveria* colectados en diferentes regiones de Argentina, los cuales oscilaron entre 12h 10 min y 20h 04 min. Por otra parte, Montesinos, Viniegra, Alatorre, Gallardo y Loera (2011) indican que, una germinación lenta hace a los HEP más sensibles a las variaciones ambientales, mientras que una rápida germinación les confiere mayor probabilidad de éxito en campo.

Cuadro 6. Mortalidad, TL_{50} y TG_{50} de los aislados de hongos entomopatógenos afectando insectos de la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

Aislado	Mortalidad (% a los 15 días)	TL_{50} (días)	TG_{50} (horas)
RS-Cj006	100.00	3.98	9.45
D-PI1388	80.00	3.52	9.38
D-Bb1350	93.30	6.58	14.12
D-Bb1391	63.30	11.61	14.75
D-Bb1392	40.00	17.29	14.72
D-Bb1395	43.30	18.49	14.68
D-Bb1397	53.30	15.05	14.71
D-Bb1398	98.90	8.43	14.05
D-Bb1399	66.70	11.93	14.74
D-Bb1400	100.00	7.86	13.99
D-Bb1402	86.70	11.38	14.01
D-Bb1405	83.30	11.57	14.03

D-Bb1406	70.00	11.73	14.68
D-Bb1412	50.00	16.10	14.74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se diferenciaron aislados nativos de hongos, mediante la caracterización morfofisiológica y molecular. Los aislados de *B. bassiana* D-Bb1400, D-Bb1350 y D-Bb1398, presentaron alto potencial patogénico para el control de *H. hampei*, alta producción de conidias y buen Tiempo de Germinación Medio por lo que pueden ser incorporados como parte de una estrategia de Manejo Agroecológico de la broca del café.

El conjunto de aislados de *B. bassiana* mostraron diferencias entre sí en cuanto a la mortalidad de *H. hampei*, no obstante, el análisis filogenético no muestra variación genética, ubicándolas en un mismo grupo. Esto abre perspectivas para estudios posteriores de búsqueda de marcadores moleculares específicos que distingan estas cepas correlacionándolas con su potencial de mortalidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Investigaciones Botánicas-Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la doctora Tina Hoffman por su apoyo en el procesamiento preliminar de los aislados obtenidos. Se agradece al productor José Gallardo por compartir sus conocimientos y por la atención brindada y permitir la colecta de muestras en sus cafetales. A los revisores por sus valiosos aportes para mejorar el documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustillo, A.E., Estrada, A.N., González, M.T., Valderrama, A.M., y Vélez, P. (1997). Caracterización de aislamientos de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café.
- Carrillo-Rayas, M.T. y Blanco-Labra, A. (2009). Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. Acta Universitaria, vol. 19, núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 40-49, ISSN:0188-6266. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
- Castillo, S; Bernal, JA; Lezcano, J., Piepenbring, M., y Cáceres, O. (2013). Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 5(2): 29-39.
- Díaz, B.M. y Leucona, R. (1995). Evaluación de cepas nativas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Bals.(Vuill.) (Deuteromicotina) como base para la selección de bioinsecticidas contra el barrenador *Diatraea saccharalis* (F.). *Agriscientia*, 12: 33-38.
- Elósegui, O., Nieves, N., Raysa Díaz, R., Bel Padrón, N., y Carr, A. (2003). Comportamiento del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. cepa lbb-1 en Agar sabouraud dextrosa producido en Cuba. *Fitosanidad* 7 (2).
- French, E. y Hebert, T. (1982). Métodos de investigación fitopatológica. San José Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Glare, T.R., e Inwood, A.J. (1998). Morphological and genetic characterization of *Beauveria* spp. from New Zealand. *Mycological Research*, 102, (2) 250-256.
- González-Dufau., G.I., Caballero, S., Contreras, G., Vergara, G., y Mejía, L. (2015). Caracterización morfológica y molecular del aislado endémico RS006, biocontrolador de *Hypothenemus hampei* en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria* 22, 78-85.
- González-Dufau, G.I., Santamaría-Guerra, J., Torres, L., Santo, U., y Sanjurjo, M. (2018). Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Cadernos de Agroecología*. v. 13 n. 1 (2018): Anais do VI Congresso Latinoamericano de Agroecología; X Congresso Brasileiro de Agroecología; V Seminário de Agroecologia do Distrito Federal e Entorno; 12 a 15 de setembro de 2017, Brasília/DF. Disponible en <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos>. Consultado 14 enero 2019.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA). (2011). *Contraloría General de la República*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística. VII Censo Nacional Agropecuario. Resultados Finales Básicos, 2011: <https://www.contraloria.gov.pa/> Jenkins, NE.; C. Prior. 1993. Growth and formation of true Conidia by *Metarhizium flavoviride* in a simple liquid medium. *Mycol. Res.* 97(12):1489-1494.
- Kepler, R.M., Luangsa-ard, J.J., Hywel-Jones, N.L.; Quandt, A., Sung, G.H., Stephen, A., y Shrestha, B. (2017). A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA FUNGUS*, 335-353. doi:10.5598/imafungus.2017.0802.08
- Kumar S., Stecher G., Li M., Nknyaz C., y Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35, 547-1549.
- Leucona, R.E. (1995). Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano Mas, México 639, Buenos Aires, Argentina.
- Lezcano J.A., E. Saldaña, E., Ruíz, R., y Caballero, S. (2015). Patogenicidad y virulencia del aislado de la cepa nativa de *Isaria* spp. y dos hongos entomopatógenos comerciales. *Ciencia Agropecuaria* 23, 20-38.
- Luangsa-ard, J; Houbraken, J., VanDoorn, T., Seung-Beom, H., Borman, A.M., Hywel-Jones, N.L., y Samson, R.A. (2011). *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinum*. *FEMS Microbiol Letter*. 321, 141-149.

- Montesinos M, R., Viniestra G, G., Alatorre R, R., Gallardo, E., y Loera, F.O. (2011). Variación de fenotipos de crecimiento y virulencia en cepas mutantes de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Resistentes a 2-desoxi-d-glucosa. *Agrociencia* 45, 929-942.
- Motta-Delgado, P. A., y Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente y Agua an Interdisciplinary Journal of Applied Science* [en línea] 2011, 6 (Sin mes): [Fecha de consulta: 25 de enero de 2019]
- Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas*, 63, 95-103.
- Monzón, A. (2007). Insect pathogenic fungi in *Hypothenemus hampei*, *Leucoptera coffeella* and in the soil in coffee plantations in Central America: Natural occurrence, management system and genetic diversity. Norwegian University of Life Sciences Universitet for Miljø-og Biovitenskap Philosophiae Doctor (PhD) PhD tesis.
- Mugnai, L., Bridge, P.D., y Evans, C.A. (1989). A chemotaxonomic evaluation of the genus *Beauveria*. *Mycological Research*, 92:199-209.
- Munsell Color Company. (2000). Munsell soil color charts. Baltimore. USA.
- Nei, M., y Kumar, S. (2000). *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford University Press, New York.
- Palacio, E., Santamaría-Guerra, J., Torres, L., Sánchez, E., González-Dufau, G.I. (2014). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Memoria 2014, Informe Técnico Anual. Disco compacto, 8mm.
- Pariona, N., Castellano, P. y León, E. (2007). Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria* sp. Sobre *Schistocerca piceifrons peruviana* (Lynch Arribalzaga, 1903). *Revista peruana de biología* 14(2)
- PPG Paint. PPG Industries. Paletas de colores de pintura. Disponible en <https://ppgpaints.com/color/color-families>. Consultado 23 noviembre 2019.
- Rehner, S.A., Posada, F., Buckley, E.L., Castillo, A., y Vega, F. (2006). Phylogenetic origins of African and Neotropical *Beauveria bassiana* s. l. pathogens of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Journal of Invertebrate Pathology* 93, 11–21
- Rodríguez Dos Santos, A., y Del Pozo, E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia* 7(2) Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/374>
- Saitou N., y Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4, 406-425
- Sarandón, S.J. (2020). Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable / Santiago Javier Sarandón ; María Margarita Bonicatto ; coordinación general de Santiago Javier Sarandón. - 1a ed. - La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata ; EDULP.
- Seifert, K., Morgan-Jones, G., Gams, W., y Kendrick, B. (2011). The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands. 997 pp.
- Shah, F. A., Wang, C.S., y Butt, T.B. (2005). Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *FEMS Microbiol. Lett.* 251, 259-266.,
- Téllez-Jurado, Alejandro, Cruz Ramírez, María Guadalupe, Mercado Flores, Yuridia, Asaff Torres, Alí, y Arana-Cuenca, Ainhoa. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología* 30, 73-80. Recuperado en 03 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007&lng=es&tyng=es.
- Vásquez, L.L. Experiencia cubana en el manejo agroecológico de plagas en café y avances en la broca del café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57. ISBN 970-9712-17-9.

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
Akanthomyces lecanii (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):
HIPERPARÁSITO DE *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*²; *Kathia Castrejon*²;
*Ulfredo Santo*²; *Marco Sanjur*²; *Isabel Herrera*³; *Arnulfo Monzón*³**

RESUMEN

Se colectaron soros de roya en cafetales con manejo orgánico hiperparasitados por un micoparásito en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB) en Panamá, el cual una vez identificado correspondió a *Akanthomyces lecanii*. Trece muestras aisladas obtenidas en las localidades de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"; 1243 msnm) y en Cerro Tula (8°24'18,17"; 81°47'5,51"; 546 msnm) se caracterizaron morfológicamente, mediante mediciones de estructuras fúngicas, ritmo de crecimiento *in vitro* y morfología de las colonias. Se observaron colonias de color blanco por el anverso y amarillo claro por el reverso; conidias elípticas-cilíndricas, las cuales presentaron un micelio flocoso y ralo de bordes regulares y blanquecinos. El número de conidios.mL⁻¹ fue en promedio de 3,58 × 10¹²; el ritmo de crecimiento *in vitro* tuvo un desarrollo promedio de 41,72 ± 0,4 mm de diámetro a los 10 días con una tasa crecimiento diario de 2,11 ± 0,02 mm. Este estudio representa, hasta donde se conoce, el primer reporte en Panamá de aislamientos de *Akanthomyces* hiperparasitando soros de roya del café, obtenidas en dos localidades de la CNB.

Palabras claves: Biodiversidad funcional, cepas nativas, interacciones tróficas, micoparasitismo.

¹Recepción: 15 de septiembre de 2020. Aceptación: 21 de octubre de 2020. Esta investigación se realizó en el marco del Proyecto Investigación e Innovación para el Manejo Agroecológico de Plagas del Café en Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé financiado por el IDIAP.

²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

³Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.



**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF
Akanthomyces lecanii (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):
 HYPERPARASITE OF *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)**

ABSTRACT

Sori of coffee rust hyperparasitized by fungus were collected from organic coffee plantations in the Comarca Ngäbe Bugle Region in Panama, which once identified corresponded to *Akanthomycescf lecanii*. Thirteen isolates samples from the localities of Hato Raton (8° 31'55,47; 81° 48'45,64 "; 1243 masl) and Cerro Tula (8° 24'18,17"; 81° 47'5,51"; 546 masl) were morphologically characterized through the measurements of fungal structures, *in vitro* growth rate and morphology of the colonies. It was observed white color colonies on leaf obverse and yellow on leaf reverse; elliptic-cylindric conidia, which presented a thin and floccous mycelium with regular and whitish edges. The number of conidia.mL⁻¹ averaged $3,58 \times 10^{12}$; the *in vitro* growth rate averaged $41,72 \pm 0,4$ mm in diameter at 10 days with a daily growth rate of $2,11 \pm 0,02$ mm. This study represents, to best of our knowledge, the first report of *Akanthomyces* isolates acting as hyperparasite of sori of coffee rust in two locations of CNB.

Key word: Native strains, functional biodiversity, micoparasitism, ecological interactions.

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Ngäbe Buglé, una parte importante de los productores cafetaleros trabajan los cultivos de forma orgánica, la cual tiene una alta demanda y un precio atractivo en el mercado internacional; sin embargo, el rendimiento es bajo. El 91% de los productores no usa fertilizantes y el 96% no usa plaguicidas. El 74% de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas es alta (Palacios et al., 2014).

La enfermedad fungosa roya del café *Hemileia vastatrix* se encuentra distribuida en las zonas cafetaleras de Centroamérica (Guharay, 2015; PROMECAFE, 2016) y fue en el año 2012, cuando se desató la epidemia de "roya anaranjada" (Avelino y Rivas, 2013; Cressey, 2013). La misma fue reportada afectando los cafetales de la Comarca Ngäbe Buglé en Panamá, desde 2013 (Palacios et al., 2014).



Se reportan hongos hiperparásitos de *H. vastratix* como *Verticillium lecanii*, *V. leptobactrum*, *V. psalliotae*, *Cladosporium hemileiae*, *Paranectria hemileiae*; los cuales se encuentran naturalmente interactuando de manera compleja con otras formas de vida en los cafetales y penetrando las hifas y esporas de la roya, degenerándolas o inhibiendo su crecimiento, por medio de secreciones, reduciendo la infección e inóculo de roya (Vandemeer et al., 2009, Jackson et al., 2012). Monzón (1992) reportó que, al ser evaluado *V. lecanii* en condiciones de invernadero, se observó actividad epifítica, que permitió al hongo en especial a concentraciones altas, parasitar las pústulas de roya que aparecieron 22 días después de la aplicación del hongo. Adicionalmente, Alavo (2015) reafirma que estos hiperparásitos han sido documentados como agente de control biológico de mildius y uredinales.

El hongo *Verticillium lecanii*, es reportado principalmente como un hongo entomopatógeno, muy importante para el control de organismos nocivos, áfidos y escamas, así como para moscas blancas *Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaco* Gennadius (Bustillo, 1986). *Verticillium lecanii* se le conoce como *Lecanicillium lecanii*, el cual es utilizado como control biológico de plagas insectiles que afectan a diferentes cultivos y el mismo fue reportado para Panamá incidiendo parasíticamente sobre varias especies de insectos, en sistemas agrícolas de la provincia de Chiriquí (González, 2013; Castillo et al., 2013). Castillo et al., (2013) reportan la especie *L. tenuipes* afectando un insecto del orden Homoptera y de uno del orden Hemiptera en áreas libres de broca del distrito de Boquete, provincia de Chiriquí. Recientemente, Nicoletti y Becchimanzi (2020) señalan que cada vez es evidente que muchos hongos endofíticos, como *L. lecanii*, realizan varias funciones benéficas, las cuales están interconectadas a través de la relación simbiótica de sus plantas hospederas. Por otra parte, Saikkonen et al., (1998) destacan los posibles beneficios de los endófitos para sus huéspedes, los cuales incluyen mayor tolerancia a los metales pesados, mayor resistencia a la sequía, una reducida herbivoría, defensa contra patógenos y habilidad competitiva.

El género *Lecanicillium* en una revisión de Kepler et al., (2017) fue reubicado con el nuevo nombre de *Akanthomyces*, por lo que, en lo sucesivo, aquí se referirá como *Akanthomyces lecanii*.



De acuerdo a Vázquez (2005), está demostrado que para lograr éxitos en la prevención y disminución de las afectaciones por las plagas es necesario manejar el cultivo y el sistema de producción modificando el hábitat, mediante cambios tecnológicos que favorezcan la función ecológica de regulación en sistemas biodiversos complejos para la reducción de los organismos nocivos. Es por esto que la presencia de enemigos naturales que actúan como reguladores biológicos de organismos nocivos, es objeto de exploración, especialmente en agroecosistemas poco intervenidos por prácticas de la agricultura convencional productivista.

Siguiendo el enfoque de Manejo Agroecológico de Plagas que consiste en la implementación de prácticas agronómicas (suelo, cultivo y biodiversidad funcional), de conservación de enemigos naturales y lucha biológica por aumento de entomopatógenos y entomófagos (Vázquez, 2005), se realizó un diagnóstico agroecológico dinámico para comprender las funciones e interacciones ecológicas sistémicas y generar de manera participativa una estrategia de manejo agroecológico de las principales plagas que afectan la productividad y persistencia de la caficultura y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura familiar Ngäbe Buglé (Santamaría-Guerra y González-Dufau, 2017; González-Dufau et al., 2019).

Para desarrollar un programa efectivo de manejo agroecológico es necesario el conocimiento del potencial biótico y las necesidades ecológicas de los patógenos y de sus enemigos naturales. De ahí, que este estudio tuvo como objetivo la identificación y caracterización morfológica de hiperparásitos de *H. vastatrix* aislados de muestras de hojas de café infectadas, procedentes de dos localidades de la Comarca Ngäbe Buglé.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de Entomología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en David, Chiriquí, República de Panamá se analizaron muestras que consistieron en hojas de café con soros de roya cubiertas por un micelio blanco, colectados en las localidades bajo estudio. Siete aislados fueron colectados en la localidad de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"), seis en Cerro Tula (8° 24' 18,17"; 81°47'5,51") y fueron comparadas con un aislado de *A. lecanii* (= *L. lecanii*) colectado parasitando una larva de *Spodoptera* sp. en el cultivo de arroz, en la localidad de Barú (8° 23' 35,6"; 82° 46' 27,6").



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

Se realizaron diluciones seriadas a partir de colonias puras de los aislados en medio de cultivos Papa Dextrosa Agar (PDA), para la obtención de cultivo monospóricos. Posteriormente, se sembraron en sustrato PDA y se incubaron a 26°C en oscuridad. Se realizaron lecturas de los siguientes parámetros para su caracterización: medición del crecimiento micelial de las conidias, textura y coloración de la colonia por el anverso y reverso. Adicionalmente, mediante observación microscópica, se estudió el tipo de conidio, su forma y color, tamaño. Se evaluaron 50 conidios por aislado y el tamaño se midió en micras.

La identificación de las cepas aisladas se realizó de acuerdo a las características morfológicas y mediante el empleo de la clave taxonómica propuesta por Seifert et al., (2011). También, se emplearon las claves taxonómicas propuestas por Barnett y Hunter (1998) y Humber (2005).

Para la caracterización fisiológica se tomó una alícuota de la suspensión homogénea de conidias (10^6 conidios.mL⁻¹), se colocó en la ranura lateral de la cámara Neubaüer (Neubaüer improved, Marienfeld, Alemania) y se realizaron los conteos de conidios por cada aislado en estudio (French y Hebert, 1979; Leucona, 1998). El crecimiento micelial radial se determinó en placas Petri con medio PDA incubadas a 26°C en oscuridad, de los 14 aislados se realizaron cinco repeticiones. Al segundo día de haber realizado la siembra se efectuaron mediciones en diámetros perpendiculares por placa durante 10 días, con lo cual se determinó la tasa de crecimiento por aislado.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics© y se efectuó un análisis de conglomerado jerárquico de las variables usando el método de Ward y determinar la distancia Euclídea de las variables morfométricas. Se compararon las diferencias entre los valores de diámetro de las colonias, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis a un nivel de significación de $P < 0,0001$. Los valores de la concentración de conidias se compararon mediante ANOVA de una vía a un nivel de significación de $P < 0,0001$, seguido de una prueba con el método de Student-Newman-Keul.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 14 aislados cultivados en el medio de PDA, presentaron colonias blancas con fina estructura algodonosa y de un color amarillo claro por el reverso a los 10 días. las colonias de los aislados de las tres localidades, mantuvieron la apariencia algodonosa de color blanco, y aproximadamente al tercer día se observó una elevación umbonada en el centro de la colonia, se observó más sumergida y con ligeras estrías o radiaciones, las cuales son más visibles por el reverso, el cual se torna de color crema. Estos resultados coinciden con lo planteado por Brady (1979) quien encontró que *Akanthomyces*(=*Lecanicillium*) *lecanii*, forma colonias en PDA con coloración blanca y crema en su reverso, además de poseer textura algodonosa. Las conidias presentaron formas elípticas-cilíndricas. Presentó hifas hialinas (Figura 1), con fiálides en grupos de tres (Zare y Gams, 2001). Las conidias fueron de elipsoidales a cilíndricas, emergiendo en el extremo superior de la fiálide. La dimensión de las conidias así como la identificación de cada aislado se presenta en el Cuadro 1.

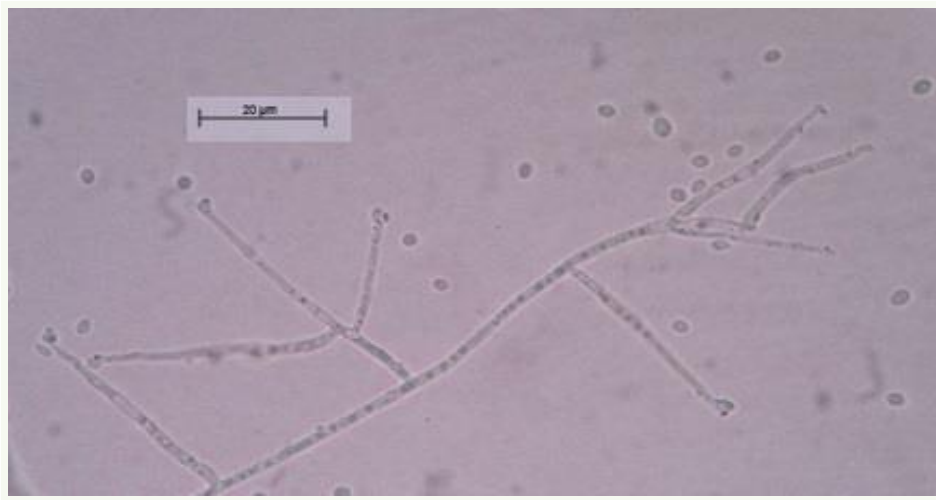


Figura 1. *Akanthomyces*. Aislado D-AI1460 a 400x.

Las dimensiones de las conidias (μm) (L x A) fluctuaron en los rango de (1,74-3,69)x(0,9-1,76) (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con los reportados por Zarey Gams (2001) quienes indican valores fluctuantes entre 2,5 – 3,5 x 1,0 – 1,5 y con los obtenidos por Romero (2020) quien reporta valores de las dimensiones de conidias de los aislados de *Lecanicillium* sp. oscilando entre (2,5-3,5)x(1,5-2,0) μm .



Cuadro 1. Dimensión de las conidias e identificación de los aislados/cepas.

Aislado	Lugar de procedencia y hospedero	Dimensión de conidias (μm) (L x A, \bar{X} , n = 50)	Identificación
DAI1444	Hato Ratón; Soros de Roya	1,6-3,5x 0,7-1,8, 2,61-1,16	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1445	Hato Ratón; Soros de Roya	1,5-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,12	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1446	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,22	<i>Akanthomyceslecanii</i>
DAI1447	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,9, 2,65-1.20	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1448	Hato Ratón; Soros de Roya	1,9-3,2x0,8-1,5, 2,55-1,19	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1449	Hato Ratón; Soros de Roya	2,0-4,0x0,7-1,8, 2,65-1,15	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1450	Hato Ratón; Soros de Roya	0,7-1,7x 1,8-3,6,2,59-1,18	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1455	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,4x0,7-1,7, 2,93-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1456	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,7-1,7, 2,77-1,23	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1457	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,1x0,8-1,8, 2,73-1,22	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1458	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,0x0,8-1,8, 2,8-1,17	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1459	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,2x0,8-1,7, 2,89-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1460	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,8-2,0, 2,88-1,32	<i>Akanthomyces lecanii</i>
RSLm205	Barú; larva de <i>Spodoptera</i> sp.	2,50-4,10x1,20-2,10, 3,39x1,61	<i>Akanthomyces muscarium</i>

Al comparar los promedios del crecimiento micelial en PDA a los 10 días (Cuadro 2), estos fueron diferentes entre sí (Kruskal Wallis $P=0,0011$). La diferencia entre las cepas en cuanto a su crecimiento se expresó por el lugar de procedencia del aislado. *Akanthomyces lecanii* procedente de Hato Ratón obtuvo mayor crecimiento en promedio (42,37mm) que el promedio de los aislados de Cerro Tula (40,28 mm) y de Barú (41,43mm). Este crecimiento del hongo bajo condiciones *in vitro* es similar con lo descrito para *L. lecanii* por Domsch et al., (1980), quienes señalan que a los 33 días de incubación en medio agar malta a 20° C, las colonias de este hongo alcanzan un crecimiento promedio entre 66 mm y 72 mm de diámetro.

El análisis de conglomerado jerárquico con el método de Ward y la distancia Euclídea tuvo una correlación cofenética de 0,896 de las variables microscópicas; que reveló dos grupos: uno compuesto por el aislado RSLm205 procedente de Barú, mientras que un segundo grupo estuvo conformado por los aislados procedentes de la CNB (Figura 2), con subgrupos diferenciados (distancia 2,04) según localidades de origen, lo cual sugiere una diversidad por su origen geográfico, entre los aislados nativos estudiados.



Cuadro 2. Crecimiento micelial (mm) y concentración de conidias ($\text{ml} \times 10^{12}$) en el medio PDA.

Aislado	Concentración* de $/\text{ml} \times 10^{12}$	Crecimiento micelial (mm)			CV (%)
		diámetro total**	min	max	
DAI1444	3,17±0,19 a	42,27±0,66 d e f	37,90	44,70	4,91
DAI1445	3,19 ±0,19 a	44,46±0,77 f g	39,40	47,30	5,45
DAI1446	3,28 ±0,19 a	41,02±0,58 a b c d	36,50	43,40	4,44
DAI1447	3,15 ±0,19 a	42,03±0,96 c d e f	35,40	45,10	7,25
DAI1448	3,57 ±0,19 b c d	42,04±0,71 b c d e	37,50	45,40	5,81
DAI1449	3,43 ±0,19 a b c	43,59±0,82 e f g	39,40	46,60	5,96
DAI1450	4.21 ±0,19 e	41,21±0,61 a b c d	38,20	44,50	4,70
DAI1455	3,34 ±0,19 a b c	40,37±0,65 a b	37,90	44,80	5,11
DAI1456	3,46 ±0,19 a b c	39,94±1,80 a b c d e	25,90	44,10	14,24
DAI1457	3,89 ±0,19 d e	39,12±1,60 a b c	25,20	42,30	12,90
DAI1458	4,15 ±0,19 e	38,82±1,49 a	25,70	41,70	12,10
DAI1459	4,10 ±0,19 e	41,51 ±0,18a b c d e	40,60	42,20	1,36
DAI1460	3,66 ±0,19 c d	41,93±0,24 b c d e f	40,10	42,70	1,81
RSAm205	3,65 ±0,19 c d	41,43±0,70 a b c d e	37,30	45,20	5,35

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). ANOVA, seguida de una comparación múltiple (SNK); $P < 0,05$.

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). Prueba de Kruskal-Wallis, $P < 0,05$.

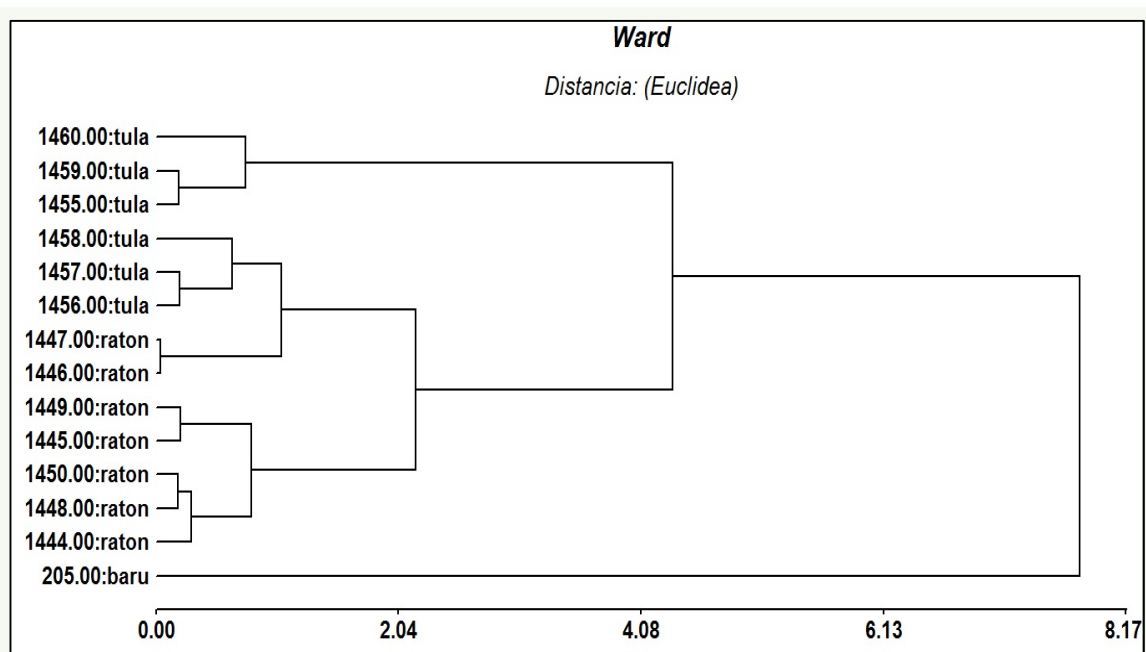


Figura 2. Aislados de *Akanthomyces lecanii* procedentes de la CNB evaluados de acuerdo a las variables microscópicas. Correlación cofenética= 0,896.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

CONCLUSIONES

- Se confirma la identidad de los aislados encontrados como pertenecientes al género *Akanthomyces*, el cual es reportado por primera vez en Panamá como hiperparásito de *H. vastatrix*, encontrado naturalmente presente en plantaciones de café orgánico de la Comarca Ngäbe Buglé.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, deben complementarse con la caracterización molecular para analizar la variabilidad genética, poblacional y geográfica de las cepas nativas. Adicional, se recomienda realizar estudios más detallados para identificar los mecanismos de acción de *Akanthomyces* y determinar si su acción es endofítica y/u otros comportamientos, son parte de interacciones tróficas complejas con otros organismos del agroecosistema del cultivo de café. También se deben realizar pruebas experimentales en invernadero y campo para evaluar la actividad hiperparasítica de las cepas nativas de *Akanthomyces lecanii* sobre *H. vastatrix* y seleccionar las más patógenas e incluirlas en la estrategia de Manejo Agroecológico de Plagas del café en la Comarca Ngäbe Buglé.

BIBLIOGRAFÍA

- Alavo, B.C. 2015. The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pests control: A review. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 3:337-345. [http://dx.doi.org/10.18006/2015.3\(4\).337.345](http://dx.doi.org/10.18006/2015.3(4).337.345).
- Avelino, J., y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. Proyecto: Control de la roya del café en Mesoamérica. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036/document> (consultado 26 mar.2018).
- Barnett, H.L., y B.B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Brady, B.L., 1979. *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas. Description of pathogenic fungi and bacteria. Commonwealth Mycological Institute set-61 N°610.



- Bustillo, A.E. 1986. Evaluación del hongo *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* en el control de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* en frijol. *Revista Colombiana de Entomología* 12(2): 26-31.
- Castillo, S., J. Bernal, J. Lezcano, M. Piepenbring, y O. Cáceres. 2013. Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 15(2): 29-39.
- Cressey, D. 2013. Coffee rust regains foothold. Researchers marshal technology in bid to thwart fungal outbreak in Central America. *Nature*. 493: 587. <https://doi.org/10.1038/493587a>
- Domsch, K.L., W. Gams, y T.H. Anderson. 1980. *Compendium of soils fungi*. Acad. Press, Londres y Nueva York.
- French, E.R., y T.T. Hebert. 1979. *Métodos de investigación fitopatológica*. IICA, San José, Costa Rica.
- Guharay, F.; J. Monterrey; D. Monterroso; y C. Staver. 2015. *Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Managua, Nicaragua. 2000, Serie Técnica, Manual Técnico, n. 44.
- González-Dufau, G.I. 2013. Caracterización morfológica y molecular de cepas con potencial biocontrolador. In: *Memorias del XXVI Congreso Científico de la Universidad Nacional*, 21 al 25 octubre 2013.
- González-Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, y J. Rojas-Meza., J. 2019. Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 80 pp. ISBN 978-962-677-47-5. <http://www.idiap.gob.pa/?wpdmdl=3944> (consultado 25 ago. 2020).



- Humber, R.A. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification. USDA-ARS. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshoprev.pdf>
- Jackson, D., J. Skillman, and J. Vandermeer. 2012. Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological Control*, 61(1): 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.004>
- Kepler, R.M., J.J. Luangsa-ard, N.L. Hywel-Jones, A. Quandt, G.H. Sung, A. Stephen, and B. Shrestha. 2017. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA FUNGUS*, 335-353. <https://doi:10.5598/imafungus.2017.0802.08>
- Leucona, R. 1998. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. 143-150. In: Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas. Roberto Leucona Ed. Buenos Aires, Argentina. Talleres gráficos Mariano Mas.
- Monzón C., A.J. 1992. Distribución de *Verticillium* sp. en tres zonas cafetaleras de Nicaragua, y evaluación de dos aislamientos del hongo como agente de control biológico de la roya (*H. vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica* L.). Tesis (M.Sc.). CATIE, Turrialba (Costa Rica), 1992.
- Nicoletti, R. and A. Becchimanzi. 2020. Endophytism of *Lecanicillium* and *Akanthomyces*. *Agriculture*10, 205; doi:10.3390/agriculture10060205
- Palacio, E., J. Santamaría-Guerra, L. Torres, E. Sánchez, y G.I. González D. 2014. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Informe Técnico Anual. Memoria 2014. Disco compacto, 8mm.
- PROMECAFE- FWES NET. 2016. El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central. Informe Especial.



- Romero, D.S. 2020. Aislados nativos de *Lecanicillium* sp. para el manejo de la roya *Hemileia vastatrix* (Berk & Broome) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía Maestría en Sanidad Vegetal. Trabajo de tesis.
- Saikkonen, K., S.H. Faeth, M. Helander, and T.J. Sullivan. 1998. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annu. Rev. Ecol. System.* 29: 319–343.
- Seifert, K; G. Morgan-Jones, W. Gams, and B. Kendrick. 2011. The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands. 997 p.
- Santamaría-Guerra, J., and G.I. González-Dufau. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41:3-4, 349-365. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Vandermeer, J., I. Perfecto, and H. Liere. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathology.* 58(4): 636-641. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02067.x>
- Vázquez, L. (2005). Experiencia Cubana en el Manejo Agroecológico de Plagas en Cafeto y Avances en la Broca del Café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57.
- Zare, R., and W. Gams. 2001. A revision of *Verticillium* sect. Prostata. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen nov. *NovaHedwigia* 73:1-50. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1>



AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Investigaciones Botánicas-Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la doctora Tina Hoffman por su apoyo en el procesamiento preliminar de los aislados obtenidos. Se agradece a los productores José Gallardo y Lorenzo Morales por compartir sus conocimientos y por la atención brindada en la colecta de muestras en sus cafetales. A los revisores por sus valiosos aportes para mejorar el documento.



**PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE *Trialeurodes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN LOS CULTIVOS DE PAPA Y TOMATE¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*³; *Kathia Castrejon*⁴;
*Isabel Herrera*⁵; *Arnulfo Monzón*⁶**

RESUMEN

La mosca blanca de los invernaderos - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) es una plaga de importancia para la agricultura de tierras altas de la provincia de Chiriquí. La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad. Con el objetivo de determinar parámetros demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*) en Cerro Punta, provincia de Chiriquí, en los cultivos de papa (cv. Puren) y tomate (cv. Tropic), cultivadas con fotoperiodo de 12L: 12O horas y temperatura promedio de $20,8 \pm 0,7^\circ$ C y humedad relativa promedio de $70,93 \pm 2,69\%$. Se obtuvieron los principales parámetros del potencial biótico de *T. vaporariorum*, se determinó que la planta de tomate (cv. Trópico) fue mejor hospedera con la mayor tasa intrínseca de desarrollo y la menor mortalidad de *T. vaporariorum*, comparada con la planta de papa (cv. Puren).

PALABRAS CLAVES: Tasa intrínseca de desarrollo, Tasa generacional, mosca blanca de los invernaderos.

¹ Recepción: 25 de mayo de 2018. Aceptación: 13 de junio de 2018.

² M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. e-mail: gladys.gonzález@didiap.gob.pa

³ Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. CIA-Chiriquí.

⁴ Bach. en Ciencias. IDIAP. CIA-Chiriquí.

⁵ Ph.D. Fitopatología. Universidad Nacional Agraria.

⁶ Ph.D. Entomología. Universidad Nacional Agraria.

**DEMOGRAPHIC PARAMETERS OF *Trialeurodes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ON POTATO AND TOMATO CROPS**

ABSTRACT

The greenhouse whitefly - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) is a pest of importance for highland agriculture in the Chiriqui province. The determination of whether there are differences in the quality of the host plant of crops for the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*), has been carried out through experiments in host plant selection, life span, fecundity, frequency of oviposition, rate of development and mortality. With the objective of determining demographic parameters of the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*) under the local conditions of Cerro Punta, Chiriquí province, in the crops of potatoes (cultivar Puren) And tomato (cultivar Tropic), cultivated with photoperiod of 12L:12O hours, average temperature of $20,8 \pm 0,74^{\circ}$ C and average relative humidity of $70,93 \pm 2,69\%$. The main parameters of the biotic potential of *T. vaporariorum* were obtained, it was determined that the tomato plant was the best host with the highest intrinsic rate of development and the lowest mortality of *T. vaporariorum*, compared with the potato plant.

KEY WORDS: Intrinsic rate of development, Generational rate, greenhouse whitefly.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Chiriquí, considerada el granero de la República de Panamá, concentra la mayor parte de la producción agropecuaria del país, con una estructura de la tenencia de la tierra en la cual el 82% de los productores poseen menos de 10 hectáreas y ocupan tan solo el 11,58% del total de la superficie cultivada. Aunque sus productores representan el 14% del total de productores agropecuarios del país, el 59,39% poseen menos de 10 hectáreas y dependen por completo de las actividades agropecuarias para su

sustento, lo cual los ubica en la categoría de pequeños agricultores familiares (INEC 2010).

De las principales hortalizas que se producen en el país, según datos del ciclo agrícola 2016-2017, reportados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA 2017), el 88,11% se producen en la provincia de Chiriquí y de este el 98,26% en sistemas de producción hortícolas de tierras altas (≥ 900 msnm).

La actividad hortícola tiene gran importancia en la producción de

alimentos y en la actividad comercial y socioeconómica local, siendo además una fuente importante de generación de empleos.

La producción hortícola es además un importante polo de innovación tecnológica, como lo es la expansión de los cultivos protegidos, los cuales se han incrementado en más de 628% en los últimos 13 años, pasando de 17,5 ha en el 2000/2001 a 110 ha en el 2013/2014, principalmente en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pimentón (*Capsicum annuum*) (MIDA 2017). Esta dinámica de crecimiento se debe a las ventajas que ofrece la protección de cultivos, ya que permite aumentar el rendimiento, proteger de las plagas y cumplir con la demanda de productos frescos durante todo el año, tanto para el mercado nacional como internacional.

Por otra parte, se registra una pérdida de competitividad de la producción hortícola y de disminución de la superficie sembrada, debido al alto costo de producción, degradación de suelos y aguas, variabilidad climática, falta de financiamiento, proliferación de plagas y enfermedades y políticas públicas que privilegian las importaciones, especialmente de los cultivos de papa y cebolla (Santamaría-

Guerra y González 2017). La producción nacional de estos dos rubros abastece el 50,9% y 47,6%, respectivamente del consumo nacional (INEC 2015), sin embargo, los productores se ven afectados en la comercialización de su producción debido a que las importaciones generalmente coinciden con la época de cosecha.

De manera general, los productores hortícolas han tenido que modificar sus prácticas de cultivo para atender las regulaciones sanitarias y las exigencias del mercado por productos inocuos a la salud humana y al ambiente. Así, los productores hortícolas sustituyen insumos sintéticos por bioinsumos, sin cambiar la dependencia externa y manteniendo prácticas de monocultivo en campos poco diversificados, siguiendo rotaciones influenciadas por la demanda del mercado y en un territorio estructurado con base en la intensificación productivista, lo que los mantiene en condición de vulnerabilidad (Santamaría-Guerra y González 2017).

Los daños por insectos plagas, son reportados por los productores como uno de los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en las tierras altas de la región occidental del

pais (Santamaría-Guerra ⁷2017). En los sistemas de producción hortícola existe un complejo de insectos plaga entre las que están la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (González 1997, González *et al.* 2018). Su manejo se torna difícil debido, entre otros aspectos, a su corto ciclo de vida, su potencial reproductivo, su elevado número de generaciones al año, su amplio rango de plantas hospederas (polifagia), su ubicación en el envés de la hoja que las protege de las aplicaciones de químicos insecticidas y a su gran capacidad para desarrollar resistencia a éstos (Prijović *et al.* 2014, McDaniel *et al.* 2016, Despoina *et al.* 2017).

Los daños directos de la mosca blanca consisten en la reducción de la fotosíntesis de la planta, la disminución de la calidad de la producción al favorecer la proliferación de fumagina (*Capnodium* spp.) sobre hojas y frutos producto de la excreción de mielecilla, que afectan las plantas y pueden provocar grandes pérdidas en el rendimiento. Por otra parte, se reportan daños indirectos debido a que transmiten diferentes virus que afectan los cultivos (Duffus 1965, Duffus *et al.*

1996, Van Dorst *et al.* 1983). En el cultivo de papa, Salazar *et al.* (2000) y Gabarra *et al.* (2018) reportan que el virus de la vena amarilla de la papa (PVYV; Género Crinivirus, Familia Closteroviridae) es transmitido por *T. vaporariorum*.

La tendencia hacia la búsqueda de alternativas de manejo de plagas, amigables con el ambiente, es marcadamente creciente, cobrando así, mayor relevancia la búsqueda de prácticas que contribuyan a la sostenibilidad de la producción de alimentos inocuos a los humanos y al ambiente. Una de las prácticas reportadas como exitosa es el uso de avispas parasitoides como *Encarsia* y *Eretmocerus* para el control de *T. vaporariorum* (Westwood) en diferentes cultivos (Woest y Van Lenteren 1976), sin embargo, los resultados varían debido a la influencia de la planta hospedera en la eficiencia del parasitoidismo y sobre los parámetros reproductivos y demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (De Vis 2001).

Las plantas proporcionan refugio (hospedaje) y alimentos a los insectos fitófagos, al mismo tiempo que ofrecen

⁷ Santamaría-Guerra, J. 2017. Caracterización de sistemas de producción con hortalizas en las tierras altas de la Región Occidental de Panamá (entrevista). IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, CIA Chiriquí), Volcán, PA.

facilidades para su apareamiento y oviposición. Debido a esto, la selección y aceptación de una planta hospedera idónea, es vital para la supervivencia y reproducción de cualquier insecto herbívoro.

La interacción entre la planta hospedera y los insectos (nocivos o benéficos) está determinada por una parte, por las características de las plantas en cuanto a cantidad y calidad de nutrimentos que ofrece (néctares, polen, aminoácidos, azúcares entre otros), la presencia de compuestos volátiles, metabolitos secundarios y otros químicos de contacto que atraen a los insectos y las características de las estructuras foliares como textura, colores y defensas mecánicas (Buttler y Henneberry 1984, Singer 2000, Costa *et al.* 2009). Por otra parte, la presencia de estructuras especializadas (sensores/sénsulos) en las extremidades (tarsos y antenas), en los ojos y partes bucales de los insectos, le permiten percibir las características favorables de las plantas hospederas (Schoonhoven *et al.* 2005).

Décadas de investigación han revelado las interacciones en la relación entre los parasitoides y su hospedero, así como también con las plantas hospederas, e.g. la mayoría de los casos

el parasitoide *Encarsia formosa*, tiene mayor producción de progenie, una tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento r_m mayor que la de *T. vaporariorum* y puede mantener reguladas las poblaciones de su hospedero (Van Roermund y Van Lenteren 1992, De Vis 2001).

Sin embargo, en algunos casos el control biológico no es exitoso debido entre otros factores a la planta hospedera. Cuando la calidad de la planta hospedera es excelente para *T. vaporariorum* su r_m incrementa considerablemente mientras que el r_m de *E. formosa* se mantiene constante. Temperaturas bajas en invernaderos puede también tener un efecto negativo en el control biológico reduciendo la r_m de *E. formosa*, y su actividad y motilidad (Van Lenteren *et al.* 1996).

La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad de la mosca blanca (Huang 1988, Yano 1988, González 2005). En USA, Natwick y Zalom (1984), señalaron que a 10° C el

desarrollo es lento y a 32° C éste se lleva a cabo en pocos días; otros autores demostraron que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto sobre hojas de algodón varió de 65,1 días a 14,9° C hasta 16,6 días a 30° C (Butler *et al.* 1984).

En Panamá, González (2005), reportó diferentes períodos para el ciclo de vida de este insecto de acuerdo a la planta hospedera en la cual se desarrolla, indicando que el desarrollo de huevo a adulto, las moscas blancas demoran entre 12 días en el cultivo de tomate y 14 días para el cultivo de pimentón.

En este trabajo se evaluó el comportamiento de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* en tomate (cv. Tropic) y papa (cv. Puren). Se determinó el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* en dichos materiales genéticos, la fecundidad y parámetros demográficos (r_m , R_o , *Tiempo generacional*) por cada uno de los materiales genéticos de tomate y papa en condiciones de laboratorio y bajo las condiciones locales de Cerro Punta, provincia de Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del potencial biótico (duración, tasa de supervivencia preimaginal, proporción de

sexos, longevidad, fecundidad y los parámetros demográficos) de *T. vaporariorum* en dos de sus plantas hospederas (papa y tomate), fue necesario disponer de un pie de cría del insecto y de plantas de papa y tomate como sustento para la cría. Las actividades se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta (UTM 17P-X326698 Y948190, 1950 msnm). A continuación, se detallan los parámetros, variables evaluadas y las condiciones en que se realizaron los ensayos.

Insectos y plantas hospederas

Los individuos de *T. vaporariorum*, provenían de un pie de cría desarrollado sobre plantas de papa cultivar Puren y de tomate, cultivar Trópico. Estas se cultivaron individualmente en macetas plásticas en el invernadero de la Estación Experimental de Cerro Punta, con fotoperiodo de 12L:12O y temperatura promedio de 20,8 ± 0,74° C y humedad relativa promedio de 70,93 ± 2,69% que fueron registradas diariamente con un termohigrómetro (Sper Scientific 800017). Las plantas se les suministró suplementación nutricional de acuerdo a los análisis de fertilidad del Laboratorio de Suelos del IDIAP y se mantuvieron hasta

que alcanzaron un tamaño de 20 cm de alto, en el caso de las de papa y en el caso de las de tomate, hasta que alcanzaron de siete a ocho hojas funcionales (lo cual ocurrió a las siete semanas).

Duración del desarrollo preimaginal

La duración del desarrollo preimaginal se determinó seleccionando adultos de *T. vaporariorum*. Se escogieron veinte pares de hembras y machos y se colocaron en jaulas pinzas, de 2,4 cm de diámetro y 1,9 cm de profundidad, sobre el envés de las hojas. El sexo de las moscas blancas se determinó sin anestesarlas. Las jaulas se mantuvieron adheridas a la hoja por 24 horas, para garantizar la misma edad para todos los huevos, luego de este periodo la jaula fue removida y los adultos se retiraron con un aspirador manual. Se contó el número de huevos ovipositados, lo cual originó el seguimiento de un cohort de individuos. Debido al efecto de la edad de la hoja en los distintos parámetros biológicos los individuos fueron colocados sobre la tercera hoja expandida hojas del sector medio de la planta. Durante el desarrollo posterior, los conteos fueron realizados a intervalos de 48 horas con una lupa manual (20X) registrando el desarrollo preimaginal desde la eclosión

del huevo hasta la formación de los puparios (presencia de ojos rojos).

Longevidad y fecundidad de hembras adultas

El procedimiento utilizado para la cría de las ninfas y permitirles desarrollarse hasta el adulto fue similar al aplicado al estudio de duración del desarrollo preimaginal. Los puparios fueron trasladados a cápsulas de gelatina de 2,0 cm de largo x 0,8 cm de diámetro hasta la emergencia de los adultos. Los adultos recién emergidos de la cohorte poblacional fueron separados de acuerdo al sexo con la ayuda de un estereomicroscopio (Leica MZ 12,5). Se seleccionaron hembras adultas de aproximadamente dos horas de emergidas. Las mismas fueron colocadas individualmente en jaulas trampas en hojas de tomate y papa junto con un macho y se dispusieron en una cámara de crecimiento (Sanyo Enviromental Test Chamber) a 20° C 4000 lux, fotoperiodo 12L: 12O y 70% de humedad relativa. Cada dos días las parejas se trasladaban a una nueva hoja (de la parte media) de la planta y se mantenían dentro de la jaula trampa (antes de moverla a una nueva hoja, se verificaba que no tuviera huevos). El diámetro cubierto con la jaula pinza se demarcaron externamente y se separaron para realizar los conteos de

huevos ovipositados por hembra hasta su muerte para calcular la fecundidad y longevidad. Se registraba la mortalidad y si un macho moría antes que la hembra, se le reemplazaba por uno nuevo. La media y desviación estándar de la longevidad de las hembras fue calculada, asumiendo que un individuo murió el día anterior al que fue encontrado muerto en la jaula pinza.

Calculo de parámetros demográficos

El tiempo de desarrollo y la tasa de supervivencia de individuos inmaduros y la proporción de hembras se combinaron con datos experimentales de reproducción para crear tablas de vida 'lx-mx' para calcular parámetros demográficos para *T. vaporariorum*. Para cada experimento, se calcularon los siguientes parámetros demográficos, definidos por Price (1975): la tasa reproductiva neta (R_0 , que representa el número de descendientes hembras que una hembra promedio deja en una generación), y el tiempo generacional (T , el cual es equivalente al período medio entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de la descendencia). La tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m) para *T. vaporariorum* bajo las condiciones ambientales también se calculó, usando la ecuación dada por Carey (1993):

$$\sum \exp(-r_m x) l_x m_x = 1$$

donde x es la edad

l_x es la supervivencia específica para la edad,

m_x es la proporción de descendientes hembras de una hembra a la edad x

Siguiendo a Carey (1993), la edad pivotal, que es $x + 0,5$, se usó para calcular valores de r_m .

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se analizaron las características en estudio: duración de desarrollo, supervivencia preimaginal, longevidad y fecundidad de las hembras.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para examinar el efecto de las especies de planta en la duración de desarrollo de los estadios preimaginales, tiempo total de desarrollo (huevo-adulto), supervivencia, fecundidad y longevidad de las hembras de *T. vaporariorum*. Cuando el resultado del ANOVA indicaba una diferencia significativa, las medias fueron comparadas con la prueba de Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

Se compararon las diferencias entre los valores de longevidad y

fecundidad, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Los valores de la tasa de oviposición se compararon mediante ANOVA de un factor a un nivel de significación de $P < 0,001$. Para estos tres parámetros, si se detectaron diferencias de significancia, se hicieron comparaciones múltiples usando el método de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$). Las diferencias en el tiempo de desarrollo se probaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis, seguido de comparaciones múltiples (método de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Duración de las fases de desarrollo

El desarrollo de la fase de huevo tuvo en promedio 15,26 días en papa Puren y 9,87 días, en tomate Trópico. La

fase de ninfa tuvo una duración de 20,21 días en papa Puren, y 17,58 días en tomate Trópico; mientras que el desarrollo total de la fase de inmaduros tuvo en promedio 41,82 días en papa Puren y de 33,06 días en tomate cultivar Tropic (Cuadro 3). Se encontró un efecto de la planta hospedera sobre la duración de desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* ($P < 0,001$). El desarrollo lento sobre papa cultivar Puren es causada por un incremento en la duración del primero y segundo estado ninfal (Figura 1). Estos resultados concuerdan con Coudriet *et al.* (1985), De Vis (2001), Manzano y Lenteren (2009) quienes indicaron que el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* es influenciado por el cultivo hospedero.

CUADRO 1. DESARROLLO PREIMAGINAL DE LA MOSCA BLANCA *Trialeurodes vaporariorum* EN DOS ESPECIES DE PLANTA HOSPEDERA.

Planta hospedera	Tiempo de desarrollo imaginal (días)	
	(Media \pm EE)	
	Papa	Tomate
Huevo	15,26 \pm 0,08 a	9,87 \pm 0,50 b
1 ^{er} estadio	6,02 \pm 0,07 a	5,89 \pm 0,49 a
2 ^{do} estadio	4,39 \pm 0,08 a	3,45 \pm 0,87 b
3 ^{er} estadio	4,45 \pm 0,09 a	4,77 \pm 1,05 b
4 ^{to} estadio	5,34 \pm 0,13 a	3,46 \pm 0,28 b
Pupa	6,52 \pm 0,33 a	5,66 \pm 0,30 b
Huevo-adulto	41,82 \pm 0,52 a	33,06 \pm 0,43 b

Medias con letras iguales en la misma fila, no son significativamente diferentes ($P < 0,001$), Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

El resultado de este experimento para el tiempo de desarrollo de inmaduro en tomate fue de 33,06 a una temperatura promedio de 20,8° C, fueron comparados con los de Eijsackers (1969), Huang (1988), Yano (1989), Dorsman y Van De Vrie (1987), quienes realizaron estudios similares en tomate a 20° C y obtuvieron respectivamente 31,6; 33,10; 40,7 y 33,39, similares a los obtenidos en este experimento. Mientras que, a temperaturas mayores, *i.e.* 24° y 25° C, Osbrone (1982), Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan para el cultivo de tomate, menor desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* con 24,3 y 21,01 días, respectivamente. Similarmente, González (2005) reportó un desarrollo preimaginal a 22° C, 24,23 en tomate cv. Moneymaker y de 24,86 días en cv. Hyslip.

En el cultivo de la papa, Boiteau y Singh (1988) determinan un desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* de 23,08 días en papa silvestre (cv. PI 473340) y 21,38 días en cv. Red Pontiac a 26° C, Mientras que en este estudio se registró un desarrollo preimaginal de 41,82 días a 20,8° C en el cv. Puren.

Supervivencia

La tasa de supervivencia (huevo-adulto) de *T. vaporariorum* sobre plantas

de tomate fue significativamente diferente ($P < 0,001$), correspondiendo al 63% de los individuos, mientras que para los que se desarrollaron sobre papa fue de 13%. Este resultado plantea una desventaja importante para *T. vaporariorum* en papa (Figura 1). La misma tendencia es observada para la mortalidad; ya que esta fue mayor en papa que en tomate (Figura 1), indicativo de que la primera, posee menor calidad como planta hospedera. Adicional, se observó que los mayores valores de mortalidad se presentaron en el estadio huevo y el primer estadio ninfa I, sugiriendo que la planta hospedera afecta desde el estadio de huevo.

Considerando que la supervivencia es un factor determinante para el desarrollo de una población, la capacidad de un artrópodo para desarrollarse sobre un determinado hospedero depende de cuantos individuos sobreviven para reproducirse sobre este (González Zamora y Gallardo 1999). Byrne y Bellows (1991) reportan para distintas especies de aleyrodidos un amplio rango de valores de supervivencia (10% a 93%), dentro del cual están los resultados de este estudio. La supervivencia *T. vaporariorum* sobre plantas de tomate es próxima a los valores hallados por Woets y Van Lenteren (1976) y por Van de Merendonk

y Van Lenteren (1978) (78,9 y 78,8%, respectivamente), aunque fue menor al 88% medido por Van Sas *et al.* (1978) y por otra parte, a igual temperatura, Huang (1988), indica una supervivencia del 49% en tomate, lo cual es similar a lo reportado en este estudio.

Proporción de sexos

La relación hembra: macho de las moscas blancas que llegaron al estado adulto fue diferente en los dos

hospederos ($P < 0,001$). En promedio, la relación macho: hembra fue de 0,69 para *T. vaporariorum* en el cultivo de papa y de 0,46 en el cultivo de tomate. (Cuadro 2). Esto coincide con lo reportado en papa por Boiteau y Singh (1988), Dorsman y Van De Vrie (1987) en tomate. Esa diferencia a favor de las hembras tendría importancia en el desarrollo de las poblaciones del insecto debido a que favorecería la tasa de natalidad.

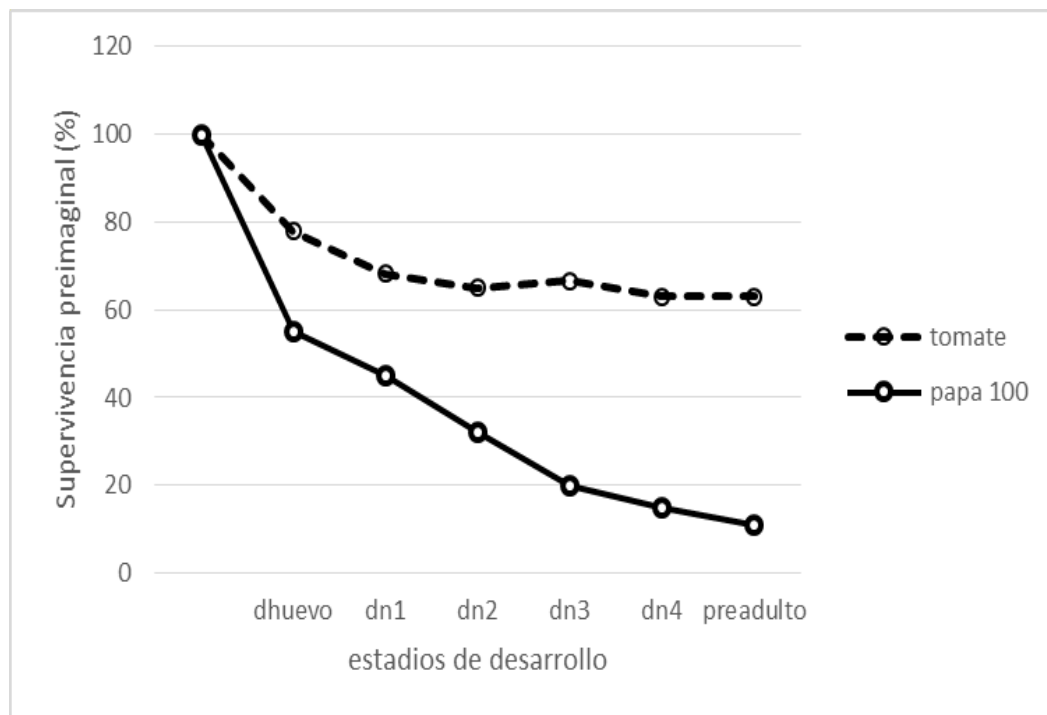


Figura 1. Supervivencia de *T. vaporariorum* por estadio como porcentaje del número de huevos iniciales.

Longevidad y fecundidad de hembras adultas

La longevidad media de *T. vaporariorum* reportada en este estudio a 20,8° C fue mayor ($P < 0,001$) cuando se desarrolló sobre plantas de tomate ($12,29 \pm 1,82$ días) que sobre papa ($4,79 \pm 2,34$ días). La fecundidad total en tomate fue de $217,95 \pm 2,56$ huevos por hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 2,18 huevos/hembra/día. La fecundidad total en papa fue de $27,63 \pm 1,87$ huevos/hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 5,01 huevos/hembra/día (Cuadro 2).

De acuerdo a De Vis (2001), Manzano y Van Lenteren (2009) la longevidad, fecundidad y la oviposición cambian con la temperatura, el tipo de cultivar y la raza de mosca blanca. Los resultados de Van Es (1982), a 20° C indican una longevidad de 53 días mientras que a 22,5° C fue de 37,1 días. De Vis (2001) en su estudio encontró a temperaturas variables ($16,0 \pm 5,1^\circ$ C) para tomate, una fecundidad total promedio de 208.5 huevos por hembra en un rango con un máximo de 581 y mínimo de 20. Los valores encontrados en el estudio actual son similares a los realizados a 20° C por Dorsman y De Vrie (1987), de 210,7 huevos/hembra/día. A igual temperatura (20° C). Ibrahim (1975)

y Van Hes (1982), reportaron 144 y 219 huevos/hembra/día. respectivamente. Otros estudios realizados a temperaturas mayores reportan promedios de fecundidad variables. Curry y Pimentel (1971) reportan una fecundidad en tomate de 249,7 a 21° C, mientras que Van Sas (1978) y Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan 95 y 107 huevos/hembra/día respectivamente, a 25° C en el cultivo de tomate. Van Roermound y Van Lenteren (1992) encontraron que la oviposición alcanza el máximo a 22° C y señalan que parte de la variación producida en la fecundidad entre hembras es causada por la variación en la longevidad.

Existen pocos datos sobre la fecundidad de *T. vaporariorum* en papa para las condiciones que se evaluaron. Boiteau y Singh (1988) reportaron para papa silvestre y cultivada 4,90 y 4,76 días respectivamente, a una temperatura de 26° C, siendo estos valores similares a los encontrados en este experimento.

Parámetros demográficos

Se encontró un efecto significativo de la planta hospedera sobre los tres parámetros demográficos calculados para *T. vaporariorum*: la tasa neta de reproducción (R_0), el tiempo medio generacional (TG) y la tasa intrínseca de

crecimiento natural (r_m) (Cuadro 3). Similares resultados fueron obtenidos por Yano (1989) y Romanow *et al.* (1991) para los mismos parámetros.

El valor de R_0 resultó bastante inferior (49,6) para tomate al encontrado por otros investigadores, siendo de 106,1 huevos/hembra para Ahn *et al.* (2001) y de 63,8 huevos/hembra para Yang y Chi (2006). Por otra parte, Manzano y Van Lenteren (2009) determinaron un r_m de 0,61 y un R_0 de 127 huevos/hembra para *T. vaporariorum* en variedades de (*Phaseolus vulgaris*) a 25° C.

El tiempo medio generacional coincide en líneas generales con los

resultados de Coudriet *et al.* 1985, Tsai y Wang 1996, Ahn *et al.* 2001, Yang y Chi 2006). Aunque el tiempo generacional está muy relacionado con la duración del desarrollo preimaginal, expresa mejor la relación temporal del insecto con la planta, puesto que incluye la longevidad del adulto y la secuencia reproductiva.

La r_m para *T. vaporariorum* en tomate a 16° C estimada por Van Lenteren *et al.* (1996) es 0,0663, es similar a la calculada en este estudio. Esperaríamos una R_0 más baja en este experimento debido a la menor fecundidad como resultado de una menor calidad de la planta huésped (tomate).

CUADRO 2. LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE HEMBRAS DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.

Cultivar	tomate	papa
Fecundidad	217,95 a	27,63 b
Longevidad (días)	12,29 a	4,79 b
Oviposición	2,18 a	5,01 b
Proporción sexo	0,46 a	0,69 b

Medias con letras iguales en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P < 0,001$), Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

CUADRO 3. PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE TABLA DE VIDA DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.

Cultivar	tomate	papa
r_m (tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento)	0,067	0,060
R_0 (tasa neta de reproducción)	49,6	0,464
TG (tiempo medio generacional)	23,4	32,55

R_0 = tasa neta reproducción, r_m = tasa de incremento de la población, TG = duración media de una generación.

La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos claros, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y la dinámica poblacional de los insectos plagas; conocimiento que puede usarse posteriormente como una herramienta para diseñar estrategias de manejo de plagas.

CONCLUSIONES

- Los parámetros obtenidos en este estudio, relativos al potencial biótico de *T. vaporariorum* en interacción con las dos plantas hospederas permiten concluir que el cultivo de tomate (cv. Tropic) posee características que lo califican como mejor hospedero de este insecto plaga comparado con el cultivo de papa (cv. Puren).
- La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos relevantes, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y las interacciones multitróficas de las poblaciones de los organismos que co-existen espacialmente y co-evolucionan temporalmente; conocimiento que puede usarse para diseñar estrategias de manejo

agroecológico de organismos nocivos a los cultivos agroalimentarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, KS; Lee, KY; Choi, MH; Kim, JW; Kim, GH. 2001. Effect of temperatura and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology 40:203-209.
- Boiteau, G; Singh, RP. 1988. Resistance to the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in a clone of the wild potato *Solanun berthaultii* Hawker. Ann. Entomol. Soc. Am. 81:428-431.
- Butler, GD; Henneberry, TJ. 1984. *Bemisia tabaci*: Effect of cotton leaf pubescence on abundance. The Southwestern Entomologist 9:91-94.
- Byrne, DN; Bellows Junior, TS. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36:431-457.
- Carey, JR. 1993. Applied demography for biologists. New York: Oxford University Press.

- Costa, JF; Cosio, W; Cárdenas, M; Yábar, E; Gianoli, E. 2009. Preference of quinoa moth: *Eurysacca melanocampe* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in olfactometry assays. J. Agric. Res. 69(1):71-78.
- Coudriet, DL; Prabhaker, N; Kishaba, AN; Meyerdirk, DE. 1985. Variation in developmental rate on different hosts and over wintering of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environm. Entomol. 14:516-519.
- Curry, JP; Pimentel, D. 1971. Life cycle of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, and population trends of the whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*, on two tomato varieties. Ann. Entomol. Soc. Am. 64:1188-1190
- Despoina, E; Kapantaidaki, Eldem Sadikoglou, Dimitra Tsakireli, Vasileios Kampanis, Marianna Stavrakaki, Corinna Schorn, Aris Ilias, Maria Riga, George Tsiamis, Ralf Nauen, George Skavdis, John Vontas and Anastasia Tsagkarakou. 2017. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for mutations, Pest Management Science 74(1):59-69.
- Dorsman, R; Van De Vrie, M. 1987. Populations dynamics of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on different gerbera varieties. Bull.IOBC/WPRS 1987/ X/2:46-51.
- De Vis, RMJ. 2001. Biological control of whitefly on greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Amitus fuscipennis*? Doctoral thesis. Wageningen University. ISBN 90-5808-521-X 166 p.
- Duffus, JE. 1965. Beet pseudo-yellows virus, transmitted by the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. Phytopathology 55:450-453.
- Duffus, JE., Liu, H; Wisler, GC. 1996. Tomato infectious chlorosis virus -A new clostero-like virus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Eur. J. Plant Pathol. 102:219-226.
- Eijsackers, H. 1969. Ontwikkelingen en verspreiding van *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en *Encarsia formosa*. M.Sc. thesis,

- Dept of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands. 48 p.
- Gabarra, H; Cumapa, L; Carhuapoma, P; González D, GI; Muñoz, J; Gutiérrez, A. 2018. A temperatura responsive transmission model for the Potato yellow vein virus-*Trialeurodes vaporariorum*- potato pathosystem. In XXVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP).
- González D, GI. 1997. Situación actual de la investigación en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de Hortalizas en Panamá. In Memorias Taller de Control Biológico de *Plutella xylostella*. REDCAHOR. Constanza, DO.
- González, GI; Pitti, J; Gutiérrez, A; Santamaría Guerra, J. 2018. Determinación de la sobrevivencia de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. Cerro Punta, Chiriquí. In Compendio de Resúmenes de la XLXIII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, PA.
- González Zamora, JE; Gallardo, JM. 1999. Desarrollo y capacidad reproductiva de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento a tres temperaturas. Boletín Sanidad Vegetal, Plagas 25:3-11.
- Huang, YG. 1988. Possibility of the greenhouse whitefly control by steril insect technique. M.Sc. thesis, Enea-Dept of Agrobiolgy, Rome, IT. 92 p.
- Ibrahim, GEA. 1975. 1975. The glasshouse whitefly and its parasite. Ph.D. Thesis. University of Badford. UK.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2010. Contraloría General de la República de Panamá. Productores agropecuarios y superficie en la república, por actividad principal, según provincia, comarca indígena y tamaño de la explotación: Año 2010. Consultado 25 may. 2018. Disponible en <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2015. Hoja de Balance de Alimentos 2015.

- Consultado 21 feb. 2018. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/>
- McDaniel, T; Tosh, CR; Angharad, MR; Gatehouse, AMR; David George, D; Robson, M; Brogan, B. 2016. Novel resistance mechanisms of a wild tomato against the glasshouse whitefly. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1).
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Informe del Cierre Agrícola 2016-2017. Dirección de Agricultura. MIDA, Santiago de Veraguas, Panamá. 49 p.
- Manzano, MR; Van Lenteren, JC. 2009. Life History parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivars. *Neotropical Entomology* 38:452-458.
- Natwick, ET; Zalom, FG. 1984. Surveying Sweetpotato whitefly in the Imperial Valley. *California Agriculture* 38:314.
- Osborne, LS. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.* 11:483-485.
- Price, P. 1975. *Insect ecology*. John Wiley & Sons, New York. 514 pp.
- Prijović, M; Škaljac, T; Drobnjaković, K; Žanić, P; Perić, D; Marčić, J; Puizina, J. 2014. Genetic variation of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), among populations from Serbia and neighbouring countries, as inferred from COI sequence variability. *Bulletin of Entomological Research* 104(03):357.
- Romanow, LR; De Ponti, OMB; Mollema, C. 1991. Resistance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. *Entomologia experimentalis et applicata* 60:247-259.
- Salazar, LF; Müller, G; Querci, M; Zapata, JL; Owens, RA. 2000. Potato yellow vein virus: its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by *Trialeurodes*

- vaporariorum*. Annals of Applied Biology 137(1): 7-19. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00052.x>
- Santamaría-Guerra, J; González D, GI. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. Agroecology and Sustainable Food Systems. 41:3-4, 349-365. Consultado 23 feb. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Schoonhoven, LM; van Loon, JJA; Dicke, M. 2005. Insect-plant biology/Louis M. Schoonhoven, Joop J. A. van Loon, Marcel Dicke. — 2nd ed.p. cm. 490 p.
- Singer, MC. 2000. Reducing ambiguity in describing plant-insect interactions: "preference", "acceptability" and "electivity". Ecological Letters 3:159-162.
- Tsai, JH; Wang, K. 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. Environmental Entomology 25: 810-816.
- Van De Merendock, S; Van Lenteren, JC. 1978. Determination of mortality of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) eggs, larvae and pupae on four host-plant species: eggplant (*Solanum melongera* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), paprika (*Capsicum annum* L.). Med. Fac. Landbouww. Rijk-univ. Gent 43:421-429.
- Van Dorst, HJM; Huijberts, N; Bos, L. 1983. Yellows of glasshouse vegetables transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Neth. J. Plant Pathol. 89:171-184.
- Van Es, E. 1982. Waardplantkwaliteit van twee vlezigetomaterassen voor de kaswttenvlieg *Trialeurodes vaporariorum* M.Sc. Thesis., Dept. of Entomology, Wageningen Agricultural University. 48 p.
- Van Lenteren, JC; Van Roermound, HJW; Sütterlin, S. 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? Biological Control 6:1-10.

- Van Roermound, HJW; Van Lenteren, JC. 1992. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) XXXIV. Life-history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* as a function of host plant and temperature. Wageningen University papers 92-3:1-102.
- Van Sas, J. 1978. Bepaling van de waardplantkwaliteit van augurk, meloen, en gerbera voor de kaswittevlies, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) M.Sc. Thesis, Dep of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands, 55 p.
- Woets, J; Van Lenteren, JC. 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). VI. Influence of the host plant on the greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. Bull. IOBC/WPRS 1976/4.
- Yano, E. 1989. Factors affecting population growth of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 33:122-127.
- Yang, TC; Chi, H. 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. Journal of Economic Entomology 3:691-698.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la asistencia del experimento al Ing. Javier E. Pitti y a la Licda. Grace Contreras. A los revisores anónimos por sus aportes críticos al manuscrito.

**INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE *Eretmocerus eremicus*
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) Y *Trialeurodoes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN TOMATE Y PIMENTÓN¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*³; *Kathia Castrejon*⁴;
*Isabel Herrera*⁵; *Arnulfo Monzón*⁶**

RESUMEN

La comprensión de las interacciones multitróficas entre parasitoides, plagas y plantas hospederas es importante para el desarrollo de alternativas de manejo agroecológico que potencien el restablecimiento de funciones ecosistémicas. En este estudio se realizaron experimentos de laboratorio para determinar la influencia del tomate (*Solanum esculentum*; cv. Moneymaker) y el pimiento dulce (*Capsicum annum*; cv. Goldenwonder y Yelowonder) en la aptitud y parasitoidismo del *Eretmocerus eremicus* atacando a *Trialeurodoes vaporariorum*. El tamaño del parasitoide, medido por la longitud de la tibia posterior, se correlacionó con el tamaño de las pupas del huésped como un indicador de aptitud. No se observó efecto significativo por cultivar en la longevidad de los parasitoides emergidos, en la tasa de emergencia y en la mortalidad de la etapa de inmaduros. Sin embargo, las plantas hospederas influyeron en el tiempo de desarrollo (días) y la proporción de sexos de los parasitoides. La tasa de crecimiento de la población del parasitoide era mayor que la de *T. vaporariorum*. La mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* se observó alimentándose del tomate cv. Moneymaker y el pimiento dulce cv. Goldenwonder, fue un hospedero igualmente adecuado para especímenes de *Er. eremicus*, lo que convierte a este parasitoide, en un agente de control biológico con potencial en un sistema de cultivo de tomate/pimiento dulce.

Palabras clave: Aptitud demográfica, Interacciones tritróficas, control biológico.

¹ Recepción: 2 de marzo de 2020. Aceptación: 20 de julio de 2020. Investigación financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

² IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. M.Sc. en Entomología.
e-mail: gladys.gonzález@idiap.gob.pa

³ IDIAP. CIA Chiriquí. Ph.D. en Innovación Institucional.

⁴ IDIAP. CIA Chiriquí. Bach. en Ciencias.

⁵ Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Fitopatología.

⁶ Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Entomología.



**TROPHIC INTERACTIONS BETWEEN *Eretmocerus eremicus*
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) AND *Trialeurodoes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) GROWING ON TOMATO AND GREENPEPPER PLANTS**

ABSTRACT

Understanding multitrophic interactions between parasitoids, pests, and host plants is important for the development of agro-ecological management alternatives that enhance the restoration of ecosystem functions. Laboratory experiments were conducted to determine the influence of tomato (*Solanum lycopersicum*; cv. Moneymaker) and sweet pepper (*Capsicum annuum*; cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder) on the fitness and parasitisation of the *Eretmocerus eremicus* attacking *Trialeurodes vaporariorum*. Parasitoid size, as measured by hind tibia length, was correlated with host pupae size as a fitness indicator. No significant cultivar effect was observed on the longevity of the emerged parasitoids, on the rate of emergence and on immature mortality. However, the host plants did influence development time (days) and sex ratio of the parasitoids. The population growth rate of the parasitoids was observed to be higher than that of *T. vaporariorum*. *T. vaporariorum*, feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder, was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens, which makes this parasitoid a promising biocontrol agent in a tomato/sweet pepper mix-cultivation system.

Key words: Demographic fitness, tritrophic interactions, biological control.

INTRODUCTION

The greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the most important vegetable pests (Perring et al., 1993; Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015). *This insect pest* is native to America, particularly the United States (USA) and northwestern Mexico. It is distributed in tropical and semi-tropical regions of the world (Myartseva et al., 2010), where it is parasitized by diverse natural enemies (García-Guerrero et al., 2018); adults and immature are phloem feeders and can contribute to reduce productivity by directly consuming transportable carbohydrates, nitrogen and other nutrients. Moreover, they produce large amounts of honeydew on the leaf, on which sooty moulds occasionally develop with a resultant reduction in leaf photosynthesis (Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

The parasitoid *Eretmocerus eremicus* has shown its potential as a biological control agent of the greenhouse whitefly (De Barro et al., 2000), and it is recommended for use by commercial companies (e.g. Koppert Biosystems, Bioplanet, Biobest). Furthermore, Greenberg et al. (2002), indicate that *Er. Eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) is very efficient in attacking the two important whitefly pest species: *T. vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Similarly, Aliaga (2013) reported from Perú *Er. eremicus* attacking *Trialeurodes variabilis* feeding on yuca plants (*Manihot esculenta* L.). In Panama *Eretmocerus* had been reported by Rusell (1962), Carreiro (1994) and Ferguson (1994). More recently, Bernal (2001) reported *Eretmocerus* as the most abundant species for tomato under field condition in Azuero. Gonzalez et al. (2009), reported this parasitoid feeding on *Bemisia* and *Trialeurodes vaporariorum* at Los Santos, Capiro and Boquete districts in Panama. Eggs are deposited underneath whitefly nymphs at the leaf surface, and 1st instars penetrate the underside of the host upon eclosion. Parasitoid larvae completely consume the contents of the host before pupation (Gerling et al., 1990; Foltyn and Gerling, 1985).

Eretmocerus have developed a special type of ectoparasitism. They oviposit under the host and their eggs are protected between the leaf and the host. Thereafter, they enter the host but induce it to form a capsule that allows them to remain functionally external to both the host's blood cells and to cellular defence mechanisms. The capsule remains intact during the first and much of the second larval instars. During that time, the whitefly nymph disintegrates with just a few tissues remaining. When the capsule breaks up, and the parasitoid larva becomes fully exposed to the host's body fluids, these are scarcely able to invoke effective defensive mechanisms. Thus, by ovipositing under a young host instar, *Eretmocerus* avoids the disadvantages of ectoparasitism by ovipositing under the host and developing within it, and of endoparasitism by living within a capsule that protects it from host defences (Gerling, 1966).

The effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop. Efficient mass rearing and release of parasitoids is dependent on our knowledge of the nature of agroecosystems and the principles by which they work (León and Altieri, 2010). One very important aspect of this is the deep understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction. The study of the parameters of life of parasitoids is also important because of the possibility of combining



more than one of these natural enemies in the biological control strategy of the same insect pest (Qiu et al., 2005). This is a research topic that has received a lot of attention in the past, yet research with respect to the strategies (e.g. host selection) used by different parasitoids with different life histories and studies on the effect of the integration of agroecological practices on the performance of the production system are growing rapidly (Vásquez and Fernández, 2008; Altieri and Nicholls, 2007).

Large hosts are supposed to be of better quality, as they are believed to contain more resources than small ones (Charnov, 1982). However, host size may not always be indicative of host quality at the time of parasitisation. The influence of host size on parasitoid development may differ between idiobont and koinobont parasitoids. According to Waage's (1982) hypothesis: "size dependent sex ratios are to be anticipated in idiobont parasitoids which oviposit in non-growing stages (e.g. eggs and pupa) or which paralyse their hosts prior to oviposition (many larval parasitoids), but not in koinobont parasitoids which oviposit and develop in growing host stages (egg-larval or larval parasitoids) for which host size is not a good predictor of larval resources". However, King (1989) stated that Waage's hypothesis is not true for all koinobionts.

Since the effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop through understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction, the present study focuses on the effect of host quality of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper (poor quality host plant) or tomato (intermediate quality host plant). This is a common mix cropping system at horticultural farms in the highlands of the Chiriquí province.

MATERIALS AND METHODS

Whitefly and parasitoid species

Adult whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* were reared in a wooden cage (50cmx50cmx56cm) on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L. cv. Moneymaker). From this rearing, adult whitefly (20 females:20 males) from zero to seven days old were transferred and confined to the undersides of leaves of the host plants cultivars (sweet pepper *Capsicum annuum* cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder; and tomato cv. Moneymaker) using clip cages of 2,5 cm diameter and were allowed to ovoposit for 24 h.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

After these time all the whiteflies were removed with an aspirator and the host plants were transferred and maintained at the laboratory of Entomology (IDIAP, Chiriquí), in a climatic chamber at $22 \pm 1^\circ \text{C}$ and 50% RH with a 12:12 h light:dark photoperiod until the nymphs had developed in to the 2nd instar.

Parasitoid pupae *Er. eremicus* used in this experiment were obtained from Koppert Biological Systems BV, through its distributor Agrobio NCS based in Costa Rica. Cardboards of parasitoids pupae were located in petri dishes to allow emergence of both females and males. Newly emerged adult females were allowed to mate individually with an individual male inside a gel capsule (20 mm long x 7 mm diameter).

Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid *Er. eremicus*

Three plants of each cultivar were infested with whitefly as described above. About 35 second instars whitefly nymphs were offered to the parasitoid and superfluous whiteflies nymphs were removed. Subsequently, one mated female parasitoid (1 d old) was released and confined with the nymphs in a large (3,5 cm diameter) clip cage at 22°C . After 24 h, the parasitoid females were removed. Ten percent of the total nymphs offered were dissected and checked for parasitoid eggs. All of the remaining nymphs were allowed to complete their development. When the parasitized nymphs had changed colour from light to dark, they were counted daily until emergence. This allowed the number of successfully parasitized hosts to be determined. The percentage of parasitized nymphs was calculated from the total number of nymphs used per female. The percentage of emerged parasitoids was calculated only from hosts that could be identified as parasitized. After emergence, the puparia from parasitized and non-parasitized individuals that had developed on each plant cultivar were measured. Longevity of each emerged adult parasitoid was measured by daily checking the vials in which adult parasitoids were held as unfed individuals. Upon death, parasitoid adults were frozen for posterior measurement of the hind tibia length.

Statistical tests: Differences were tested for significance with ANOVA, Mann-Whitney U test or the Chi Square test, all at the 5%-probability level.



A one-factor analysis of variance (ANOVA) was used to examine the effect of plant species on the total immature development time, and longevity of males and females of *Er. eremicus*. When the ANOVA result indicated a significant difference, the means were compared with the Least test (LSD; $\alpha = 0,05$).

Calculation of demographic parameters: The net reproduction rate (R_o), the average generation time (T), the intrinsic rate of natural growth (r_m) were calculated using the two equations of Andrewartha and Birch (1954) where $r_{m1} = (\ln R_o1) / T1$ and $r_{m2} = (\ln R_o2) / T2$. The survival of each stage was calculated using the following formula:

Equal stage survival = N° individuals enter stage (i + 1) / N° individuals enter stage i) $\times 100$

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid

The development time of immature male parasitoids varied significantly for the tested cultivars. Males from the sweet pepper cv. Goldenwonder had the longest development time. The pooled male and female development period of different cultivars were 22,09 d; 22,64 d and 23,82 d for sweet pepper cv. Goldenwonder, tomato cv. Money maker and sweet pepper cv. Yolo wonder, respectively, and the differences between cultivars were significant ($P < 0,05$; Table 1). Wasps emerging from hosts feeding upon the sweet pepper cv. Yolo wonder took more than one day longer to complete development than wasps emerging from hosts on the sweet pepper cv. Goldenwonder and tomato cv. Money maker.

Table 1. Immature development time in days of *Eretmocerus eremicus* on *Trialeurodes vaporariorum* and on three different cultivars at 22° C.

Host plant	Mean \pm se ^{1/}	n	CV (%)	Min – Max
Tomato – cv. Money maker	22,64 \pm 0,06a	497	0,26	17 – 28
Sweet pepper – cv. Goldenwonder	22,09 \pm 0,27b	59	1,21	19 – 28
Sweet pepper – cv. Yolo wonder	23,82 \pm 0,23c	69	0,94	21 – 30

^{1/} Different letters in a column indicate significant differences; ANOVA with LSD ($P < 0,05$).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

The longevity of unfed female *Er. Eremicus* was not influenced ($P < 0,001$) by the host plant on which *T. vaporariorum* had developed (Table 2). Few parasitoid females emerged from whiteflies on the sweet pepper cultivars and so the data might not be representative, nevertheless, as reported by Vet et al. (1980), data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on sweet pepper are extremely varied.

The longevity of unfed males differed significantly between the three cultivars (Table 2), being longest on the sweet pepper cv. Goldenwonder and shortest on the sweet pepper cv. Yelowonder.

Table 2. Mean of males and female's longevity (days) of unfed *Eretmocerus eremicus* emerging on *Trialeurodes vaporariorum* feeding on three different cultivars.

Host plants	Mean \pm s.e. ^{1/}	n	CV (%)	Min - Max
Females				
Tomato – cv. MoneyMaker	2,12 \pm 0,05 a	129	2,36	0 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,43 \pm 0,29 a	7	11,9	1 - 3
Sweet pepper– cv. Yelowonder	2,09 \pm 0,21 a	11	10,5	1 - 3
Males				
Tomato – cv. MoneyMaker	1,72 \pm 0,04 a	212	2,3	1 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,15 \pm 0,15 b	33	6,9	1 - 4
Sweet pepper– cv. Yelowonder	1,47 \pm 0,21 c	37	14,3	1 - 3

^{1/} Within each row (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences. ANOVA with LSD ($P < 0,05$).

Basic life history parameters and demographic parameters of *Er. eremicus* are shown in Tables 3 and 4. *Trialeurodes vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. MoneyMaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant. *Eretmocerus eremicus* developed faster, had a lower immature mortality, and a greater longevity on whiteflies on the sweet pepper cv. Goldenwonder than on the sweet pepper cv. Yelowonder. The sex ratio was significantly different for both sweet pepper cultivars species ($\chi^2 = 0,84$; $P = 0,66$).



Table 3. Life history parameters of *Eretmocerus eremicus* developing on different host plants.

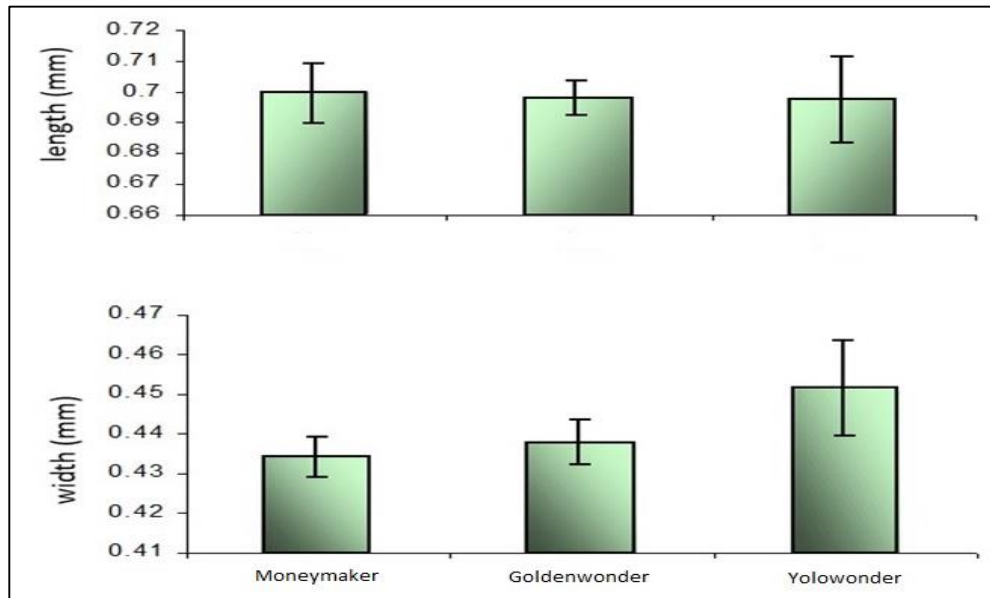
Parameter	Tomato cv. Moneymaker	Sweet pepper cv. Yelowonder	Sweet pepper cv. Goldenwonder
	Mean	Mean	Mean
% Emergence rate	81,3 a	77,8 a	71,9 a
% Immature mortality	18,6 a	22,1 a	19,6 a
Sex ratio (males: females)	0,41 a	0,3 b	0,3 b

Within each column (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences ($P < 0,5$).

The χ^2 analysis of percentage of emergence in this experiment revealed non-significant differences ($P = 0,66$) for the host plants studied.

Table 4. Demographic parameters of *Eretmocerus eremicus* on tomato and sweet pepper as host's food plants.

Parameter	Tomato cv. Moneymaker	Sweet pepper cv. Yelowonder	Sweet peppe cv. Goldenwon
Ro = net reproduction	43,82	43,13	36,55
T = generation time	27,64	27,09	28,82
r_m = intrinsic rate of increase	0,142	0,133	0,130

**Figure 1. Width and length of the puparium after parasitoid adult emergence per each cultivar (Moneymaker; Goldenwonder, Yelowonder).**

©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

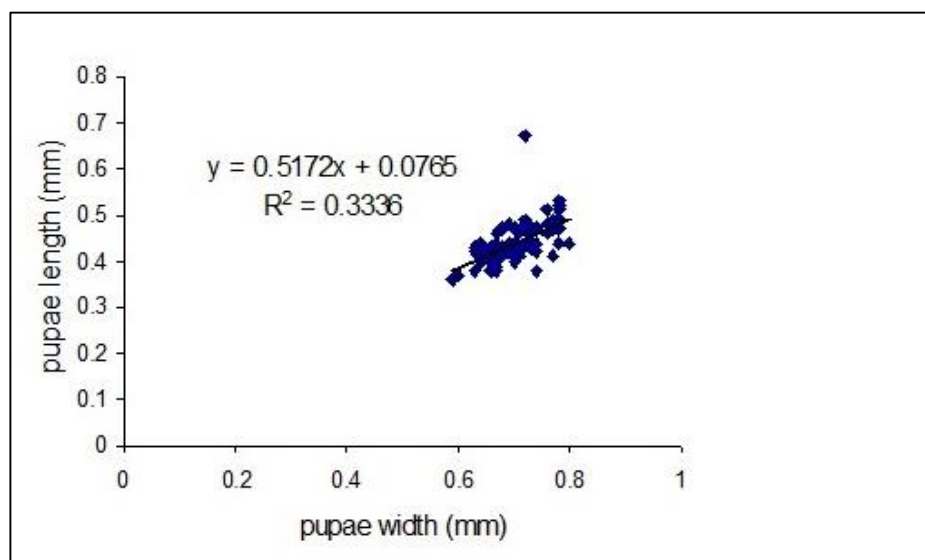


Figure 2. Effect of *Eretmocerus eremicus* tibia length on puparium length: width ratio measured after emergence.

A positive correlation was observed between length and width size (Figures 2). The data of hind tibia length for parasitoids that developed in hosts on the three types of host plant investigated is given in Table 5. No significant host-plant effect was observed on the tibia length of adult parasitoids studied under laboratory conditions.

Table 5. Effect of host's food plant on the tibia length of *Eretmocerus eremicus*.

Host plant	Mean \pm se ^{1/(mm)}	N	CV(%)	Min	Max	Range
Tomato- cv Moneymaker	0,241 \pm 0,002 a	70	0,97	0,20	0,28	0,08
Sweet pepper- cv.Goldenwonder	0,245 \pm 0,003 a	36	1,25	0,20	0,27	0,07
Sweet pepper- cv.Yolowonder	0,247 \pm 0,003 a	19	1,19	0,23	0,26	0,03

¹ Within each row different letters indicate significant differences. ANOVA with LSD (P>0,05).

The current study on tritrophic-interactions established that sweet pepper as the host plant slightly affected some of the life history parameters of the parasitoid *Er. eremicus*, but the host plant did not influence the population development of the parasitoid, as well as the size of the hind tibia of the parasitoids emerging from *T. vaporariorum*. These results



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

agree with the conclusions reported by other authors (van Lenteren and Noldus, 1990; Thomas, 1993; Shah and Liu, 2013) about host quality of the sweet pepper upon *T. vaporariorum*.

Eretmocerus eremicus developing in the larval stages of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper, performed least well on the cultivar Yelowonder. However, performance of *Er. eremicus* on the sweet pepper cultivar Goldenwonder was much better than that on tomato. Within the genus *Eretmocerus*, differences in performance of parasitoids have previously been reported by Powell and Bellows (1992) and De Barro et al. (2000), working with *Bemisia* as host. The first authors compared development of parasitoids on cotton (*Gossypium hirsutum*) and cucumber (*Cucumis sativus*), and, De Barro et al. (2000), reported a host plant effect on *Eretmocerus* spp., with a suitability gradient from most suitable to least suitable as follows: cotton, hibiscus (*Hibiscus* sp.), rockmelon (*Cucumismelo*), soybean (*Glycine max*), and tomato.

Plant effects on another aphelinid group have been reported by Heinz and Parrella (1994). These authors reported differences in host feeding, parasitism, and total number of nymphs killed among four parasitoid species (*Encarsia Formosa* Gahan, *En. luteola* Howard, *En. pergandiella* Howard, and *En. transvena* Timberlake), and on two different poinsettia cultivars (*Poinsettia pulcherrima*). Greenberg et al. (2002), investigated the effect of different tomato cultivars on two *Eretmocerus* species, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, and reported no significant differences for these characteristics. Interestingly, they observed size differences for *Eretmocerus* species when reared on *T. vaporariorum* and *B. tabaci*. Both, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, were larger when they had developed on *T. vaporariorum* than on *B. tabaci*. Regarding other groups of biological control agents, our findings agree with those of van Huis and de Rooy (1998) who studied the effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* and its egg parasitoid *Uscana lariophaga*. They observed higher mortality and longer development in the eggs of *C. maculatus* on the legume that was less favourable for the development of *C. maculatus*. While Orr and Boethel (1986), reported that plant antibiosis can influence the biology over four trophic levels.



When looking at the fitness parameters, this study demonstrated that *T. vaporariorum* nymph size did not vary when this whitefly feeds on the evaluated sweet pepper or tomato and agree with the results reported by Greenberg et al. (2002). This might be the reason why there was no influence on the parasitoids hind tibia length, and why *T. vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant.

Positive significant correlation between tibia length and puparium ratio agree with those studies on which size alone was a significant longevity predictor (Hooker et al., 1987) in the eulophid studied parasite. Sagarra et al. (2001), observed in laboratory conditions that parasitoid size, as measured by left hind tibia length, was positively correlated with several indicators of the parasitoid fitness (longevity, mating preference, fecundity, reproductive longevity, progeny emergence, and sex-ratio).

Regarding to the longevity of the adults, our results were similar to those reported by Hanan et al. (2010), who observed a life span of 2,5~5,5 days without food source. Data from the present study showed that unfed females lived longer (2,02~2,43 days) than unfed males (1,47~2,15 days). This can be interpreted as an adaptation to ensure that the parasitoids live for longer if hosts are unavailable, so that they have more time to search for their hosts and therefore a greater chance of producing progeny.

On the other hand, strong female sex bias in the parasitoid offspring from sweet pepper cultivars was reported on this study. This agrees with Islam and Copland (1997) report on that the proportion of male parasitoids decreased with the increasing host size and showed significant linearity. Biological data indicate maternal manipulation of the offspring sex ratio of parasitoid wasps in response to host size. From this it can be predicted that a greater proportion of females will be laid in large hosts (King, 1989). However, the extremely high mortality experienced by the host on sweet pepper plant might mask the offspring sex ratio. Experimental studies have shown that, for hymenopteran parasitoids, host size at oviposition is often a reliable indicator of host suitability for parasitoid development (Visser, 1994; Sagarra, 2001). Large hosts contain more resources for parasitoid development than small hosts; and therefore in terms of parasitoid fitness are assumed to be qualitatively superior (Waage's host size dependent theory). However, King



(1989) suggests that in koinoinbiont species with wide host-species size ranges, there will not be a selection pressure for females to manipulate offspring sex ratio in response to host size unless females can discriminate between host species or host species do not overlap in the size of susceptible instars.

Published data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper are extremely varied (Vet et al., 1980). Values reported here are comparable within the range reported by Koopert (2002) working at 25° C on *Er. mundus* and *B. tabaci* as host, who reported a r_m of 0,192 for tomato and 0,198 for sweet pepper, with survival rates of 73% and 64%, respectively. In our study we observed smaller values for the r_m (0,142) for tomato and [0,131 (cv. Yolowonder) - 0.131(cv. Goldenwonder)] sweet pepper with survival rates of 81,3% for tomato cv. Moneymaker, and 77,8% for sweet pepper cv. Yolowonder and 71,9% for sweet pepper cv. Goldenwonder.

Despite the difference reported in life history parameters, the intrinsic rate of increase observed for *Er. eremicus* developing in nymphs of *T. vaporariorum* feeding on tomato and sweet pepper was still greater than that of their host (Gonzalez et al., 2018). Good control of whitefly on sweet pepper may be possible because this is an extremely poor host plant for whitefly (both larvae and adult) but conditions for the parasite are rather good as the leaves are smooth and the wasp is hardly hampered by obstacles (van Lenteren et al., 1977). Although with smooth leaves, the margin of the nymph fits well with the leaf surface making it more difficult for the wasps to oviposit under the nymph (Headrick et al., 1996; De Barro et al., 2000; Cetintas and McAuslane, 2009). This information would be useful for development rearing strategies of whitefly parasitoids, and biological control of the species of whiteflies using *Eretmocerus*.

As a starting point for understanding how parasitoids respond as larvae to host quality constrains in a tomato sweet pepper mix cropping system, the results obtained in this study indicate that biological control of *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper might be possible under protected cultivation. In addition, these findings will aid scientific understanding of tritrophic interactions in nature and agricultural field systems under the scope of agroecological reconversion of conventional production systems based on the habitat diversification and agroecological pillar. The optimal function of agroecosystems



depends on the spatial-temporal designs that promote synergies between above and below ground key biodiversity components, which in turn determine the expression of ecological processes such as pest regulation, nutrient cycling and productivity.

BIBLIOGRAPHY

- Aliaga, J. 2013. Presencia de *Trialeurodes variabilis* (Quaintance, 1900) y su parasitoides *Eretmocerus eremicus* Rose&Zolnerowich en cultivos de yuca *Manihot esculenta* Crantz en Supe - Barranca, Lima - Perú. Revista Peruana de Entomología, 47(1-2): 12-14. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/235>
- Altieri, M.A., y C.I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. 2007/1. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada
- Andrewartha, H.G., and L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.
- Bernal V., J.A. 2001. Untersuchung zum Einsatz natürlicher und synthetischer Insektizide und zur Parasitierung von *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) im Tomatenanbau in Panama. Dissertation schrift, Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie der Justus-Liebig-Universität Giessen 136 p.
- Byrne, D.N., T.S. Bellows, Jr., and M.P. Parrella. 1990. Whiteflies in agricultural systems. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, 227-261.
- Carreiro, R. 1994. Análisis del complejo de enemigos naturales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 89 p.
- Cetintas, R., and H. McAuslane. 2009. Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. The Florida



- Entomologist 92(4): 538-547. Retrieved September 24, 2019, from <http://www.jstor.org/stable/25594574> (consultado 24 sep. 2019).
- Charnov, E.L. 1982. Theory of sex allocation. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- De Barro, P.J., P.J. Hart, and R. Morton. 2000. The biology of two *Eretmocerus* spp. (Haldeman) and three *Encarsia* spp. Foster and their potential as biological control agents of *Bemisia tabaci* biotype B in Australia. Entomol. Exp. Appl. 94: 93-102. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00608.x>
- Ferguson G, O.L. 1994. Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 98 p.
- Foltyn, S., and D. Gerling. 1985. The parasitoids of the aleyrodid *Bemisia tabaci* in Israel: development, host preference and discrimination of the aphelinid wasp *Eretmocerus mundus*. Entomol. Exp. Appl. 38: 255-260. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03527.x>
- García-Guerrero, D.A., O. García-Martínez, S.N. Myartseva, L.A. Aguirre-Uribe, and G. Arcos-Cavazos. 2018. New Records of the Genus *Encarsia* Förster and Hosts at Veracruz, Mexico. Southwestern Entomologist 43(1): 273-275. <https://doi.org/10.3958/059.043.0102>
- Gerling, D. 1966. Studies with whitefly parasites of southern California II. *Eretmocerus californicus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). The Canadian Entomologist 98: 1316-1329. <https://doi.org/10.4039/Ent981316-12>
- Gerling, D., T. Orion, and Y. Delarea. 1990. *Eretmocerus*: Penetration and immature development: a novel approach to overcome host immunity. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 13: 247-253. <https://www.tau.ac.il/lifesci/departments/zoology/members/gerling/documents/68.pdf>



- González D, G.I., J.A. Guerra, N. Villarreal, K. Adames, L. Araúz, y J. Núñez. 2009. Contribución al conocimiento de los parasitoides de la mosca blanca en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Notas de Investigación en Progreso Año 13 N° 2 marzo 2009. ISSN 0257-7127.
- González D., G.I., and J. Santamaría Guerra. 2015. Biological control: an integrated management alternative for *Trialeurodes vaporariorum* in Panama greenhouses. *Ciencia Agropecuaria* 22:68-109.
- González Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, K. Castrejón, I. Herrera, y A. Monzón. 2018. Parámetros demográficos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. *Ciencia Agropecuaria* 28: 37-55. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/3>
- Greenberg, S.M., W.A. Jones, and T.X. Liu. 2002. Interactions among two species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. *Environ. Entomol.* 31(2): 397-402. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.397>
- Hanan, A., X.Z. He, M. Shakeel, and Q. Wang. 2010. Effect of food supply on reproductive potential of *Eretmocerus warrae* (Hymenoptera: Aphelinidae). *New Zealand Plant Protection* 63: 113-117. ISSN 1179-352X https://www.nhm.ac.uk/resources/research-curation/projects/chalcidoids/pdf_X/HananHeSh2010.pdf
- Headrick, D.H., T.H. Bellows, and T.M. Perring. 1996. Behaviours of female *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton, *Gossypium hirsutum*, (Malvaceae) and rockmelon, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). *Biological Control* 6: 64-75. <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0009>
- Heinz, K.M., and M. Parrella. 1998. Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd Ex Koltz) cultivar-mediated differences in performance of five natural enemies of *Bemisia argentifolii*



- Bellows & Perring, n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control* 4(4): 305-318. <https://doi.org/10.1006/bcon.1994.1039>
- Hooker, M.E., E.M. Barrows, and S.W. Ahmed. 1987. Adult longevity as affected by size, sex, and maintenance in isolation or groups in the parasite *Pediobus foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 655-659. <https://doi.org/10.1093/aesa/80.5.655>
- Islam, K.S., and M.J.W. Copland. 1997. Host preference and progeny sex ratio in a solitary koinobiont mealybug endoparasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Girault), in response to its host stage. *Biocontrol Science and Technology* 7: 449-456. <https://doi.org/10.1080/09583159730857>
- King, B.H. 1989. Host-size dependent sex ratios among parasitoid wasps: does host growth matter? *Oecologia*. 78: 420-426. <https://doi.org/10.1007/BF00379119>
- Koppert Biological Systems. 2002. BEMIPAR *Eretmocerus mundus*: Control biológico de la mosca blanca *Bemisia tabaci* con el parasitoide *Eretmocerus mundus*. 9 p.
- León, T., and M.A. Altieri. 2010. Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un programa latinoamericano de agroecología. In: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA, pp 11- 52.
- Myartseva, S.N., E. Ruíz-Cancino, J.M. Coronado-Blanco, and A.M. Corona-López. 2010. Especies de *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) que parasitan *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en Tamaulipas y Morelos, México, y descripción de una especie nueva. *Dugesiana* 17(2): 129-135. ISSN: 0065-1737. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=575/57531721003>
- Orr, D.B., and D.J. Boethel. 1986. Influence of plant antibiosis through four trophic levels. *Oecologia* 70: 242-249. <https://doi.org/10.1007/BF00379247>



- Perring, T.W., A.D. Cooper, and R.J. Rodriguez, C.A. Farrar, and T.S. Bellows, Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77. DOI: [10.1126/science.8418497](https://doi.org/10.1126/science.8418497)
- Powell, D. A., and T. S. Bellows, Jr. 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environ. Entomo* 21(2): 359-363. <https://doi.org/10.1093/ee/21.2.359>
- Qiu, B.L., P.J. De Barro, and S.X. Ren. 2005. Development, survivorship and reproduction of *Eretmocerus* sp. nr. *furushii* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on glabrous and non-glabrous host plants. *Bulletin of Entomological Research*. 95(4):313-319. <https://doi.org/10.1079/ber2005362>
- Russell, L.M. 1962. The citrus blackfly. *FAO Plant Protection Bulletin* 10(2): 36-38. (whiteflies) 34.
- Shah, M.M.R., and T.X. Liu. 2013. Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PLoS ONE* 8(10): e77368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077368>
- Sagarra, L.A., C. Vincent, and R.K. Stewart. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 91: 363-367. <https://doi.org/10.1079/ber2001121>
- Thomas, D.C., 1993. Host plant adaptation in the glasshouse whitefly. Wageningen Agricultural University. Ph.D. Thesis. 129 pp. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/200973>
- Vásquez, L.L., and E. Fernández. 2008. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso, ciudad de La Habana, Cuba. *Agroecología* 2: 21-31. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/12161>
- van Lenteren, J.C., and L.P.J.J. Noldus. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. (Ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, pp. 47-89.



- van Lenteren, J.C., J. Woets, N. van der Poel, W. van Boxtel, S. van der Merendonk, R. van der Kamp, H. Nell, and L. Sevenster-van der Lelie. 1977. Biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) by *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) in Holland, an example of successful applied ecological research. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 42: 1333-1342.
- van Huis, A., and M. de Rooy. 1998. The effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its egg parasitoid *Uscana lariophaga* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Bull. Entomol. Res. 88: 93-99.
- Vet, L.E.M., J.C. van Lenteren, and J. Woets. 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. Z. angew. Entomol. 90: 26-51.
- Visser, M.E. 1994. The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Animal Ecology 63: 963-978. DOI: 10.2307/5273 <https://www.jstor.org/stable/5273>
- Waage, J. 1982. Sex ratio and population dynamics of natural enemies-some possible interactions. Annals of Applied Biology 101: 159-164.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), CIA Chiriquí for supporting this research, and the anonymous reviewers for helpful comments.





VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecosistemas
e Agricultura Orgánica



Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe Buglé, Panamá

*Agroecological management of the coffee borer (*Hypothenemus hampei*) in Cerro Tula, Comarca Ngäbe Bugle, Panama*

GONZÁLEZ DUFAU Gladys I.¹, SANTAMARÍA GUERRA Julio¹,
TORRES Luis¹, SANTO Ulfredo¹, SANJUR Marco¹

¹ Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, ggdufau@gmail.com; juliosguerra@gmail.com; luistorres_73@hotmail.com; uspineda08@hotmail.com; marco.sanjur@idiap.gob.pa

Eje temático: Manejo de Agroecosistemas y Producción Orgánica

Resumen

Con el objetivo de evaluar técnicas y prácticas de manejo agroecológico de la broca del café (*H. hampei*) se estableció un estudio de caso en la comunidad de Cerro Tula en la Comarca Ngäbe-Buglé. Entre agosto de 2015 y diciembre de 2016 se muestrearon mensualmente dos parcelas: experimental y testigo; en la parcela experimental se acordó: a) colocar trampas de captura, b) eliminar granos brocados c) aplicar hongos entomopatógenos nativos, y d) eliminar granos de café después de la cosecha. La mayor cantidad de brocas capturadas ocurrió en los meses de abril y mayo con un 83 por ciento del total. La infestación por broca en la parcela experimental disminuyó de 15.68 a 3.19 por ciento en promedio de los meses de agosto a noviembre de 2015 y 2016, lo cual contrasta con el registro para la parcela testigo, que, en el mismo período, pasó de 15.60 a 14.26 por ciento ($p < 0.05$). El manejo agroecológico de la broca del café en este agro ecosistema, demostró un grado importante de efectividad.

Palabras clave: Agroecología; Agricultura familiar; transición agroecológica; Agricultura alternativa

Abstract

In order to evaluate techniques and practices of agroecological management of the coffee borer (*H. hampei*), a case study was established in the community of Cerro Tula in the Comarca Ngäbe-Buglé. Between august of 2015 and december of 2016 two plots were sampled monthly: experimental and witness; In the experimental plot it was agreed: a) to place trap traps, b) to remove bored grains c) to apply native entomopathogenic fungi, and d) to eliminate coffee beans after harvesting. The greatest number of trapped borer occurred in April and May with 83 percent of the total. The infestation by borer in the experimental plot decreased from 15.68 to 3.19 percent on average from August to November 2015 and 2016, which contrasts with the register for the control plot, which in the same period went from 15.60 to 14.26 percent ($p < 0.001$). The agroecological management of the coffee borer in this agroecosystem, showed an important degree of effectiveness.

Keywords: Agroecology; Family agriculture; Agroecological transition, Alternative Agriculture

Introducción

El cultivo de café inicia en 1960 en la Comarca Ngäbe-Buglé (CNB), a partir de la incorporación de la población indígena como mano de obra asalariada en las plantaciones cafetaleras y al retornar a sus comunidades llevaron semillas para iniciar sus propias



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO

12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas
e Agricultura Orgânica



“siembras” (Bonilla y Miranda, 1994). La plaga insectil más importante del cultivo, la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), fue reportada en Panamá en 2005, procedente de Costa Rica (Castillo *et al.*, 2013), y en la actualidad está presente en la mayoría de las áreas cafetaleras del país. En la CNB Palacios *et al* (2014) reportaron la presencia de la broca desde el 2013 como una de las plagas que afectan el cultivo del café, el cual se realiza sin la utilización de insumos químicos sintéticos. Según los estudios del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (2011), en la CNB 383 familias son caficultoras, con un núcleo familiar compuesto de 8 personas, poseen en promedio 16.12 hectáreas de tierra, de los cuales dedican 4.96 a cultivos y el resto a otras actividades como la ganadería y bosque de protección. La superficie del cultivo de café es en promedio de 2.38 ha⁻¹ con un rango de 0.25 a 5.5 ha⁻¹. La producción promedio de café en pergamino seco por productor es de 104 kg de grano oro y un rango de 8 a 464 kg, que es un rendimiento bajo. El 91% de los productores no usa fertilizantes y el 96% no usa plaguicidas. La mayor parte de la producción (65%) se destina al autoconsumo, y se registra la venta al mercado nacional e internacional de café comercializado como café orgánico. La actividad es de gran importancia para la economía familiar, especialmente para realizar y apropiarse de una mayor porción de los Resultados de su esfuerzo productivo. Para mejorar los beneficios familiares de esta actividad se requiere aumentar la productividad, sin aumentar el uso de insumos externos, manteniendo la producción orgánica para lo cual se requiere incorporar alternativas agroecológicas que contribuyan a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura (Santamaría-Guerra y González, 2017). Se ha registrado infestación de broca del café en cafetales hasta de 29 %, con una tendencia a incrementarse si no se toman las medidas apropiadas (Palacios *et al.*, 2014). Una alternativa innovadora a la problemática planteada es el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) que consiste en la adopción por el caficultor de prácticas agronómicas (suelo y cultivo), conservación de enemigos naturales y lucha biológica por aumento de entomopatógenos y entomófagos. El MAP busca influenciar las relaciones evolutivas, manejando tanto el cultivo como el agro ecosistema, que es donde están las causas principales por las cuales organismos de la microbiota y de la artropofauna alcanzan la categoría de plagas, dejando de lado el viejo enfoque reduccionista de “controlar” la plaga y “proteger” el cultivo (Vázquez, 2005).

El presente reporte comparte Resultados obtenidos en la localidad de Cerro Tula, en la cual se evalúan alternativas de manejo con enfoque agroecológico, consensuadas con el productor, reconociendo su experiencia y saber tradicional e incorporando experiencias regionales y nacionales que han mostrado efectividad en pequeñas explotaciones,



como lo son las trampas de captura, uso de hongos entomopatógenos nativos, y la eliminación manual de frutos brocados (Guharay *et al* 2000). El estudio continúa hasta el 2019 y se propone diseñar, implementar y evaluar de manera participativa técnicas y prácticas de manejo agroecológico de la broca del café (*H. hampei*) en sistemas de producción de la agricultura familiar Ngäbe Buglé.

Metodología

A partir de la caracterización de los sistemas de producción que incluyen el cultivo de café en la CNB (Palacio *et al.*, 2014), se seleccionó la finca Cerro Tula ubicada a 546 msnm, con afectación por las principales plagas que afectan el cultivo de café. Durante el periodo comprendido entre agosto de 2015 a diciembre de 2016 se establecieron y muestrearon mensualmente dos parcelas comparables experimentalmente, separadas por una barrera natural de la finca del productor José Gallardo: una con manejo ecológico y superficie de 5674.5 m² y otra sin manejo, utilizada como testigo de 4046 m², donde no se realizaron labores de control de broca.

Las parcelas se dividieron en 4 transectos o sitios de aproximadamente 1200 m² en cada uno. En cada sitio se muestrearon 5 árboles y se evaluaron 20 frutos en el área productiva de cada planta, para un total de 20 árboles y 400 granos en 0.5 hectárea. Se calculó el porcentaje infestación de broca, según Metodología de Barrera *et al* (1993), Guharay (2000), Bustillo (2006) y ANACAFE (2015). Se utilizó la prueba Kruskal-Wallis con el programa estadístico R (2013), para comparar los porcentajes de infestación en los periodos de agosto a diciembre en dos años sucesivos (2015 – 2016).

Las prácticas consensuadas con el productor fueron:

a) **trampas de captura:** Las trampas de captura elaboradas de manera artesanal (Barrera *et al.*, 2006), se instalaron en abril del 2016, en los transectos, en árboles de café escogidos al azar, a una distancia entre sí de 25 metros para un total de tres trampas por sitio y 10 para media hectárea, a una altura de 1.5 metros. Se revisaron, contando la cantidad de adultos de broca colectados cada diez días, y cada 20 días se repuso el alcohol atrayente metanol:etanol en proporción 3:1 (Guharay 2000, Bustillo 2006, Queme 2012);

b) **eliminar los granos brocados mediante colecta manual.** Esta práctica se inició a partir de la afectación de los granos por la broca hasta el final de la cosecha (julio 2016 – diciembre 2016).



c) **aplicar hongos entomopatógenos nativos:** Los aislados de hongos entomopatógenos nativos DBb1400 y RSIj06 pertenecientes a los géneros *Beauveria* e *Isaria* respectivamente, se colectaron en el año 2015, de brocas infectadas naturalmente procedentes de la parcela experimental, estos fueron aislados, identificados y posteriormente reproducidos a partir de aislamientos puros en el laboratorio de Agentes Biocontroladores del IDIAP utilizando arroz como sustrato de crecimiento (Monzón, 2001); se hicieron dos aplicaciones en septiembre y octubre de 2016, a la concentración de 1×10^9 .

d) **eliminación de los granos café después de la cosecha:** En enero de 2016, se inició la colecta después de cosecha de los granos de café de los árboles y en el suelo.

Resultados y Discusión

El uso de la trampa registró una importante cantidad de brocas capturadas (5135) entre abril y diciembre de 2016 siendo los meses de abril-junio el periodo de mayor captura, registrándose el 83 por ciento del total de brocas capturadas (Figura 1). Corroborándose esta herramienta, como un medio importante para la determinación de la dinámica de vuelo de la broca y disminución de la infestación (Bustillo, 2006).

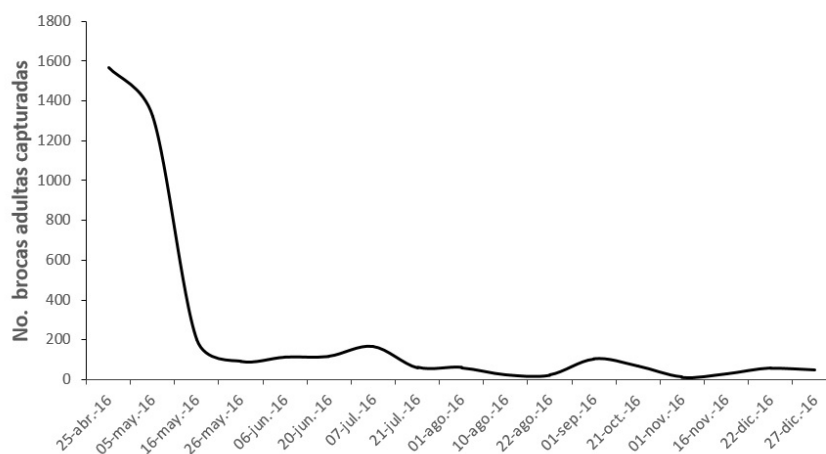


Figura 1. Número de brocas capturadas en trampas artesanales.

Considerando que el rango de postura de huevos de cada hembra es de 10 a 120 huevos (Guharay *et al.*, 2000), la captura de brocas en trampas redujo el potencial de producir una población alta de si estas no se hubieran removido y se mantuvieran en el campo. Reportes similares de reducción por trampeo han sido publicados por otros autores (Queme, 2013). Por otra parte, Bustillo (2005), indica que frutos en el suelo causan mayores posibilidades de sobrevivencia de la broca, mientras que su eliminación disminuye la disponibilidad de alimento y refugio del insecto.



Después de las aplicaciones de hongos entomopatógenos, se obtuvieron promedios de 29.15 y 32.4 por ciento de granos micelados con los aislados DBb1400 y RSIj06 respectivamente; lo cual confirma el potencial del uso de estos enemigos naturalmente presentes en los sistemas productivos de la CNB, como táctica de manejo agroecológico, luego de su multiplicación en laboratorio y reintroducción a su ambiente nativo, ya que las condiciones de microclima y biodiversidad funcional del ecosistema le fueron favorables.

La infestación por broca mostró disminuciones importantes, en la parcela experimental de Cerro Tula, donde disminuyó de 15.66 por ciento en promedio de los meses de agosto a diciembre de 2015, a 3.26 por ciento en promedio para el mismo periodo del 2016, lo cual contrasta con el registro para la parcela testigo que, en el mismo período, pasó de 15.52 a 13.49 por ciento. El análisis de comparación de medias muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en los promedios de la parcela experimental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de los porcentajes de infestación por broca del café en Cerro Tula.

Finca	Parcela	Área sembrada (m ²)	Altura (m.s.n.m.)	% infestación promedio ago-dic 2015	% infestación promedio ago-dic 2016
Cerro Tula	Experimental	5674.5	546	15.66 a	3.26 b
Cerro Tula	Testigo	4046	546	15.52 a	13.49 a

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

En la parcela experimental se consiguió disminuir los niveles de infestación y mantenerlos por debajo del 5 por ciento (Figura 2), lo cual en parcelas relativamente pequeñas (como las existentes en la CNB) es significativo para reducir los daños de la plaga y su afectación a los rendimientos e ingresos de los productores (Gurahay *et al.*, 2000) por el efecto combinado de las prácticas implementadas.

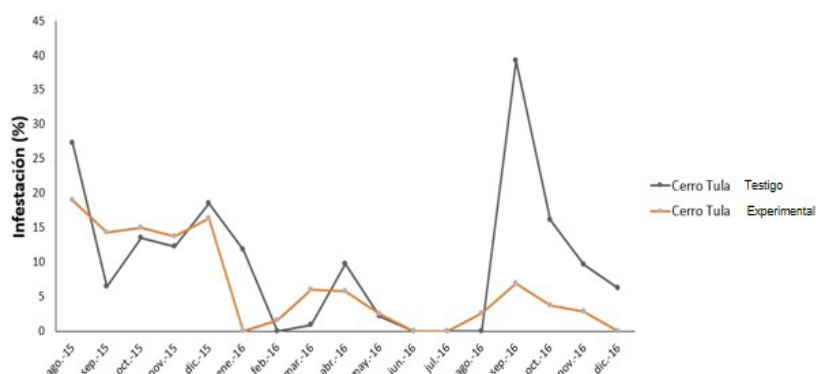


Figura 2. Porcentaje de infestación de broca por mes en parcelas de Cerro Tula, CNB.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo de la broca mediante la integración de tácticas ecológicas (captura de adultos de *H. hampei* con trampas artesanales con la mezcla de alcoholes metanol:etanol en proporción 3:1 como atrayente; colecta de granos poscosecha, eliminación de granos brocados y aplicación de hongos entomopatógenos nativos) ha demostrado un grado importante de efectividad en la disminución de la infestación de la broca del café en el periodo evaluado.

Los hongos entomopatógenos nativos *Beauveria* e *Isaria* son enemigos naturalmente presentes a los sistemas productivos de la CNB y deben ser tomado en cuenta en programas de manejo agroecológico de la broca del café.

Agradecimiento

Al señor José Gallardo, propietario de la parcela Cerro Tula por la colaboración prestada en la ejecución de la actividad y por su participación entusiasta en las actividades de investigación y difusión.

Referencias Bibliográficas

ANACAFE, 2015. **Muestreo oportuno del café.** www.anacafe.org. Consultado abril 2015.

BARRERA, J.F.; INFANTE, F.; GÓMEZ, J.; CASTILLO, A.; DE LA ROSA, W. **Guía práctica: umbrales económicos para el control de la broca del café.** Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Tapachula-Chiapas, México. 54 p. 1993.



BARRERA, J. F.; HERRERA, J.; VILLACORTA, A.; GARCÍA, H.; CRUZ, L. **Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café** *Hypothenemus hampei*. Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica, Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Manzanillo, Colima, México, 2006, pp. 71-83.

BONILLA, A.; MIRANDA, A. **Caracterización de la Producción de Café en Boquete Y Renacimiento Provincia de Chiriquí**. Panamá. Programa Nacional de Café, Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Nivel Central. 60 p. 1994.

BUSTILLO PARDEY, A. E. **El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)**. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 29 (110): 55-68, 2005. ISSN: 0370-3908

_____. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei*

(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116. 2006.

CASTILLO, S.; BERNAL, J.; LEZCANO, J.; PIEPENBRING, M.; CÁCERES, O. **Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá**. Tecnociencia vol. 15 (2): 29-39). 2013.

GUHARAY, F.; MONTERREY, J.; MONTERROSO, D.; STAVAR, C. **Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie Técnica. Manual Técnico No.44. Managua, Nicaragua. 272 p. 2000.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ. **Plan General de Generación y Transferencia de Tecnología para la sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe-Buglé**. 39 p. 2011.

MIRANDA, A. **Caracterización de la Producción de Café en la Provincia de Chiriquí**, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Chiriquí, R1. 40 p. 2004.

MONZÓN, A. **Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua**. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. N°63: 95-103. 2001.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas
e Agricultura Orgânica



PALACIO, E.; SANTAMARÍA GUERRA, J.; TORRES, L.; SÁNCHEZ, E.; GONZÁLEZ D., G.I. 2014. **Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (Coffea arabica y Coffea canephora) en la Comarca Ngäbe Buglè.** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Memoria 2014, Informe Técnico Anual. Disco compacto, 8mm.

QUEME, J.P. **Control etológico de la broca (Hypothenemus hampei; Scolytinae) del café, Universidad San Rafael, Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango 2010-2011.**

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2013.

SANTAMARIA-GUERRA, J.; GONZALEZ D., G.I. **The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. Agroecology and Sustainable Food Systems.** 41:3-4, 349-365, 2017. DOI: 1080/21683565.2017.1286281.

VÁSQUEZ, L.L. **Experiencia Cubana en el Manejo Agroecológico de Plagas en Cafeto y Avances en la Broca del Café.** Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57. ISBN 970-9712-17-9.

Anexo 9

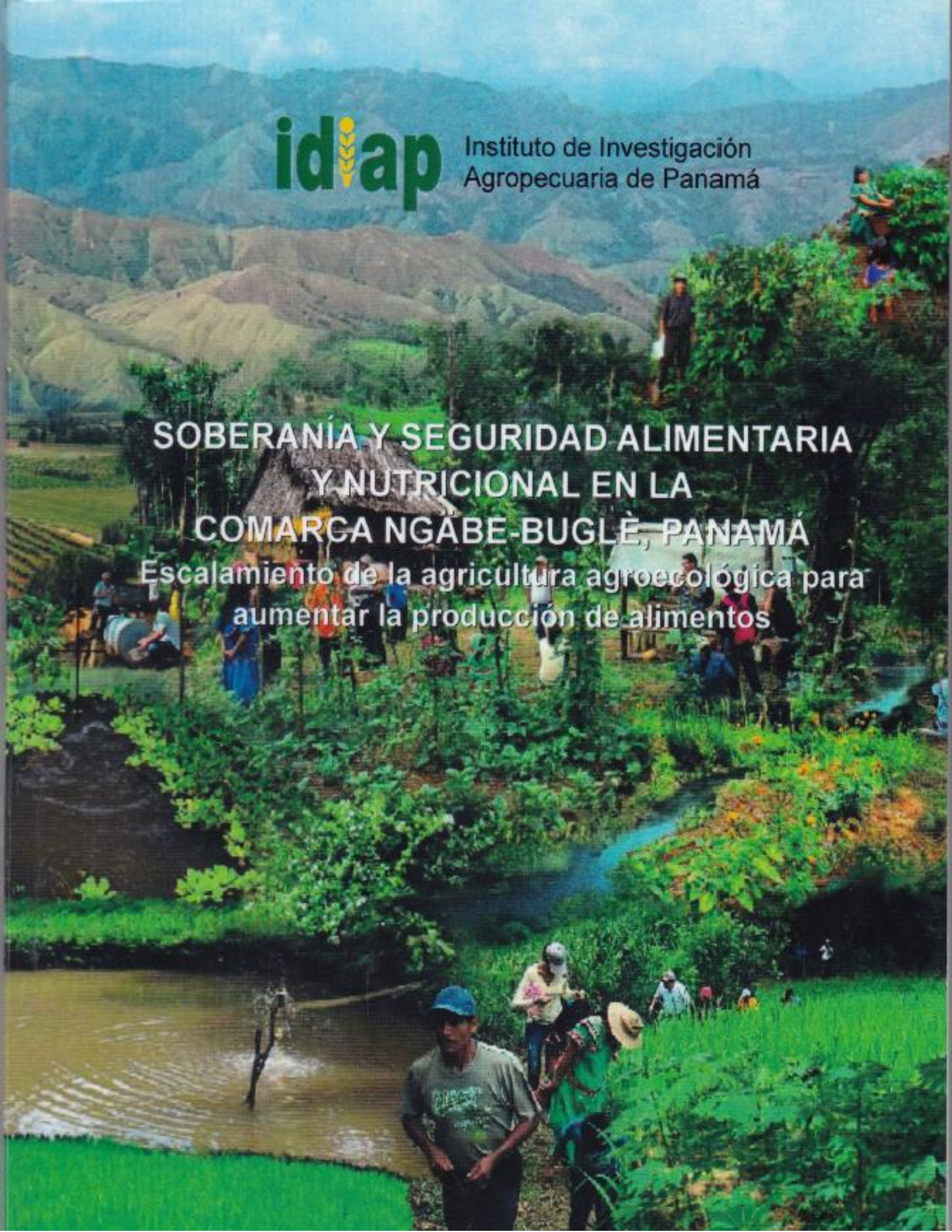
**SOBERANIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ,
PANAMÁ: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de
alimentos.**



Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá

SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGABE-BUGLÉ, PANAMÁ

Escalamiento de la agricultura agroecológica para
aumentar la producción de alimentos





INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ

**SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ,
PANAMÁ**

Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos

**Gladys I. González Dufau
Julio Santamaría Guerra
Jairo Rojas Meza**

Panamá, agosto de 2019

Citación

González Dufau, G.I., Santamaría Guerra J., Rojas Meza J. SOBERANIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos

G.I. González Dufau [et al]

Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 2019

41p; 15 cm

ISSBN 978-9962-677-47-5

1. Investigación agroecológica

2. Estrategia participativa

2. Título

3. Innovación agroecológica

Organizaciones que auspician la publicación:

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)

Impreso en: Diseño e impresiones

Panamá, 2019

Tiraje: 500 ejemplares

El contenido de este libro es responsabilidad exclusiva de los autores.

Contenido

PRESENTACIÓN	4
INTRODUCCIÓN	5
CONCEPTOS, CATEGORÍAS Y ENFOQUES	6
PARA EL ABORDAJE DE LA SSAN	6
Relación entre agroecología y SSAN	10
Factores críticos que facilitan u obstaculizan.....	11
SITUACIÓN DE LA SSAN EN PANAMÁ	12
Evolución y perspectivas	14
Marco normativo	14
Planes, programas y proyectos	16
ESTRATEGIA PARA LA SSAN DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ	19
Problemática	22
Resultados de Investigación Agroecológica Participativa	24
Elementos Claves de la Estrategia	30
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

Abreviaturas y acrónimos

CGNB-Congreso General Ngäbe-Buglé
CIP-Comité Internacional para la Planificación de las ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria
CMA-Cumbre Mundial de la Alimentación
CNB-Comarca Ngäbe Buglé
DHA-Derecho Humano a la Alimentación
FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
FIDA-Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola
FIS- Fondo de Inversión Social
FNUDC- Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización
IDIAP- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
IGNTG-Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”
IMA-Instituto de Mercadeo Agropecuario
INCAP-Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
INEC- Instituto Nacional de Estadística y Censo
MEDUCA-Ministerio de Educación
MIAMBIENTE-Ministerio del Ambiente
MIDA-Ministerio de Desarrollo Agropecuario
MIDES-Ministerio de Desarrollo Social
MINSAL-Ministerio de Salud
OPS-Organización Panamericana de la Salud
OCDE-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PESA-Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica
PNB- Proyecto Ngäbe Buglé
PRONAN-Programa Nacional de Alimentación y Nutrición
SENACYT-Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SENAPAN-Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan-Alimentario Nacional
SOCLA-Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología
UNA-Universidad Agraria de Nicaragua
UNICEF-Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

PRESENTACIÓN

La solución de problemas complejos demanda nuevos modos de intervención para comprender y transformar la realidad. El éxito y sostenibilidad de una estrategia de intervención para la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (SSAN), requiere de coherencia interna y correspondencia con las necesidades, demandas y aspiraciones de los pobladores del territorio, entendido este como resultado de la construcción social entre actores del desarrollo.

El presente trabajo es un esfuerzo institucional de contextualizar la problemática del SSAN y la contribución de la innovación agroecológica en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB), como parte de la experiencia de intervención del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en los últimos 10 años. Un espacio importante para la reflexión sobre esta temática lo constituyeron las actividades académicas en el marco del Doctorado en Agroecología que ofrece la Universidad Agraria de Nicaragua (UNA) en conjunto con la Universidad de Berkeley, USA y la Sociedad Científica latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

En un esfuerzo de síntesis crítica, los autores pasan revista a los conceptos y pilares de la SSAN, a su situación actual en la región, en Panamá y en la CNB y proponen una estrategia para concertar desde abajo, un conjunto de acciones para mejorar la disponibilidad de alimentos aprovechando las experiencias de innovación agroecológica participativa desarrolladas por los equipos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) liderados por el núcleo de investigación agroecológica del IDIAP en la CNB.

Se aborda el tema de investigación como parte de las acciones estratégicas para la SSAN, para lo cual se requiere un esfuerzo negociado de organización de los actores que actúan en el territorio, a través de un conjunto de líneas de investigación como base para la negociación, entre las que se destacan: Prospección de la biodiversidad asociada a los agroecosistemas; Diseño, evaluación de sistemas agroecológicos integrales; Estudios básicos y eco ambientales de los servicios eco sistémicos y funciones ecológicas, entre otras. Es oportuno indicar que estas líneas de investigación son consistentes con las enunciadas en el Plan Estratégico Institucional del IDIAP 2017-2030.

Confiamos en que este esfuerzo, que se realiza en el marco del Proyecto Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático, cofinanciado por la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACyT), contribuya al escalamiento de la agroecología como una alternativa validada para avanzar en el logro de los objetivos de SSAN en beneficio del pueblo Ngäbe Buglé.

INTRODUCCIÓN

El presente documento explicita los principales conceptos y categorías utilizadas, describe los enfoques utilizados para su abordaje, así como sus pilares y factores claves que facilitan u obstaculizan su operacionalización. Como propuesta metodológica para la formulación de estrategias y políticas públicas para la SSAN se propone la aplicación complementaria de los enfoques de Desarrollo Territorial (DT) y de Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación (GICI), para incorporar a los actores locales, reconociendo su experiencia y saberes ancestrales para su reproducción social y en su relación con la naturaleza.

Por otra parte, se fundamenta la agroecología como ciencia y práctica socio productiva como la opción para diseñar de manera participativa sistemas de producción cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad nutritiva y sensorial, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra y la diversidad genética, mediante la utilización óptima de recursos renovables y sin el empleo de productos químicos sintéticos.

Seguidamente, de manera sucinta, se presenta la situación de la SSAN en el mundo, en América Latina y se describe el marco normativo (legal e institucional) las políticas, programas y proyectos para la SAN en Panamá. Según la FAO (2018, p. 2), de manera general tanto para África como para América Latina, en los últimos años, en términos regionales se registra un deterioro de los indicadores de seguridad alimentaria y un “aumento del hambre mundial en los últimos años, después de un período de disminución prolongado. Se estima que 821 millones de personas — aproximadamente, una de cada nueve personas en todo el mundo— están subalimentadas”.

A continuación, en un esfuerzo por aplicar el enfoque de desarrollo territorial en materia de SSAN, se contextualizan las variables geográficas, demográficas y socio económicas que caracterizan a la Región Occidental del país, a la CNB y a la Región Nedrini de la CNB y se describe la situación actual de la SAN en la CNB con énfasis en la problemática de la disponibilidad y acceso a los alimentos y la posibilidad de incrementar ambos componentes.

Con vastos recursos naturales, aunque limitados por la calidad de sus suelos, la orografía extrema, falta de vías de comunicación y excluidos de los principales procesos socio económicos, el pueblo originario Ngäbe Buglé muestra los peores indicadores de salud y SAN (disponibilidad, acceso y uso biológico) cuando se compara con el resto del país.

Se comparten los resultados de investigación agroecológica participativa desarrollado por el núcleo de investigación agroecológica del IDIAP en la CNB, en particular del proyecto Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático y se proponen acciones estratégicas territoriales en los componentes de la SSAN que contribuyan crear las condiciones para que se cumpla la premisa de que “todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias

y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica [PESA], 2011).

Guiados por la hipótesis de trabajo de que el éxito y sostenibilidad de una estrategia de intervención para la SSAN requiere de coherencia (consistencia interna) y correspondencia con las necesidades, demandas y aspiraciones de los pobladores del territorio, entendido como una construcción social entre actores del desarrollo, se delinear los elementos de la propuesta estratégica y las líneas y temas de investigación, y se enuncian las posibles contribuciones de la agroecología a la SSAN en la CNB bajo el marco conceptual y el modo de innovación (modo de interpretación e intervención para comprender y transformar la realidad) transdisciplinario, intercultural, contextual y agroecológico, que ofrece guías para la negociación de la propuesta, su implementación, seguimiento y evaluación de manera participativa (De Souza et al., 2005; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico/Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización[FAO/OCDE/FNUDC], 2016; Rojas Meza, 2007)

Finalmente, con base a los desafíos derivados de la problemática de la SSAN en la CNB, se presentan líneas de investigación que sirvan de base de negociación con los actores de la innovación agroecológica participativa con la promesa de contribuir al incremento de la productividad, de la disponibilidad de alimentos, y mejorar la resiliencia socio ecológica de sus sistemas de producción (Sribires) y en general para incrementar la sostenibilidad de los modos de vida y la soberanía y seguridad alimentaria de las familias Ngäbe Buglé.

CONCEPTOS, CATEGORÍAS Y ENFOQUES

PARA EL ABORDAJE DE LA SSAN

La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) históricamente ha sido abordada desde diferentes perspectivas conceptuales y metodológicas, resultando en la actualidad en un concepto complejo, multidimensional y multifactorial, que incorpora los aportes de diferentes autores, actores y especialmente los resultados de los llamados “consensos” acordados bajo la tutela de organismos internacionales del sistema de las Naciones Unidas, y del sistema financiero internacional.

Las primeras aproximaciones a lo que conocemos hoy como SAN surgen de la Conferencia Mundial de la Alimentación en 1974 y las motivaciones instrumentales para resolver la crisis de producción y abastecimiento de alimentos que se expresaban en las hambrunas focalizadas en algunos países de la periferia del sistema de dominación colonial y neocolonial. En ese marco se acordaron medidas para “garantizar” de manera segura, a nivel global y nacional (de los países), los suministros de alimentos de acuerdo con el consumo *per capita*. Las crisis de inseguridad alimentaria se atribuían a fenómenos naturales, climáticos y demográficos. (López-Giraldo y Franco-Giraldo, 2015; Rivera Ferre y Soler Montiel, s.f.).

Para inicios de los 80 estaba claro que la SAN no dependía solamente de disponibilidad, sino que el poder adquisitivo diferenciado de las personas determinaba el acceso a los alimentos “disponibles”. Por otra parte, barreras físicas, culturales, de género impedían o mediatizaban los esfuerzos por atender las necesidades alimentarias de las poblaciones, en especial de las que se encontraban en condiciones de vulnerabilidad. La inseguridad alimentaria paso a mirarse como un asunto social y económico, superando el enfoque prevaleciente de entenderla como fenómeno natural y demográfico.

A finales del siglo pasado, en la medida de que la globalización neoliberal se fortalece con el fin del bipolarismo, producto de la disolución de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y del campo socialista europeo, surge en el seno del movimiento campesino contestatario, la reivindicación de la Soberanía Alimentaria (SA) y entre sectores de la sociedad civil, particularmente las Organizaciones No Gubernamentales la exigencia de reconocer el Derecho Humano a la Alimentación (DHA). En respuesta a estas presiones, los sectores hegemónicos optan por la cooptación de estas propuestas (sin su significado original), incorporándolas en la definición de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) bajo el enfoque de “política pública”.

Un aspecto importante que surge de la intención de mirar de manera integral los determinantes de la SAN es la seguridad de alimentos (Food Safety) que en algunos países constituye su enfoque normativo principal y que se incorpora en su definición consensuada como inocuidad y/o utilización biológica.

A continuación, veremos las definiciones generalmente aceptadas, que refleja la evolución de los conceptos Seguridad Alimentaria y Nutricional y Soberanía Alimentaria.

Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN)

Según el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP, 2012, p. 2), la Seguridad Alimentaria Nutricional:

es un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo.

Por otra parte, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desde la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996, la SAN “a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (PESA , 2011).

Soberanía Alimentaria

El concepto de soberanía alimentaria fue formulado por La Vía Campesina (Movimiento

Campeño Internacional) y se llevó a debate público durante la Cumbre mundial sobre la alimentación en 1996. Desde entonces ha sido adoptado por una amplia variedad de organizaciones de la sociedad civil en todo el mundo.

Según Rivera Ferre y Soler Montiel, (s.f., p 7), la soberanía alimentaria fue definida en el Forum de ONG/OSC para la soberanía alimentaria celebrado en Roma en el 2002 con el asesoramiento y mediación del Comité Internacional de Planificación de las ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria (CIP) como:

el derecho de los pueblos, comunidades y países a definir sus propias políticas agrícolas, laborales, pesqueras, alimentarias y de tierra de forma que sean ecológica, social, económica y culturalmente apropiadas a sus circunstancias únicas. Esto incluye el verdadero derecho a la alimentación y a la producción de alimentos, lo que significa que todos los pueblos tienen el derecho a una alimentación inocua, nutritiva y culturalmente apropiada, y a los recursos para la producción de alimentos y a la capacidad para mantenerse a sí mismos y a sus sociedades.

Pilares de la SAN

Como se ha indicado, la definición de la SAN incluye múltiples factores o determinantes que pueden verse como sus pilares o componentes principales. Estos son la disponibilidad, la estabilidad, el acceso, y la utilización biológica de alimentos a nivel local o nacional (Rojas Meza, 2018).

Disponibilidad: Suficiente cantidad de alimentos, a su vez compuesto por los elementos: producción, distribución e intercambio, las importaciones, el almacenamiento y la ayuda alimentaria (donaciones).

Estabilidad: Se refiere a la disponibilidad en todo momento y al acceso permanente de alimentos en cantidad y calidad. Es decir, se trata de mejorar los indicadores de SAN y garantizar su persistencia en el tiempo.

Acceso: Ocurre cuando las personas tienen los ingresos y los recursos productivos necesarios para acceder a los alimentos. La falta de acceso es frecuentemente la causa de la inseguridad alimentaria, y puede tener un origen físico (cantidad insuficiente de alimentos debido a varios factores, como son el aislamiento de la población, la falta de infraestructuras, entre otros) o económico (ausencia de recursos financieros para comprarlos debido a los elevados precios o a los bajos ingresos).

Utilización biológica: Es la capacidad de la persona para consumir y beneficiarse de la ingesta de alimentos. Compuesta por el valor nutricional, social, cultural y seguridad de alimentos (Food Safety). La utilización biológica está relacionada con el estado nutricional, como resultado del uso individual de los alimentos (ingestión, absorción y utilización).

Desarrollo territorial (DT) y políticas públicas

De acuerdo con Santamaría Guerra (2007, p. 1):

el desarrollo territorial concebido como la transformación productiva e institucional en un espacio geográfico, histórico y cultural, construido socialmente por actores individuales y colectivos, orientado al logro de objetivos negociados, requiere de modos de interpretación y teorías de acción inspirados en imágenes, conceptos, y enfoques sistémicos. Esto significa considerar el “lado blando” del desarrollo territorial, comprender su naturaleza compleja e interactiva, aceptar la innovación productiva e institucional como el resultado del aprendizaje social y entender la competitividad y sostenibilidad ambiental como propiedades emergentes de los sistemas de actividad humana y por lo tanto el resultado de negociaciones, acuerdos, aprendizaje, resolución de conflictos y acciones colectivas.

Por otra parte, organismos internacionales (FAO/OCDE/FNUDC, 2016, p.5) indican que:

las políticas actuales de SAN están caracterizadas por un enfoque sectorial, “top-down” y uniforme que no ha sido capaz de proporcionar una solución de largo plazo a los problemas de seguridad alimentaria. La naturaleza regional y las especificidades ligadas al contexto han sido ignoradas. Se requiere un nuevo paradigma para la formulación de políticas de SAN que sea multisectorial, “bottom-up” y que tome en cuenta las especificidades territoriales. Ello se puede realizar a través de un enfoque territorial a las políticas de SAN.

En este escrito entendemos el territorio como producto de la construcción social de los actores interesados en el desarrollo territorial, mediado por condicionantes históricos, culturales y estructurales, que determinan su visión de futuro, los límites del territorio, sus interacciones internas y con otros territorios con los cuales comparten recursos hidrográficos y la biodiversidad. Es en ese sentido que encaja la afirmación de Mançano Fernández (2016, p.7) cuando indica que:

Los sujetos producen sus propios territorios, y la destrucción de estos significa el final de aquellos; el despojo destruye sujetos, identidades, grupos y clases sociales. Sujetos, grupos y clases sociales no existen sin sus territorios; ese es el sentido último de la lucha por la tierra de campesinos y pueblos indígenas.

En cuanto a la operatividad del DT, siguiendo a Echeverri (2018), la aplicación del enfoque territorial requiere de cuatro elementos: 1. Delimitación geográfica; 2. Ordenamiento en competencias y recursos; 3. Articulación de políticas; y 4. Negociación de los actores del territorio para producir un Pacto Político Territorial o un Plan Estratégico Territorial.

Generación, apropiación y aplicación de conocimiento científico

En el más amplio sentido, el proceso de generación de conocimiento científico guarda relación con la lógica y el diseño del proceso de indagación. Mientras que la lógica de investigación refleja los compromisos del investigador con principios filosóficos básicos referidos la ontología, epistemología y axiología, el diseño de la indagación científica está ética y políticamente ligada a

la metodología del proceso, específicamente a la selección de los métodos y técnicas que utiliza (Santamaría Guerra, 2003).

Superar situaciones problemáticas complejas bajo el mismo modo de innovación que las generaron, es prácticamente imposible. Esto nos lleva a considerar la relevancia actual de los marcos filosóficos y conceptuales del paradigma tecnológico del industrialismo, bajo la hegemonía positivista, como guías confiables para orientar la generación y difusión del conocimiento científico. De acuerdo con Sarandón (2018), “la investigación “convencional” parece tener serias limitaciones para desarrollar y validar tecnologías ecológicamente apropiadas y socialmente inclusivas, es decir para abordar la complejidad ambiental”. Por tanto, se requiere reconceptualizar el desarrollo con diferentes enfoques y metodologías que incluyan la actuación concertada en el territorio y la innovación agroecológica participativa para reducir el hambre, facilitar el desarrollo inclusivo, y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura y la ganadería (Santamaría Guerra, 2015; Santamaría Guerra y González Dufau, 2017).

El modo de innovación del núcleo de agroecología del IDIAP en la CNB se fundamenta en la Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación (GICI) que se inspira en el Modo Contextual de Generación y Apropriación del Conocimiento para la Innovación, según el cual, innovaciones importantes emergen de procesos de interacción social, mediante los cuales el conocimiento socialmente relevante es generado en el contexto de su aplicación e implicaciones dentro de espacios democráticos (ágoras) donde interactúan talentos externos y locales (Álvarez et al. 2005; Santamaría Guerra 2003, 2004, 2005).

Según Pérez Guardia et al. (2004, p.6), la GICI consiste en:

la articulación coherente de los procesos de generación y apropiación del conocimiento socialmente relevante para la innovación, en sus diferentes dimensiones (social, económica, ambiental, política e institucional) en el contexto de su aplicación e implicaciones (local, nacional) y en correspondencia con los eventos, procesos y arreglos institucionales emergentes en el plano regional y global.

En la práctica de investigación e innovación, la GICI implica la integración de equipos multisectoriales, interinstitucionales e interdisciplinarios con actuación transdisciplinaria, es decir bajo un marco orientador compartido, que negocian preguntas relevantes para la investigación e innovación, participan, actúan y reflexionan colectivamente para obtener respuestas de manera sistemática. Las preguntas relevantes originan líneas entendidas como “un eje ordenador que le da direccionalidad al desarrollo teórico, práctico y metodológico de los problemas inherentes a un área” (Anzola de Parra y Jiménez Ortiz, 2010).

Relación entre Agroecología y SSAN

Una de las alternativas para enfrentar el desafío de reducir el hambre y la pobreza en el mundo rural es la agricultura agroecológica, como un sistema de producción cuyo objetivo fundamental

es la obtención de alimentos de máxima calidad nutritiva y sensorial, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra y la diversidad genética, mediante la utilización óptima de recursos renovables y sin el empleo de productos químicos sintéticos.

Resultados de investigaciones muestran que las pequeñas explotaciones familiares ecológicas son tan productivas como las explotaciones campesinas convencionales, e incluso algunas estimaciones sugieren que la producción global de alimentos podría incrementarse más del 50 por ciento con agricultura ecológica (Altieri y Toledo, 2011).

Con la integración de principios agroecológicos se disminuye la dependencia de insumos externos al sistema, que la hace vulnerable a los impactos del cambio climático, al disminuir su sostenibilidad y resiliencia. La resiliencia es un concepto que articula tres tipos de soberanía; la alimentaria, energética y la tecnológica, en el marco de una estrategia de innovación agroecológica (Altieri y Nicholls, 2011).

La agroecología juega un papel importante para aumentar la resiliencia de los sistemas biológicos (Nicholls y Altieri, 2013). Los pequeños agricultores que utilizan modelos agroecológicos en sus sistemas de producción han podido afrontar mejor los efectos del cambio climático (principal causa que los sistemas sean menos resilientes). Por otra parte, se fortalece la resiliencia social, que es definida como la capacidad de un grupos o comunidades a resistir y recuperarse frente a elementos externos que causan estrés, sean sociales, económicos y/o políticos (Nicholls y Altieri, 2013).

Según Santamaría Guerra (2015), la Innovación Agroecológica Participativa (IAP) es la síntesis de la innovación institucional con la innovación tecnológica, obtenida bajo la premisa de que el conocimiento socialmente relevante para la innovación se genera en el contexto de su aplicación y de sus implicaciones. En lo institucional la IAP propone el cambio de las “reglas del juego” que han prevalecido en la relación entre investigadores, extensionistas y productores para la transformación de la agricultura, mientras que en lo tecnológico promete la construcción colectiva de tres soberanías: energética, tecnológica y alimentaria (Santamaría Guerra, 2015).

Mediante un proyecto de IAP en la CNB en Panamá, se generó un marco orientador para la investigación agroecológica participativa (Santamaría Guerra, 2015). El equipo de investigación, a través de grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) promueve la agricultura agroecológica a través de prácticas que disminuyen la dependencia de insumos externos, como la reutilización de los desechos orgánicos y la conservación de los recursos naturales, en la producción de abono orgánico mediante el cultivo de lombrices, en prácticas de conservación de suelo y en el manejo agroecológico de la producción de granos básicos, plátano, raíces y tubérculos.

Factores críticos que facilitan u obstaculizan

El principal factor crítico externo que limita la SSAN es el control de la cadena alimentaria por oligopolios en la provisión de insumos y monopolios en la compra de la producción y la

distribución de alimentos conformando un sistema agroalimentario corporativo, entendido como “una estructura de producción y consumo de alimentos de escala global, gobernada por reglas, basado en el petróleo y dominado por los monopolios globales con carácter-entre otras- de transgénicos, cadenas de proteína animal y grandes supermercados” (McMichael, 2009). El poder corporativo agroalimentario impone hábitos alimenticios y dependencia externa a productos súper procesados con el único objetivo de maximizar sus ganancias, lo cual obstaculiza los esfuerzos orientados a la SSAN.

Por otra parte, otro factor crítico externo es el predominio de la agricultura industrial productivista que produce alimentos contaminados con pesticidas, provocando erosión del suelo, contaminación ambiental y de acuíferos, y en general, pérdida de la biodiversidad y resurgimiento de plagas y enfermedades exóticas y emergentes, produciendo daños a la salud ambiental y humana. Como indican Nivia et al. (2009), hay preocupaciones crecientes, no sólo por la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos y sus efectos en la salud, sino también por el “efecto coctel” de múltiples residuos de ellos, junto con aditivos alimenticios, hormonas y antibióticos usados en la cría de ganado y aves de corral y por el uso de fertilizantes químicos.

La variabilidad climática es un factor crítico que aumenta la vulnerabilidad de la producción agropecuaria, exponiendo a los sistemas productivos agroalimentarios a eventos climáticos extremos con efectos devastadores que afectan especialmente a los pequeños y medianos agricultores familiares. A largo plazo el cambio climático se convierte en una amenaza a la SSAN si no se adoptan prácticas agroecológicas que aumenten la resiliencia de los sistemas agroalimentarios, para prevenir sus efectos adversos.

Aunque la producción de alimentos orgánicos y agroecológicos está aumentando, el acceso a los mismos en general, es limitado debido a sus altos precios, por lo cual los consumidores con mayor poder adquisitivo se benefician de su calidad e inocuidad.

Por último, la creciente concienciación de productores y consumidores sobre la necesidad de transformar el modo de intervención para la producción de alimentos y variar los patrones de consumo hacia hábitos más saludables, favorece la estabilidad de la SSAN y el establecimiento de una institucionalidad en correspondencia con la implementación de sus políticas y estrategias.

SITUACIÓN DE LA SSAN EN PANAMÁ

De acuerdo con el informe sobre el estado de la inseguridad alimentaria en el mundo:

los nuevos datos siguen indicando un aumento del hambre mundial en los últimos años, después de un período de disminución prolongado. Se estima que 821 millones de personas — aproximadamente, una de cada nueve personas en todo el mundo— están subalimentadas. La subalimentación y la inseguridad alimentaria grave, parecen estar aumentando en casi todas las regiones de África, así como en América del Sur, mientras que la situación de desnutrición se mantiene estable en la mayoría de las regiones de Asia. Los indicios del aumento del hambre y la

inseguridad alimentaria nos advierten de que es mucho lo que resta por hacer para asegurarnos de “no dejar a nadie atrás” en el camino hacia la consecución de un mundo con hambre cero (FAO, 2018, p. 15).

Se indica también en el citado informe que las mujeres tienen más probabilidades que los hombres de verse afectadas por inseguridad alimentaria grave en África, América Latina y Asia y que:

la proporción de personas subalimentadas entre la población mundial –la prevalencia de la subalimentación– puede haber alcanzado el 10,9 por ciento en 2017. La inestabilidad persistente en regiones devastadas por conflictos, los eventos climáticos adversos en muchas regiones del mundo y la desaceleración económica que ha afectado a zonas más pacíficas y empeorado la seguridad alimentaria, son todos ellos factores que ayuda a explicar este deterioro de la situación (FAO, 2018, p. 21).

El informe concluye que

en la mayoría de las regiones de África. Casi el 21 por ciento de la población (más de 256 millones de personas) están subalimentadas. La prevalencia de la subalimentación proyectada para Asia en 2017 es del 11,4 por ciento, lo que representa más de 515 millones de personas (FAO, 2018, p.22).

La región América Latina y el Caribe (ALyC) mantiene un buen desempeño en materia agrícola, lo que le permitiría contar con alimentos más que suficientes para la totalidad de su población. Sin embargo, esto no asegura una alimentación sana y nutritiva, ya que se requiere también de una disponibilidad de alimentos variados, de buena calidad nutricional e inocuos. Por otra parte, grandes extensiones de monocultivos de soya, maíz y palma aceitera se orientan a la exportación, principalmente, para alimentar la ganadería de otras regiones.

Según el informe arriba citado, la situación de la SAN “también se está deteriorando en América del Sur, donde la prevalencia de la subalimentación aumentó del 4,7 por ciento en 2014 al 5,0 por ciento proyectado en 2017” (FAO, 2018, p.22). Sin embargo, esta situación difiere entre países y subregiones, observándose distintos umbrales de producción doméstica.

El estancamiento del crecimiento económico de América Latina y el Caribe, y la menor velocidad de las dinámicas de reducción de la pobreza y pobreza extrema en los últimos años, dificultan la erradicación del hambre y la malnutrición. Del mismo modo, la persistencia de la desigualdad del ingreso, pone presiones en el acceso a los alimentos y, por consiguiente, en la SAN.

La población pobre destina una mayor proporción de sus ingresos a la adquisición de alimentos. En un contexto de desaceleración económica, de menores ingresos y capacidad de compra, la cantidad de alimentos de calidad a los que accede la población más vulnerable se ve amenazada, aumentando el consumo de alimentos más baratos, pero con mayor densidad calórica y menor aporte nutricional.

La cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe ha mejorado en los últimos 15 años, pero el acceso a fuentes seguras de agua todavía se encuentra por debajo del promedio global. Se observan importantes diferencias en el acceso a servicios básicos en América Latina y el Caribe, tanto entre países como al interior de ellos. Las zonas rurales y la población de menores ingresos tienen un acceso significativamente menor al agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe.

Los desastres relacionados con el clima impactan los medios de vida, con consecuencias severas para la seguridad alimentaria y nutricional. En los últimos años, han sido causantes de enormes daños económicos, así como de un aumento en el número de personas afectadas en América Latina y el Caribe, imponiendo un carácter de urgencia a las acciones necesarias para mejorar su resiliencia socio ecológica.

Evolución y perspectivas

Rehenes de sus donantes de campaña y de los grupos de poder económico y financiero, los gobiernos post invasión estadounidense de 1989, que restauró el poder oligárquico, han actuado contrario a sus propias promesas, implementando medidas neoliberales contenidas en planes y programas tutelados por las agencias internacionales que impulsan los cambios nacionales.

Las consecuencias más visibles de las políticas neoliberales son el empobrecimiento de la gran mayoría de los productores agropecuarios, la migración del campo a las ciudades, y la dependencia creciente de las importaciones de alimentos. El efecto de las políticas neoliberales para la agricultura se refleja en los indicadores macroeconómicos, ya que entre 1994 y 2016 el aporte de la agricultura al PIB pasó de 7.24 por ciento a 2.3 por ciento (Santamaría Guerra y González Dufau, 2017).

Panamá enfrenta una doble carga de malnutrición, por la coexistencia de la baja talla para la edad con el sobrepeso y la obesidad, un problema creciente que afecta al 56.4 por ciento y 21 por ciento de los adultos panameños respectivamente, mientras que su prevalencia en menores de cinco años a nivel nacional es del 7.6 por ciento y 3 por ciento, respectivamente (Morrel, 2006).

Marco normativo

El marco normativo institucional para la SAN en Panamá, aunque de manera general, muestra consistencia en términos conceptuales, siguiendo una orientación neoliberal tutelado por organismos internacionales, se ha estructurado atendiendo políticas gubernamentales (para un periodo de gobierno) y no de estado. Así, el Programa Nacional de Alimentación y Nutrición PRONAN creado en 1992 era coordinado por el entonces Ministerio de Planificación y Política Económica, pasó con el cambio de gobierno, a partir de 1996, al Ministerio de Salud. Por otra parte, la Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan Alimentario Nacional (SENAPAN) se crea en el 2004 como una entidad adscrita al despacho del presidente de la

República y en el 2012 bajo otro gobierno, la misma se incorpora al Ministerio de Desarrollo Social (MIDES).

Tanto la Comisión del PRONAN como la SENAPAN eran dirigidos por un Comité Técnico interinstitucional integrado por representantes de diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales, con asesoría de organismos internacionales (INCAP/OPS, UNICEF, FAO, entre otros).

La SENAPAN “es el organismo encargado de proponer, coordinar, supervisar y evaluar las acciones de promoción, prevención, reducción y habilitación de todos los programas estatales cuyo objetivo están encaminados a garantizar la seguridad alimentaria nutricional de la población panameña” (SENAPAN, s.f.).

El Comité Técnico conformado por representantes de cuatro ministerios (Salud, Economía y Finanzas, Desarrollo Agropecuario y Educación) de siete instituciones y dependencias públicas y de siete organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro, que realizan labores en el campo de la seguridad alimentaria nutricional. El mismo actúa como ente técnico asesor de SENAPAN, en materia de nutrición y seguridad alimentaria, así como proponer las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de dichas políticas, planes y programas (SENAPAN, s.f.).

El marco normativo legal para la SAN en Panamá consta de la disposición constitucional que establece en el Título III, Capítulo 2º Artículo 56 que:

El Estado protege el matrimonio, la maternidad y la familia. La Ley determinará lo relativo al estado civil. El Estado protegerá la salud física, mental y moral de los menores y garantizará el derecho de éstos a la alimentación, la salud, la educación y la seguridad y previsión sociales. Igualmente, tendrán derecho a esta protección los ancianos y enfermos desvalidos.

Por otra parte, el artículo N° 110 de la Constitución de la República de Panamá, establece la obligación de “asegurar un óptimo estado nutricional para toda la población promoviendo disponibilidad, consumo y aprovechamiento biológico de alimentos adecuados”. Con rango constitucional son parte del marco legal de la SAN: la Declaración Universal de los Derechos Humanos desde su adopción en 1948 (Artículos 22, 23, 25) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales del 1966 (PIDESC), ratificado mediante la Ley 13, del 27 octubre de 1976 (MIDES, 2017).

Los compromisos SAN vigentes en la República de Panamá para el 2025 y el 2030 se derivan de los compromisos internacionales adquiridos, desarrollados en el siguiente punto, como son la Iniciativa América Latina y Caribe sin Hambre 2025, el Plan para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre de la CELAC 2025 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (MIDES, 2017).

Este marco constitucional ha sido desarrollado por los siguientes actos legislativos:

- La Ley No.34 del 6 de julio de 1995 crea formalmente la Dirección Nacional de Nutrición y Salud Escolar como el ente responsable del programa de alimentación escolar (PACE).
- La Ley No. 35 de 1995 se establece el Programa de distribución del vaso de leche, la galleta nutricional y la “cremas enriquecidas” en todos los centros oficiales de educación inicial y primaria del país.
- Decreto Ejecutivo No. 306 del 20 de noviembre del 2000 que crea la Comisión para el Programa Nacional de Alimentación y Nutrición PRONAN.
- Decreto Ejecutivo No. 171 del 18 de octubre 2004 que Crea la Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan Alimentario Nacional (PAN).
- Ley 36 de 2009 que crea la Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional, y dicta otra disposición.
- Decreto Ejecutivo 984 de 2009 por la cual se reglamenta la Ley 36 de 29 de junio de 2009, que crea la Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional.
- Ley 89 de 2012 que incorpora la Secretaría Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional al Ministerio de Desarrollo Social y modifica artículos de la Ley 36 de 2009.

Tal y como se presenta el marco institucional y legal pareciera lo suficientemente robusto como para garantizar el logro de la SAN, sin embargo, aunque las estadísticas oficiales muestran avances en la disminución de la pobreza de la población más vulnerable, lo cierto es que en términos de la SAN la situación parece complicarse cuando además de la disponibilidad y acceso evaluamos el uso biológico y estabilidad en el tiempo.

En particular la estabilidad se ve afectada por las prioridades gubernamentales. Un ejemplo, es lo sucedido con la SENAPAN, que se crea adscrita a la presidencia de la república lo cual es un indicativo de la prioridad que se le daba a la SAN en ese periodo de gobierno. Posteriormente, con la nueva administración gubernamental la SENAPAN es incorporada al Ministerio de Desarrollo Social, con lo cual su accionar queda sujeto a las prioridades de ese ministerio, donde además funcionan otras secretarías como SENADIS (Secretaría Nacional de Discapacidad), SENNIAF (Secretaría Nacional de Niñez Adolescencia y Familia) y otros programas (MIDES, 2017).

[Planes, programas y proyectos](#)

Con el establecimiento del marco normativo para la SAN en Panamá y su perfeccionamiento a través del tiempo, se formularon planes nacionales orientados a implementar las políticas gubernamentales (públicas) que respondían al modo de interpretación e intervención del bloque hegemónico que controlan el estado. Así se han formulado y ejecutado los siguientes Planes para la SAN:

- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 1998-2002;

- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 2003-2007;
- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 2009-2015;

Está en ejecución el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021, con el propósito de “promover la seguridad alimentaria y nutricional mediante la coordinación intersectorial e interinstitucional de las acciones en materia de alimentación y nutrición que se desarrollan en el país para el disfrute del derecho a la alimentación de toda la población panameña” (MIDES, 2017).

El documento contiene lineamientos de una Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional y un Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PLAN SAN), cuya ejecución, seguimiento y evaluación están a cargo de la SENAPAN.

Según MIDES (2017, p. 44), el propósito fundamental del Plan es:

orientar la implementación de las acciones estratégicas siguiendo los lineamientos políticos de Seguridad Alimentaria y Nutricional en un periodo quinquenal. Consecuentemente, establece su marco conceptual, retoma los principios rectores de lineamientos de política y determina concretamente la población objetivo a la que se dirige en base a la identificación de las áreas prioritarias de actuación.

Los principales objetivos del Plan se basan en los compromisos suscritos por el Gobierno de la República de Panamá con la seguridad alimentaria y nutricional:

- Crear las condiciones para que en el año 2025 Panamá presente una prevalencia de subalimentación menor del cinco por ciento.
- Desarrollar acciones programáticas en el área del bienestar nutricional, acceso, disponibilidad y abastecimiento de alimentos para que en el año 2030 Panamá cumpla las metas incluidas en el Objetivo 2 de los ODS “Hambre Cero”.
- Promover acciones específicas para garantizar mejores condiciones de seguridad alimentaria y nutricional en las comarcas indígenas de Panamá.

EL PLAN SAN contempla un conjunto de políticas y acciones estratégicas organizadas por programas que responden a los pilares de la SAN. A continuación, se detallan los principales programas del PLAN SAN:

- Programas del pilar **bienestar nutricional (utilización biológica)**: abarca los aspectos considerados necesarios para que los alimentos permitan asegurar una vida saludable y el bienestar para los sectores poblacionales de todas las edades. Las acciones se agrupan atendiendo las siguientes temáticas: a) Baja talla para la edad en niños menores de 5 años; b) Control y prevención del sobrepeso y obesidad; c) Alimentación escolar; d) Educación alimentaria y nutricional.

- Programas del pilar **abastecimiento y disponibilidad de alimentos**: orientados a implementar estrategias que fomenten la producción nacional agropecuaria, unidas al apoyo de la agricultura familiar, reforzando así la seguridad alimentaria y nutricional de unas 900,000 personas que en distinto grado de intensidad sostienen sus medios de vida de la producción agropecuaria. Asimismo, es necesario mejorar las infraestructuras rurales, particularmente caminos productivos, centros de acopio, cosecha de agua y sistemas de riego, para impulsar la producción y la competitividad: a) Producción agropecuaria; b) Agricultura familiar para la mejora de la SAN.
- Programas del pilar acceso a los alimentos: pretenden mejorar la capacidad de acceso a los alimentos de las personas con mayores dificultades para garantizárselos, al menos inicialmente, por ellos mismos: a) Población que vive en pobreza extrema y sufre o puede sufrir alto riesgo de inseguridad alimentaria; b) Población pobre en riesgo de inseguridad alimentaria; c) Mejor información para la toma de decisiones.
- De estos programas se ha hecho énfasis en las transferencias monetarias condicionadas que consiste en la entrega de Bonos Familiares para la Compra de Alimentos. Cada libreta de bono está compuesta de 20 bonos por un valor de B/. 5.00 cada uno, para un total de B/. 100.00 que se entrega cada dos meses.

De acuerdo con el MIDES,

el apoyo económico en efectivo llega a las 72,563 beneficiarias registradas. La entrega se hace a las mujeres como jefas del hogar. Ese apoyo económico debe ser utilizado en los servicios básicos indispensables para potenciar el desarrollo humano de los miembros más jóvenes del hogar beneficiado. Se denomina condicionada porque la familia beneficiaria se compromete a: 1) Presentarse a las consultas de control de embarazo; 2) Mantener al día las vacunas de los niños y niñas menores de 5 años; 3) Garantizar la asistencia de los niños y niñas a clases; 4) Asistir a las reuniones de padres y madres de familia en la escuela; 5) A que un miembro del hogar participe en las capacitaciones para el fortalecimiento productivo y generación de capital social ofrecida por diferentes instituciones (MIDES, 2018, s.n).

Aunque no se tienen indicadores de resultados e impacto de las transferencias monetarias condicionadas en la SAN, la ejecución de este programa ha permitido a las autoridades gubernamentales presentar logros en la disminución de la pobreza y pobreza extrema en el país. Como se resalta en el PLAN SAN:

en el período comprendido entre 2001 y 2015 la población subalimentada pasó de 856,000 personas (un porcentaje de subalimentación del 27.6 por ciento) a unos 400,000 (9.5 por ciento). En total, cerca de 476,000 personas fueron sacadas de la subalimentación. La pobreza general también disminuyó, desde el 42.1 por ciento en 1991 y el 36.6 por ciento en 2005 hasta el 22.3 por ciento en 2015 (MIDES, 2017, p.10).

ESTRATEGIA PARA LA SSAN DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ

La Región Occidental (RO) de Panamá es el área que comprende la parte oeste del país que incluye las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro y la Comarca Ngäbe-Buglé (CNB). Este territorio tiene una superficie de 18,159.6 km² dividido por la gran Cordillera de Talamanca cuya elevación más alta es el volcán Barú con 3,474 msnm. La economía de la RO se basa principalmente en la producción agrícola y ganadera, siendo los principales cultivos el banano, arroz, cacao, café y las hortalizas, especialmente en las tierras altas, que comprenden elevaciones superiores a los 1000 msnm.

La comarca Ngäbe Buglé (CNB) es el territorio que pertenece por ley, a los pueblos originarios Ngäbe y Buglé, ocupa un área de 13,100 Km², localizado geográficamente en la zona de confluencia de las provincias de Chiriquí, Veraguas y Bocas del Toro.

Está conformada por tres grandes regiones: **Ño Kribo**, extendida sobre la parte de la porción continental e insular de la provincia de Bocas del Toro, en el Caribe, con clima lluvioso durante todo el año; **Nidrini**, sobre la parte de la porción continental de la provincia de Chiriquí, en el pacífico, con suelos con capacidad agrológica media (Figura 1); y **Kädriri**, sobre parte de la provincia de Chiriquí y Veraguas, con suelos de baja capacidad agrológica.

Los suelos de la comarca son de origen ígneo (predominan lavas y tobas) y están ubicados en relieves montañosos o en colinas con pendientes de hasta 50 por ciento, con excesiva pedregosidad y alto grado de degradación, y un bajo contenido de materia orgánica; son suelos del tipo VI, VII y VIII (PAN-INRENARE-GTZ, 1997), es decir, no aptos para la agricultura arable, con severas limitaciones, con problemas de acidez y baja fertilidad, aptos para pastos, bosques y tierras de reserva o protección de cuencas hidrográficas.



Figura 1. Ubicación de la Comarca Ngäbe Buglé.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (IGNTG, 2013). Mapas Topográficos.

Según la clasificación climática de W. Köppen (Köppen y Geiger, 1928), en la CNB prevalecen tres tipos fundamentales de clima a saber: Clima tropical muy húmedo (Afi), clima templado muy húmedo de altura (Cfh), y clima tropical húmedo (Ami).

Se identificaron y cartografiaron seis zonas ecológicas bien diferenciadas, contenidas dentro de cuatro fajas altitudinales siguientes: Faja Tropical Basal: Bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical. Faja Premontano Tropical: Bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano. Faja Montano Bajo Tropical: Bosque pluvial montano bajo. Faja Montano Tropical: Bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial montano. La precipitación anual oscila entre 4,500 mm y 7,000 mm, con una gran variedad de especies de árboles, arbustos, gramíneas y epífitas.

En el territorio comarcal habita un total de 156,747 personas. De este total 139,950 son Ngäbe (68, 799 hombres y 71,151 mujeres, con un índice de masculinidad de 96.7). Mientras que 9,178 Buglé habitan en la comarca (4,559 hombres y 4, 619 mujeres); el resto de los habitantes son de otros grupos indígenas y no indígenas. La población crece a una tasa de 3.6 por ciento anual, menor a la del país que es de 1.84 por ciento anual. La densidad poblacional es de 23 hab./km², mientras que para el país esta es de 45.6 hab./km². La población de la comarca es joven, siendo el porcentaje de edad menor de 15 años del 51.72 por ciento. La población menor de 18 años representa el 58.5 por ciento, muy por debajo del promedio nacional. El porcentaje de analfabetismo es de un 30.82 por ciento, contrastando con el nacional que es de 5.5 por ciento (Congreso General de la Comarca Ngäbe-Buglé [CGNB], 2015).

El sustento de vida del pueblo Ngäbe-Buglé se basa en la agricultura familiar tradicional, su condición de vida ha empeorado drásticamente a causa de la progresiva deforestación y de la degradación de sus suelos; ambos debidos, a la práctica de la agricultura de roza y quema, y al aprovechamiento inapropiados de los recursos naturales (ANAM-GTZ, 2003). Esta situación hoy día ha contribuido a que las bases naturales de su vida empeoren críticamente. Los Ngäbe Buglé actuales no manejan el suelo para controlar la fertilidad, sino que reaccionan a los cambios naturales de ésta por medio de su desplazamiento espacial horizontal, en una agricultura itinerante.

En la CNB, la dieta familiar se compone principalmente de arroz, maíz, frijoles, yuca, ñame, y café, que son productos que se siembran en pequeñas parcelas, con plantas bastantes débiles y muy bajos rendimientos. Otros alimentos cuyo consumo depende de la temporada del año, son el bodá (*Chamaedorea tepejilote*), el membrillo y frutales como guineo, mango, naranja, aguacate, pixbae (*Bactris gasipae*) y marañón (*Anacardium occidentale*).

Las técnicas utilizadas en la explotación de la tierra son muy rudimentarias, practicando el método de roza, corte o desmonte y quema, para luego sembrar y cosechar, más para el consumo que para la venta, con un ciclo de rotación de cuatro años, en la medida en que se pierde la fertilidad del suelo, ocurre la migración a otras parcelas. Las parcelas familiares pueden ser de 1.0 a 1,5 ha

y la mano de obra utilizada es del tipo familiar. Además, el rendimiento no cubre la necesidad alimentaria de la población (IDIAP/PNB/FIS/FIDA, 2009).

En cuanto a la importancia de los cultivos temporales en la CNB, el arroz, principal rubro de la dieta de los Ngäbe-Buglé, mantiene un rendimiento inferior a la cantidad necesaria para mantener una familia de ocho personas (Tabla 1). Se comercializa hasta el 10 por ciento de los cultivos temporales y el resto se guarda para el consumo familiar. La mayor cantidad de explotaciones o familias dedicadas a la producción, cultivan principalmente los rubros arroz, maíz y yuca.

Tabla 1. Explotaciones, superficie sembrada, cantidad cosechada y venta de los cultivos temporales en la Comarca Ngäbe Buglé.

Rubros	Explotaciones	Superficie sembrada (ha)	Cosecha (qq) ¹	Venta (qq)
Arroz a chuzo	10 906	9 168,91	94 205	8 527
Maíz	10 885	5 077,11	-	-
Yuca	10 010	879,59	41 009	4 454
Ñame	5 841	385,97	13 878	1 624
Guandú	5 527	1 141,11	7 860	950
Frijol de bejuco	4 299	2 365	8 844	1 258
Poroto	1 094	1 311,26	2 941	668
Otoe-Dachin	4 488	1 088,75	19 871	1 371
Ñampí	3 785	268,16	6 057	1 1255,5
Caña de Azúcar	1 714	93,14	1 824	14

Los cultivos permanentes de mayor importancia económica para la población de la CNB son el guineo, café y cacao, en cuanto al número de explotaciones que se dedican a producir estos rubros (Tabla 2). El café es uno de los rubros que más recursos provee. Por otra parte, la producción de café en Panamá, según datos del MIDA (2017), involucra a 7576 productores, que cultivan 19,364 ha⁻¹ a nivel nacional.

La superficie del cultivo de café es en promedio de 2.38 ha⁻¹ con un rango de 0.25 a 5.5 ha⁻¹. La producción promedio de café en pergamino seco por productor es de 104 kg y un rango de 8 a 464 kg. El 91 por ciento de los productores no usa fertilizante y el 96 por ciento no usa plaguicidas. El 74 por ciento de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas y enfermedades es alta. El monitoreo de dos fincas representativas de producción de café en la CNB permitió detectar la incidencia de Ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y Roya (*Hemileia vastatrix*), Broca (*Hypothenemus hampei*) cercóspora (*Cercospora coffeicola*), minador de hojas (*Leucoptera coffeella*), moho de hilacha (*Pellicularia koleroga*) y antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). Se ha registrado infestación de broca del café en cafetales hasta de 29 por ciento con una tendencia a incrementarse si no se toman las medidas apropiadas (Palacio et al., 2014).

Tabla 2. Explotaciones, número de árboles, cosecha y venta de los cultivos permanentes en la Comarca Ngäbe Buglé.

Rubros	Explotaciones	Número de plantas		Cosecha	
		Total	Que producen	Cantidad	Venta
Plátano	3 216	151 853	58 225	135 345 (c)	2 172
Guineo	10 417	1 936 351	998 325	623 182 (r)	5 304
Cacao	3 524	494 660	230 590	128 269 (l)	21 438
Coco	2 868	92 141	31 666	180 585 (u)	19 799
Café	5 167	3 486 425	1 780 789	16 129 (qq)	3 960
Aguacate	4 280	50 438	20 971	500 830 (u)	131 622
Naranja	6 529	117 227	55 669	51 410 (c)	3 408
Pixbae	5 815	229 929	118 121	149 704 (r)	3 583
Mango	3 478	29 934	-	-	-
Piña	2 210	146 206	-	-	-

En cuanto a la actividad pecuaria, es relevante la cría de bovinos y aves; las gallinas y cerdos se crían generalmente sueltos y el manejo sanitario se practica poco. En aves es frecuente la viruela y el moquillo (New Castle) lo que causa grandes pérdidas. Los bovinos están presentes en algunas fincas, con productores de mayores recursos. Las áreas de pastoreo están en pendientes superiores a 30 por ciento donde la faragua (*Hyparrhenia rufa*), la especie más difundida, crece en macollos lo que hace que el suelo sea propenso a la erosión.

La Región Nidrini cuenta con una producción variada que incluye granos: arroz, maíz, frijoles, plantas medicinales y el café orgánico, principal rubro que genera ingresos familiares y que ha disminuido su producción de 30 qq (1984) a 7 qq en el 2006, debido a la presencia de plagas y ausencia de manejo agronómico adecuado de las plantaciones; árboles frutales: guineo, plátano, piña, pixbae, aguacate, mango, limón, naranja, aguacate; hortalizas: repollo, tomate, lechuga y zapallo; raíces y tubérculos: otoo, ñame, yuca, ñampí; recursos forestales como el cedro, caoba, pita, palma de cogollo (para hacer jabas) y plantas para hacer tintes.

Problemática

En la CNB, de acuerdo con cifras oficiales, la población bajo la línea de pobreza alcanza el 93.4 por ciento y la población en condiciones de pobreza extrema es de 91.5 por ciento (INEC, 2011).

El principal sustento de la población Ngäbe Buglé se basa en la agricultura familiar, que le aporta el 60 por ciento de su alimentación y 50 por ciento de sus ingresos, sin considerar las transferencias monetarias directas (subsidios). La vulnerabilidad de las poblaciones originarias se agrava por ubicarse en tierras agrícolas marginadas y ecológicamente sensibles. Aunque las estadísticas oficiales muestran avances en la disminución de la pobreza de la población más

vulnerable, lo cierto es que en términos de la SAN la situación parece agravarse, cuando, además de la disponibilidad y acceso evaluamos el uso biológico y estabilidad en el tiempo.

De los datos de la Tabla 3, llama la atención la desnutrición infantil de niñas y niños menores de 5 años que alcanza el 62 por ciento en la CNB, mientras que a nivel nacional este indicador es de 19.1 por ciento. El propio ente encargado de la SAN en el país reconoce que:

en población escolar, el último censo de talla en escolares de primer grado, realizado en 2013 por el MINSA y el MEDUCA, refleja que la baja talla para la edad afectaba al 15.9 por ciento de los estudiantes. Sin embargo, en la comarca indígena de Guna Yala alcanzaba al 61.4 por ciento y en la Comarca Ngäbe Buglé al 53.4 por ciento de los estudiantes (MIDES, 2017, p.17).

La implementación de planes y programas de SAN no muestran mejoría de las condiciones de salud y alimentación, muy por el contrario, los indicadores empeoran, mientras los sucesivos gobiernos sumen a los ngäbes en el clientelismo y se proponen despojarlos de sus recursos hídricos y minerales.

Tabla 3. Indicadores de SAN en la Comarca Ngäbe Buglé comparados con los del resto del país.

INDICADORES	COMARCA NGÄBE-BUGLÉ	NACIONAL
Población (Censo-2010)	156,747	3,495,813
Nacido vivo con asistencia profesional (por ciento)	51.3	93.5
Mortalidad infantil Menores de 5 años/mil/n.v.	43.4	16.4
Desnutrición infantil Menores de 5 años	62.0	19.1
PEA, mayores de 10 años (por ciento)	24.6	51.8
Vivienda sin acueducto	61.3	0.7
Vivienda sin letrina	59.4	1.1
Vivienda sin luz eléctrica	94.7	1.3
Esperanza de vida	69.3	76.2
Ingreso per cápita	Menos de B/. 639.00	B/. 13,090.00
IDH	0.447	0.780

* nv- nacimientos vivos; PEA-Población Económicamente Activa; IDH-Índice de desarrollo humano. Fuente: CGNB, 2013.

Estudios recientes sobre la efectividad de los programas asociados a la SAN muestran similares resultados para otros indicadores. Por ejemplo, el estudio de Him (2017, p.217) concluye que “no se ha hallado un efecto positivo de la participación en la Red de Oportunidades sobre la asistencia a la escuela de los niños cuyas familias forman parte del Programa”. Por otra parte, al analizar la incidencia del Programa Red de Oportunidades en la reducción del trabajo infantil, concluye que las transferencias monetarias condicionadas otorgada a los hogares, esta autora (Him, 2017, p. 218) indica que:

no es un incentivo suficiente para cambiar el comportamiento de las familias de insertar a sus hijos menores en el mercado laboral y el efecto protector del Programa no es determinante para reducir el trabajo infantil en niños y niñas de 10 a 17 años.

Resultados de Investigación Agroecológica Participativa

Mediante un proyecto de investigación participativa en la CNB en Panamá, se generó un marco orientador para la investigación agroecológica participativa (Santamaría Guerra et al., 2015) El equipo de investigación, a través de grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) promueve la agricultura agroecológica a través de prácticas que disminuyen la dependencia de insumos externos, como la reutilización de desechos orgánicos y la conservación de los recursos naturales, en la producción de abono orgánico mediante el cultivo de lombrices, en prácticas de conservación de suelo y en el manejo agroecológico de la producción de granos básicos, plátano, raíces y tubérculos.

El IDIAP ha generado tecnologías adaptadas a los sistemas, con el enfoque de una gestión integrada del conocimiento e innovación que incluye e Intercambio de experiencia (diálogo de saberes), conceptualización reflexiva, operacionalización para uso práctico, aplicación-validación, sistematización y reconfiguración-diseminación. Desarrollando así un proceso de participación, acción–reflexión de los actores locales con investigadores agrícolas de sistemas de producción de la agricultura familiar (IDIAP, 2012).

Mientras las familias ngäbes en sus actividades productivas agrarias producen para satisfacer sus necesidades calóricas en promedio para 122 días del año (mínimo 50 y máximo 222 días), se han reportado incrementos de en la disponibilidad de alimentos de 62 por ciento a 115 por ciento (Torres et al., s.f.), y hasta 300 por ciento (Santamaría Guerra et al., 2015) en el valor bruto de la producción de los sistemas que incorporaron prácticas agroecológicas. Adicional, en el caso del Manejo Agroecológico de la broca del café se reporta una reducción de la infestación de la broca hasta en un 80 por ciento, lo que permite recuperar y mejorar el rendimiento con un impacto importante en el ingreso por venta del grano (González Dufau et al., 2018).

La implementación de estos proyectos ha contribuido a fortalecer y organizar a las comunidades formando asociaciones y grupos de trabajo que facilitan la incorporación de tecnologías, teniendo en cuenta el aspecto socio cultural. Los esfuerzos de las diferentes instituciones que se proponen innovar la agricultura familiar Ngäbe Buglé, han puesto a disposición de los sistemas de

producción, agro tecnologías como: casas de vegetación de bambú y plásticos con sistemas de riego por goteo a gravedad, manejo agroecológico de cultivos de plátano, papa, camote, cacao, poroto, maíz, arroz, boda, producción de moringa, plantas medicinales y fibras naturales, uso de semillas saneadas de raíces y tubérculos, y cultivos biofortificados (arroz, camote, frijol y yuca). Estas tecnologías favorecen la sostenibilidad de la agricultura familiar para garantizar la soberanía alimentaria y hacer más resilientes los sistemas al cambio climático (Santamaría Guerra, 2015).

Si bien ya se cuenta con agrotecnologías para implementar en los sistemas, la difusión de esta tecnología en muchos de los casos ha sido limitada por la falta de recursos, siendo esta una de la principal limitante para mejorar la producción y productividad de estas áreas. Para difundir las agrotecnologías disponibles y que han sido validadas y en su mayoría adaptadas a las condiciones agroecológicas de la CNB se implementó el proyecto “Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático financiado por la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACyT).

El proyecto se guio por la premisa de que el conocimiento socialmente relevante para la innovación se genera en el contexto de su aplicación e implicación. De esta manera, los grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) integrados por los productores co ejecutores, los investigadores, los promotores y extensionistas locales, contextualizaron los principales conceptos y consensuaron los enfoques teóricos y metodológicos que viabilizaran el logro de los objetivos del proyecto.

El principal enfoque adoptado por los grupos PAR fue la Agroecología, por considerar que como síntesis de la ciencia y la práctica se ajusta a la orientación orgánica y ecológica, y a los principios bajo los cuales se crearon sus organizaciones. El propósito de la agroecología no es la sostenibilidad de la agricultura, sino de los modos de vida de los que la agricultura es constitutiva (Figura 2).



Figura 2. Sostenibilidad de los modos de vida

Si la agricultura fue inventada por el ser humano como un medio para la sostenibilidad de las comunidades emergentes, no como un fin en sí mismo, la transición agroecológica de la agricultura familiar tradicional a la agricultura familiar agroecológica, debe estar orientada a contribuir a la felicidad de las comunidades rurales y a la sostenibilidad de sus modos de vida, no a la sostenibilidad del desarrollo rural, que es una alternativa de desarrollo. La agroecología puede contribuir a la construcción del buen vivir en el campo, una alternativa al desarrollo, en el que la vida es la fuente, centro y fin de todo pensamiento y acción humana (De Souza Silva, 2014; Santamaría Guerra et al., 2018).

Para contextualizar el concepto de sostenibilidad, se consideró que la misma no es un objetivo sino una propiedad emergente de los sistemas de actividad humana (Engel, 1997; Rölíng y Wagemaker, 1998; Santamaría Guerra, 2003) durante el proceso de lograr: a) satisfacer necesidades actuales de alimentos, fibras y biomasa; b) producir amigablemente con el ambiente; y c) garantizar la persistencia de su modo de vida considerando los límites biofísicos del agro ecosistema.

De manera que la biodiversidad y los medios de producción son los principales determinantes de la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura. Al determinar el grado de sostenibilidad debemos considerar el estado de los indicadores al menos en las siguientes dimensiones: Socio cultural, Ecológico ambiental, Tecnológico productiva y Económico financiera. Este planteamiento es consistente con lo planteado por otros autores (Altieri, 2013; Sarandón et al., 2014; Vázquez, 2013).

Este proyecto se propuso mejorar la productividad, la rentabilidad, de la agricultura familiar Ngäbe Buglé y evaluar sus efectos en la sostenibilidad ambiental y resiliencia al cambio climático, aumentando los niveles productivos de los cultivos y pequeñas especies animales, a través del desarrollo de capacidades para el diseño de estructuras (casas de vegetación) y la utilización de prácticas agroecológicas de manera que las y los productores ngäbes puedan en el futuro replicarlas y compartir la información dentro de sus asociaciones y con los miembros de las comunidades, contribuyendo así a la seguridad alimentaria de sus poblaciones vulnerables.

Las actividades del proyecto se realizaron con el objetivo de adaptar, validar y difundir las agrotecnologías que incrementen la seguridad alimentaria y nutricional de las familias, la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la agricultura familiar Ngäbe Buglé. Específicamente se quiso:

1. Incorporar mediante la innovación agroecológica participativa, tecnologías y prácticas de manejo en seis sistemas productivos (Sribires) de la agricultura familiar Ngäbe Buglé.
2. Evaluar la contribución de la innovación agroecológica participativa a la seguridad alimentaria, a la sostenibilidad ambiental y a la resiliencia socioambiental de los sistemas productivos al cambio climático.

El proyecto se ejecutó en dos localidades: Hato Horcón, en el corregimiento de Lajero, distrito de Nole Duima y en Salto Dupi, corregimiento de Hato Pílon, distrito de Mironó. En estas localidades existen organizaciones de productores que participaron desde la concepción del proyecto hasta su ejecución y evaluación.

En Hato Horcón se co-ejecutó el proyecto con la Asociación Mixta de Productores Orgánico Ngäbe-Buglé (AMPONB), que tiene más de 13 años de formación y agrupa a más de 35 familias. Las actividades del proyecto, por decisión de la organización se focalizaron en tres *Sribires*, cada uno bajo la gestión de los jefes de familia, a saber, Bonifacio y Norma, Leandro y Maura y Martin y Aurelia (Figura 3).



Figura 3. Entrega de plántones de plátano y moringa a las familias de Hato Horcón.

En la comunidad de Salto Dupi los co-ejecutores del proyecto son miembros de la organización de Productores Agrícolas con Métodos Orgánicos (OPAMO), fundada en 2007 y que agrupa a 20 familias. Por acuerdo de la organización el proyecto se enfocó en tres *Sribires* liderados por los jefes de familia: Alvaro y Enedina, Osvaldo y Adelaida y Antonio y Yolanda (Figura 4).



Figura 4. Reunión con familias co ejecutoras en la comunidad de Salto Dupí.

El proyecto consistió en la incorporación de prácticas agroecológicas de manejo de los cultivos, incorporación de cultivos y rubros que a los productores les interesaban, pero no contaban con semillas, producción y uso de abonos orgánicos a partir de sus propios recursos, uso de prácticas de conservación del suelo. Un aspecto importante fue el manejo del agua a través de su cosecha, almacenamiento y uso en sistemas de riego por goteo a gravedad.

El proyecto apoyó a las familias en la construcción de pequeñas infraestructuras como casas de vegetación, gallineros, porquerizas e instalaciones para las actividades de lombricultura. Cada familia desarrollo su propio plan de trabajo para acercar su *Sribire* a las condiciones que aspiran, plasmados en mapas parlantes actual y futuro de su sistema de producción.

Al finalizar el proyecto se reportaron resultados relativos a la SAN, que sustentan una importante contribución de la incorporación de prácticas agroecológicas en los sistemas de producción, en especial a la disponibilidad de alimentos para las familias. El proyecto logró incrementar la disponibilidad de alimentos de un promedio de abastecimiento calórico de 93.84 días por familia a 317.39 días por familia, con base en el aumento de la producción de alimentos en el *Sribire* (Figura 5).

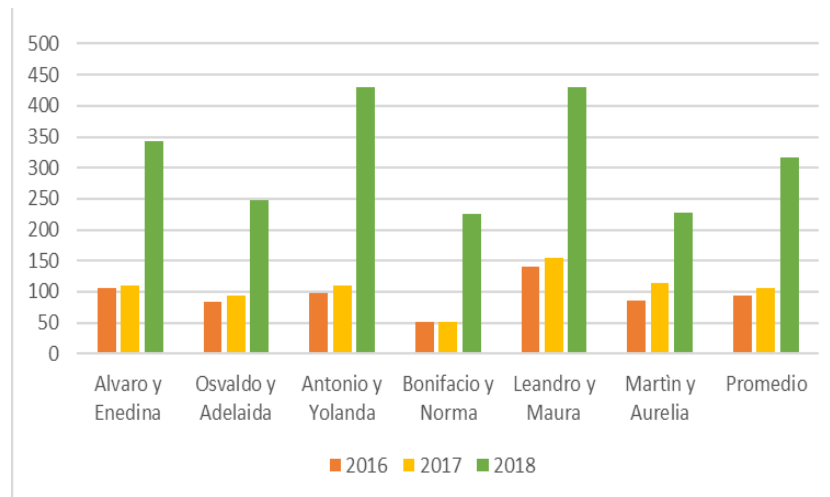


Figura 5. Días abastecidos en Kcal en seis *Sribires*, según necesidades de las familias participantes (IDIAP, 2019).

Por otra parte, respecto al abastecimiento de proteínas, como resultado de la combinación de la producción agrícola y animal (pequeñas especies), se logró incrementar la disponibilidad de proteínas, tanto en términos relativos (días abastecidos por familia) como absolutos (kilogramos de proteína producidos por el *Sribire*).

De acuerdo a la disponibilidad de proteína, se paso de abastecer en promedio de 153.71 días/familia a 453.93 días/familia en los dos años de implementación del proyecto. En términos absolutos la producción de proteína se triplico, pasando de 60.57 kg a 180.48 kg en promedio de los seis *Sribires* durante la ejecución del proyecto (Figura 6).

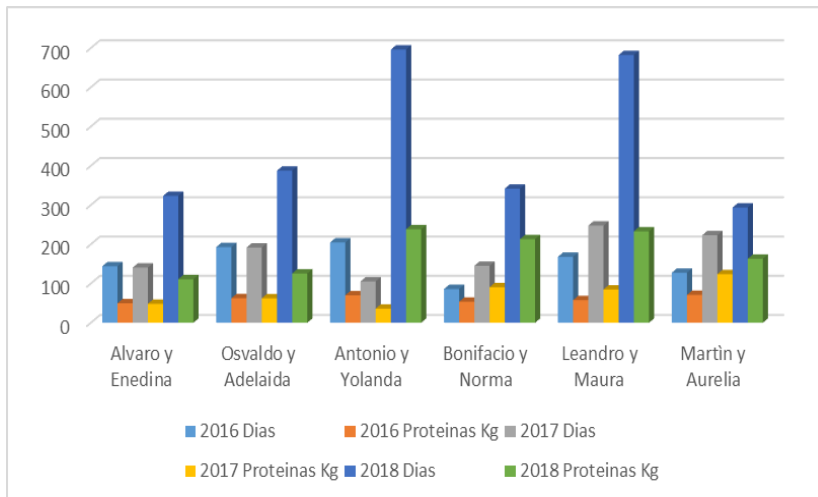


Figura 6. Incremento de la producción y disponibilidad de proteína. IDIAP, 2019.

Cuando se transforma la cantidad de alimentos producidos a Valor Bruto de la Producción (VBP), según precios del mercado local, por las familias ngäbes que participaron del proyecto, también se observa un incremento importante (Figura 7).

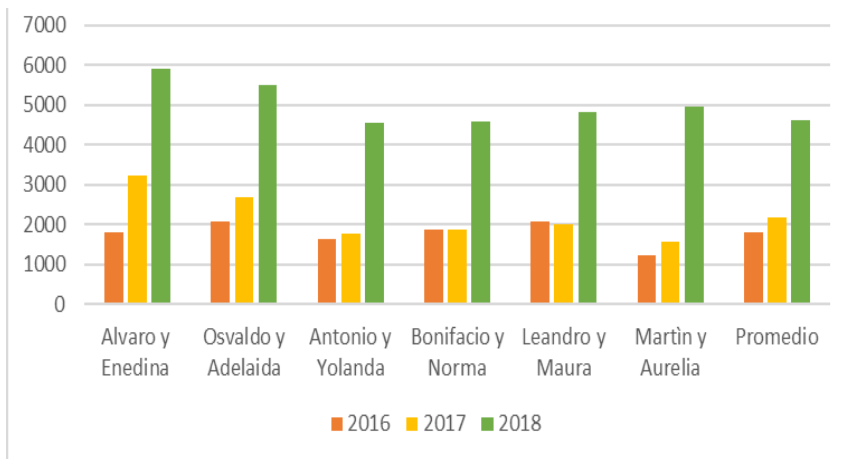


Figura 7. Incremento del VBP en los seis Sribires, atribuibles al proyecto IDIAP-SENACyT (IDIAP, 2019)

Se incrementó en promedio a 154.2 por ciento el VBP de los seis *Sribires*, con lo cual se aumentaron los ingresos familiares, lo que les permitió un mayor acceso a productos alimenticios no producidos internamente.

Los datos aquí presentados, son similares a los reportados localmente en otras publicaciones (Santamaría Guerra et al., 2015; 2016; Santamaría Guerra y González Dufau, 2017; Torres et al., 2018), los cuales apuntan al potencial que representa la agroecología en su contribución a la SSAN.

Por otra parte, el tema de la masificación o escalamiento de la agroecología ha sido tratado por varios autores, desde diferentes perspectivas (Parmentier, 2014; Rosset y Altieri, 2017; Mier y Terán et al., 2018). Sin embargo, las dificultades propias que impone la aplicación de políticas públicas neoliberales, especialmente en la producción de alimentos, consideramos que el escalamiento de la agroecología es una alternativa para aumentar la disponibilidad, diversidad e inocuidad de los alimentos producidos por la agricultura familiar Ngäbe-Buglé. Las intervenciones del núcleo de investigación agroecológica del IDIAP a través de la conformación de grupos de Participación-Acción-Reflexión muestra que es posible mejorar la producción de alimentos para satisfacer las necesidades familiares a partir de procesos de restauración y transición agroecológica.

En cultivos como el café el manejo agroecológico de plagas (MAP), puede generar ingresos adicionales que mejorarían la capacidad de las familias ngäbes de acceder a los alimentos que no pueden producir o que su producción es insuficiente para satisfacer sus necesidades. Por otra parte, el fortalecimiento institucional de las organizaciones de productores de la agricultura familiar puede contribuir a generar los consensos necesarios a nivel local para producir acciones locales colectivas para la SSAN.

Elementos claves de la estrategia

Como se indicado anteriormente los programas para la SAN en el país, han hecho énfasis en las transferencias monetarias directas, que consiste en la entrega de bonos familiares para la compra de alimentos y otros subsidios monetarios como beca universal y el programa 170 a los 65, con lo cual se espera mejorar el acceso a los alimentos. En realidad, nada asegura que el dinero sea utilizado en la compra de alimentos y, por otra parte, como se indicó antes, aunque compren alimentos está por verse la calidad nutritiva de los mismos y su inocuidad dado que en su mayoría provienen del sistema agroalimentario corporativo que produce mercancías no alimentos.

Visto lo anterior, ¿en qué consistiría una estrategia para la SSAN en la CNB? ¿Cuáles son las posibilidades de su implementación y de que los recursos materiales y financieros y los talentos humanos necesarios para su implementación seguimiento y evaluación estén disponibles y puedan ejecutarse según lo programado?

Dado que no parece probable el apoyo gubernamental estable, para un proceso genuinamente participativo para la formulación e implementación de una Estrategia de SSAN, se requiere iniciar con un proyecto estratégico piloto en uno de los distritos de la región Nedrini. Existe experiencia en el distrito de Nole Duima para acciones comunes de diferentes actores interesados en la SSAN.

A continuación, se propone un objetivo y las acciones estratégicas que sirvan de punto de partida para el proceso de concertación/negociación de la estrategia de SSAN para la región Nedrini y en particular para el Proyecto Estratégico Piloto para la SSAN del Municipio de Nole Duima en la CNB.

El Objetivo:

Desarrollar capacidades conceptuales, metodológicas e instrumentales de las organizaciones de productores de la agricultura familiar Ngãbe Buglé de la región Nedrini, de las instituciones estatales y organizaciones no gubernamentales y de las autoridades tradicionales y administrativas para concertar, implementar, dar seguimiento y evaluar planes comunitarios de SSAN que incluyan, aumentar la producción de alimentos sanos, nutritivos y diversos, facilitar acceso a los alimentos en comedores escolares y comunitarios, mejorar los servicios básicos y el uso biológico de los alimentos disponibles.

Acciones estratégicas:

Las acciones que se presentan no constituyen una receta, sino un punto de partida para que la negociación entre actores de la SAN que actúan desde diferentes premisas, perspectivas, atribuciones y enfoques.

Acciones organizativas:

1. Negociación de un marco común de referencia para la SSAN en el distrito de Nole Duima, con los actores que actúan en uno de los municipios de la región Nedrini a través de la convocatoria a un seminario taller con ese propósito;
2. Instalación de una mesa de diálogo para la SSAN en el distrito de Nole Duima con la participación de los principales actores interesados y que actúan en el distrito desde diferentes perspectivas e intereses;
3. Negociación de los desafíos de la SSAN, relativos a la Producción agroecológica, la conservación de la biodiversidad en general y de la biodiversidad funcional en los sistemas de producción, generar circuitos locales de comercialización y la integración de las diferentes instituciones, organizaciones y promotores alrededor del objetivo estratégico para la SSAN;
4. Acordar la estructura de gestión de la Estrategia SAN que cuente al menos con un Comité de Gestión Política y un Comité de Gestión Técnica con la participación de representantes de las autoridades tradicionales y administrativas comarcales, de entidades del gobierno (MIDES, MIDA, MINSA, MIAMBIENTE, IDIAP, IMA, entre otros), de organizaciones no gubernamentales presentes en el distrito Nole Duima (Patronato de Nutrición, Cuerpo de Paz, entre otros) y de las organizaciones de productores del distrito.
5. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Producción agroecológica de alimentos

1. Negociación de planes concretos de producción agroecológica con compromisos de los productores individuales, las organizaciones de productores, las organizaciones no gubernamentales y las entidades estatales;

2. Establecimiento de huertos agroecológicos caseros, escolares y comunitarios en todo el distrito Nole Duima, los cuales además funcionen como Escuelas de Campo y faros agroecológicos municipales;
3. Capacitación (preferiblemente de Ngäbe a Ngäbe) de productores, estudiantes y servidores públicos del distrito en la producción de abonos orgánicos, bio preparados y manejo de enemigos naturales de plagas de cultivos hortícolas (parasitoides, hongos entomopatógenos, depredadores entre otros);
4. Capacitación (preferiblemente de Ngäbe a Ngäbe) de productores, estudiantes y servidores públicos del distrito en la conservación de suelos, corredores biológicos, cortinas rompevientos, y reforestación de cuencas hidrográficas;
5. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Procesamiento de alimentos

1. Introducción de cultivos biofortificados como el camote, yuca, entre otros, y promover su cultivo e incorporación en la dieta mediante su procesamiento post cosecha en conservas, encurtidos y harinas de alto contenido nutricional. Lo mismo aplica a cultivos tradicionales como el pixbae, mango, entre otros, que se encuentra disponible en algunos meses del año y su transformación y conservación garantizaría su aprovechamiento a más largo plazo;
2. Capacitación a quienes manipulan alimentos en las casas, en las escuelas y otros sitios de consumo para aprender y utilizar medidas higiénicas básicas que mejoren la calidad nutricional de los alimentos;
3. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Otro conjunto de acciones como mejorar las vías de acceso y la provisión de servicios básicos deberán ser acordadas, así como las medidas de presión ciudadana, movilización, negociación y autogestión comunitarias que han probado efectividad en la búsqueda de atención gubernamental y consolidación de las organizaciones de producción y comunitarias.

Líneas de Investigación

En el marco de la estrategia propuesta, la investigación agroecológica participativa ocupa un lugar destacado para comprender los sistemas productivos de la agricultura familiar Ngäbe Buglé y generar información y conocimientos contexto específicos, relevantes para la disminución del hambre y la pobreza en ese territorio.

Se propone abordar el tema de investigación como parte de las acciones estratégicas para la SSAN, para lo cual se sugieren algunas líneas de investigación que servirán de base para la negociación:

- Prospección de la biodiversidad asociada a los agroecosistemas y de sus interacciones multitróficas para comprender los sistemas agroforestales de la CNB y mejorar su desempeño para aumentar la disponibilidad y variedad de alimentos;

- Conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad endémica y su uso con fines experimentales;
- Prospección y valoración de enemigos naturales de organismos nocivos y de germoplasma animal y vegetal;
- Evaluación e incorporación de material genético de alto valor nutricional y nutraceuticos en los sistemas agroforestales de la CNB, mediante procesos de concertación tecnológica.
- Diseño, implementación y evaluación de sistemas agroecológicos integrales para mejorar la SAN y superar la vulnerabilidad ambiental y socio ecológica;
 - Comprensión del funcionamiento de los agroecosistemas, por ejemplo, biodiversidad de la biología del suelo y sus funciones, mecanismos de auto regulación de plagas, entre otros;
 - Evaluación del efecto de aplicación de prácticas agroecológicas para mejorar el desempeño de los sistemas de producción;
 - Evaluación económica, ambiental e institucional de prácticas de manejo y conservación de suelos;
 - Estudios básicos para aplicación de hidroponía y agricultura en ambiente protegido para manejo eficiente de la nutrición de los cultivos y del recurso hídrico.
- Estudios básicos y eco ambientales de los servicios ecosistémicos, funciones ecológicas y su integración a los agroecosistemas para mejorar su desempeño.
- Estudios aplicados sobre manejo y gestión integrada de cuencas y microcuencas hidrográficas desde la perspectiva de Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación y la construcción social del territorio.
- Investigación e innovación tecnológica para mitigar las afectaciones que el cambio climático tenga sobre rubros de soberanía alimentaria (granos, musáceas, raíces y tubérculos, carne y leche, especies menores, entre otros).
- Diseño y validación de modos de intervención que generen tecnologías que incorporen el saber local y tradicional en la búsqueda de la sostenibilidad de los modos de vida, el manejo de la complejidad y de la incertidumbre.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se derivan del análisis de los resultados del estudio y la puesta a prueba de la hipótesis de trabajo planteada:

- ✓ Entendidas las políticas públicas como las decisiones y acciones gubernamentales que se orientan al logro de objetivos que responden a las necesidades, demandas y aspiraciones de la sociedad de resolver problemas que afectan a la mayoría de la población, las políticas públicas para la SAN en Panamá siguen siendo una quimera, un espejismo, que solo contribuyen a la legitimación de las acciones gubernamentales y al cumplimiento de los

consensos alcanzados en cumbres y encuentros internacionales, sin lograr resolver los graves problemas que representa el sistema agroalimentario corporativo, el empobrecimiento de los productores agropecuarios, la pauperización de los sectores de capas medias y la marginación de los afectados por las condiciones de pobreza y pobreza extrema.

- ✓ En todos los instrumentos de políticas públicas alimentarias de Panamá, está ausente el enfoque de Soberanía Alimentaria, por lo que se mantiene como una reivindicación de los productores, que se expresa en la defensa de la producción nacional, en el llamado a consumir los productos nacionales y al control de las importaciones de alimentos.
- ✓ Es posible avanzar en el logro de la SSAN “desde abajo”, con acciones concertadas de los actores locales interesados en la construcción social de su territorio y en la sostenibilidad de sus modos de vida.
- ✓ La investigación agroecológica participativa y el escalamiento de la agroecología en el contexto de su aplicación e implicaciones es una alternativa para avanzar en el logro de los objetivos de SSAN.
- ✓ Las Universidades y los Institutos Nacionales de Investigación deben liderar los esfuerzos de desarrollo de capacidades para la SSAN, en especial en el establecimiento de líneas de investigación agroecológica, la formación de investigadores agroecólogos y en la asignación de recursos y talentos a la formulación de estrategias territoriales para la SSAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Altieri, M.A. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. *En: Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. Clara I. Nicholls, Leonardo A. Estrada, Alberto Ríos Osorio y Miguel Altieri, editores. REDAGRES, Medellín, Colombia. 94-104. 2013. ISBN 978-958-8790-32-9.
- *Álvarez, F., Mato Bode, M. A., Santamaría-Guerra, J., Cheaz, J., y De Souza Silva, J. (2005). *El Arte de Cambiar las Personas que Cambian las Cosas: El cambio conceptual del ser humano desde su contexto cambiante*. Red Nuevo Paradigma; Quito, (ISBN-9978-44-622-2).
- *ANAM-GTZ. 2003. ANAM-GTZ (Autoridad Nacional del Ambiente-Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (2003). Proyecto Agroforestal Ngäbe. San Félix, Comarca Ngäbe Buglé (CNB), Panamá.
- *Altieri, M. A. y Nicholls, Cl. (2011). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*, ISSN 1887-1941, ISSN-e 1989-4686, N^o. 6, 2 págs. 28-37.
- *Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* Vol. 38(3): 587–612.

- *Anzola de Parra, D., y Jiménez Ortiz, R. (2010). Referente conceptual y operativo para la estructuración de líneas de investigación. *Revista Ciencias de la Educación* Vol. 20(36): 226-246.
- *Congreso General de la Comarca Ngäbe-Buglé [CGNB]. (2013, agosto). Plan Estratégico de Desarrollo Integral de la Comarca Ngäbe-Buglé 2014-2029. Informe Principal. Documento de Compromiso entre la Dirigencia Indígena de las Comunidades Ngäbe Buglé y el Estado Panameño en la Mesa del Diálogo. San Félix.
- *De Souza Silva, J., Cheaz, J., Santamaría Guerra, J., Mato Bode, M. A., Valle Lima, S., Gomes De Castro, A. M., Álvarez-González, F. J. (2005). *La Innovación de la Innovación Institucional: de lo universal, mecánico y neutral a lo contextual, interactivo y ético desde una perspectiva latinoamericana*. Quito: Artes Gráficas Silva ISBN-9978-44-632-X.
- *De Souza Silva, J. (2014). *Agroecología: Uma ciência para a vida e não para o desenvolvimento*. Resenha del libro AGROECOLOGIA: princípios e reflexões conceituais. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 245 p. (Coleção Transição agroecológica, 1). *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v. 31, 1:163-168
- *Echeverry, R. (2012). Pactos territoriales para el desarrollo rural. Dirección: Guillermo Solarte Lindo, Cámara y edición: Edwin Daniel Díaz. Recuperado de Corporación Latinoamericana Misión Rural – Misión Tierra Territorios. <https://www.youtube.com/watch?v=33-GOrej5CU>.
- *Engel, P.G.H. (1997). *The social organization of innovation: A focus on stakeholder interaction*. Royal Tropical Institute (KIT) Publishers, Amsterdam, The Netherlands.
- OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations/United Nations Capital Development Fund. (2016) “A territorial approach to food security and nutrition policy: The case of Peru”, En *Adopting a Territorial Approach to Food Security and Nutrition Policy*, OECD Publishing, Paris.
- *FAO/OCDE/FNUDC (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación-Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). (2016). *Adopting a territorial approach to food security and nutrition policy*. <https://doi.org/10.1787/9789264257108-en>
- *FAO (14 de diciembre de 2018). *El Estado de la Inseguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo: Fomentando la resiliencia climática en aras de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de <http://www.fao.org/3/i9553ES/i9553es.pdf>
- Ferre, M., y Soler Montiel, M. (s.f.). *El enfoque de la soberanía alimentaria: más allá de la seguridad alimentaria*. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <http://www.fes-sociologia.com/files/congress/10/grupos-trabajo/ponencias/892.pdf>

- *González Dufau, G. I., Santamaría Guerra, J., Torres, L., Santos, U., y Sanjur, M. (2018). Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Cadernos de Agroecología. Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia*.
- *Him, M.I. (2017). *Las transferencias monetarias condicionadas como instrumento de reducción de la pobreza: incidencia sobre la formación de capital humano del programa red de oportunidades (2010-2014) en Panamá*. Tesis doctoral para optar por el grado de doctora. Universidad de Valladolid, España. 15 de junio de 2017.
- *IDIAP/PNB/FIS/FIDA (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá-Proyecto Ngäbe Buglé-Fondo de Inversión Social-Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola). (2009). *Plan General de Generación y Transferencia de Tecnología para la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe-Buglé*. San Félix, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2012). *Metodología IDIAP para la Innovación Tecnológica de los Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar* (1 Película 15 min. 19 seg., son. color.). <https://www.idiap.gob.pa/publicaciones/videos>. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wWHWuiRssOo>
- *IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2019). *Investigación agroecológica participativa en la Comarca Ngäbe Buglé*. [1 Película 16 min. 19 seg., son. color.].
- *IGNTG (Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, Panamá). (2013). República de Panamá, Panamá. Esc. 1:5,8000,000. 1 h. Color. (Mapas Topográficos. Panamá, República de Panamá).
- *INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). (2012). Obtenido de Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y República Dominicana 2012 – 2032.: <http://www.incap.int/index.php/es/acerca-de-san/san-en-breve>
- *INEC. (2011). Séptimo Censo Nacional Agropecuario. Resultados Básicos. Volumen IV: Cultivos anuales o Temporales. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Contraloría General de la República de Panamá. Contraloría General de la República de Panamá. <https://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- *Köppen, W.; Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 cm x 200 cm.
- *McMichael, P. (2009). A food regime genealogy. *The Journal of Peasant Studies*, 36(1), 139-169. doi:10.1080/03066150902820354
- *MIDES. (2017). Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021. Ministerio de Desarrollo Social, SENAPAN (Secretaría Nacional para el Plan Alimentario y

Nutricional), Panamá. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <https://www.mides.gob.pa/wp-content/uploads/2017/03/Plan-SAN-Panamá-2017>.

MIDES. (s.f.). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021*. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <https://www.mides.gob.pa/wp-content/uploads/2017/03/Plan-SAN-Panamá-2017.pdf>

MIDES (Ministerio de Desarrollo Social, PA). (s.f.). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021*. Red de Oportunidades Recuperado el 13 de diciembre de 2018 de <https://www.mides.gob.pa/programas/red-de-oportunidades/>

*Mier y Terán, M., Giraldo, O., Aldasoro, M., y Mora, H. (2018). Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food System*, 42(6), 637–665. Doi.org/10.1080/21683565.2018.14433

*Morrel, M. (2006). Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Panamá. FAO, Guatemala.

*Mançano Fernández, B. (2016). Territorios y Soberanía Alimentaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 28-38.

*Palacio, E., Santamaría Guerra, J., Torres, L., Sánchez, E., y González D., G. I. (2014). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del Cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé.

Pérez Guardia, R., J. Santamaría G., R. Tarté, D. Concepción, C. Guerra, M. De Gracia, J.L. Pacheco y C. Taylor. (2004). Marco Orientador de las Políticas y Estrategias de Investigación-Innovación Agropecuaria 2004-2020 en Panamá. Panamá Agosto, 2004.

*Nicholls, C. I., y Altieri, M. A. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático. En M. A. Altieri, y C. I. Nicholls, *Agroecología y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales* (págs. 7-20). Lima-Perú.

*Nivia, E., Perfecto, I., Ahumada, M., Luz, K., Pérez, R., y Santamaría, J. (2009). La Agricultura en América Latina y el Caribe: Contexto, Evolución y Situación Actual. En IAASTD, *Evaluación Internacioanal del Conocimineto, Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Agrícola* (Vol. III, págs. 1-76). Washington, D.C.: Island Press.

*Parmentier, S. (2014). *Scaling-up agroecological approaches: What, why and how?* Belgium: Oxfam Solidarity.

*PAN-INRENARE-GTZ (Proyecto Agroforestal Ngäbe Buglé, Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables, Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (1997). Diagnóstico de la situación política, legal, institucional y administrativa concerniente al manejo de los recursos naturales renovables en el área de la Comarca Ngöbe Buglé. San Félix, Panamá.

- *Pérez Guardia, R., Santamaría Guerra, J., Tarté, R., Concepción, D., Guerra, C., De Gracia, M., Taylor, C. (2004). Marco Orientador de las políticas y estrategias de investigación-innovación agropecuaria 2004-2020 en Panamá. Panamá: IDIAP.
- *Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica [PESA]. (2011). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- *Rojas Meza, J. E. (2007). Cooperativismo y desarrollo humano: análisis comparativo entre socios y no socios de la cooperativa Tosepan Titatanniske, Puebla, México. Puebla, México: Colegio de Post Graduados. Rivera.
- *Rojas Meza, J. E. (13 diciembre de 2018). *Bases conceptuales y metodológicas de la SSAN*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria. Programa de Doctorado en Agroecología, Entorno Virtual de Aprendizaje, Ponencia; Archivo subido el 5 de diciembre 2018. <https://eva.una.edu.ni/course/view.php?id=599>. Consultado 5 de diciembre 2018.
- *Röling, N y Wagemakers, M.A.E. (1998). A new practice: Facilitating sustainable agriculture, *En*: Röling, N.; Wagemakers, M.A.E. Eds: Facilitating sustainable agriculture. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1998. 348 p.
- *Rosset, P.M. y Altieri, M. A. (2017). Agroecology: Science and politics. Manitoba, Canada: Fernwood Publishing.: <http://www.fao.org/3/a-i4729e>
- *Santamaría Guerra, J. (2003). Institutional innovation for sustainable agriculture and rural resources management: Changing the rules of the game. Ph.D. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University. 215 p.
- *Santamaría Guerra, J. (2004). Theories of action for institutional innovation of rural research and development organizations. ISNAR Briefing Paper 74. International Service for National Agricultural Research, The Hague, The Netherlands. 12 p.
- *Santamaría Guerra, J. (2005). Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación: El enfoque contexto céntrico para la investigación y el desarrollo rural (en línea). Taller Alianzas de Aprendizaje, ICRA, SETEDER y CATIE, Santo Domingo de Heredia, del 18 al 20 de abril del 2005. <http://www.icra-edu.org/page.cfm?pageid=publicengworkshop>. Santamaría Guerra 2003, 2004, 2005;
- *Santamaría Guerra, J. (2007). Innovación Institucional y Desarrollo Territorial: La teoría de acción contextual para la sostenibilidad del desarrollo territorial. Memoria del III Encuentro Latinoamericano, Retos del Desarrollo Local: "Gestión innovadora de territorios: descentralización, competitividad, participación". Quito, Ecuador.

- *Santamaría Guerra, J.; Palacio R., E; González D.; Mariano, I. 2015. Innovación tecnológica de sistemas de producción de la agricultura familiar en Hato Horcón, Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá *Revista Ciencia Agropecuaria Panamá* 23, 1-19.
- *Santamaría Guerra, J. (2015, agosto). Innovación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglè, Panamá. Conferencia. En Memoria del Congreso Científico Internacional del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- *Santamaría Guerra, J., y González Dufau, G. I. (2017). The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3-4), 349-365. doi: org/10.1080/21683565.2017.1286281
- *Sarandón, S. J. (2018, octubre). Potencialidades, limitaciones y desafíos de la investigación en Agroecología. Conferencia en VII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Mesas Redondas: www.agroecología.2018.com
- *Sarandón, S.J.; Flores, C.C.; Gargoloff, A.; Blandi, M.L. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. *En: Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables /Santiago Javier Sarandón, S.J; Flores, C.C. (coord.) - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014, p. 375-410. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0*
- *SENAPAN. (s.f.). SENAPAN. Recuperado el 19 de diciembre de 2018, de Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional: <http://www.senapan.gob.pa/quienes-somos/>
- *Torres, L., Santamaría Guerra, J., Santos, U., Salmerón, F. y Montezuma, V. (s.f.). Agro-ecological innovation of agroforestry systems of the Comarca Ngäbe-Buglé. Sometido a *Revista Agroecologia de la Universidad de Ciencias Agrarias. UNCuyo-Mendoza.Argentina* (en revisión).
- Vásquez, L.L. (2013). Diagnóstico de la complejidad y de los diseños y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y resiliencia. *Agroecología*, v. 8, n.1, p. 33-42.

Créditos

Edición: Neysa Garrido

Julio Santamaría G.

Diagramación: Gregoria Hurtado

Portada: Emiliano Velarde

Gregoria Hurtado

Derechos reservados: IDIAP 2019

Ciudad del Saber,

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA Y MOLECULAR DEL AISLADO ENDÉMICO RS006, BIOCONTROLADOR DE *Hypothenemus hampei* EN PANAMÁ¹

**Gladys González Dufau²; Sindy Caballero³;
Grace Contreras⁴; Gloribel Vergara⁵; Luis C. Mejía⁶**

RESUMEN

El control de la broca del café, *Hypothenemus hampei*, mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas, la contaminación ambiental y problemas de salud humana. Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos, la identificación taxonómica de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud. Este trabajo es el primer reporte del hongo *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones en Panamá y su actividad como biocontrolador de la broca del café. Se presentan los resultados del estudio de identificación morfológica y molecular del aislado obtenido a partir de *Trialeurodes vaporariorum* en la naturaleza y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio). Para la identificación morfológica se utilizó microscopía de estructuras de reproducción y claves dicotómicas; la caracterización molecular de los aislados se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5,8 S) y comparación con la base de datos GenBank. Tanto la secuencia de ADN obtenida del hongo aislado colectado en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte de brocas adultas en el bioensayo de eficacia biológica sobre *H. hampei* (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café. Estas secuencias de ADN resultaron idénticas a las de *I. javanica* CBS134.22 (Accesión GenBank: KM234218.1), lectotipo de la especie.

PALABRAS CLAVES: Hongo entomopatógeno nativo, agroecosistema, biodiversidad local, control biológico.

¹Recepción: 26 de noviembre de 2014. Aceptación: 19 de marzo de 2015. La investigación se realizó como parte del proyecto FID007-044: Caracterización molecular de hongos entomopatógenos para su uso en el control de la broca de café en Panamá, con el financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT).

²M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Occidental (CIAOc). e-mail: ggdufau@gmail.com

³Téc. Agropecuario. IDIAP. CIAOc.

⁴Lic. en Biología. IDIAP. CIAOc.

⁵Lic. en Biología. Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) – Panamá. Apartado 0843-03092, Balboa, Ancón, República de Panamá.

⁶Ph.D. en Biología y Patología de Plantas. STRI – Panamá.

MORPHOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF THE ENDEMIC ISOLATED RS006, BIOCONTROLLER OF *Hypothenemus hampei* IN PANAMA

ABSTRACT

The control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, by the indiscriminate use of synthetic organic insecticides can result in the selection of resistant individuals, the emergence of new pests, environmental contamination and human health problems. For agroecological pest management and epidemiological studies, taxonomic species identification is critical. This is enabled by the use of molecular techniques with high levels of reliability, sensitivity and promptness. This paper is the first report in Panama about *Isaria javanica* (Friedrichs and Bally) Samson and Hywell-Jones, its activity as a bio controller of the coffee berry borer. The results of the morphological and molecular identification of the obtained isolate from *Trialeurodes vaporariorum* in nature and RS006b (reisolated from *H. hampei* in laboratory conditions) are presented. Microscopy of reproductive structures and dichotomous keys were used for morphological identification; the molecular characterization of the isolates were performed by sequencing the ITS region (ITS 1 and 2 including 5.8 S) and comparison with the database GenBank. Both, the obtained sequence from the isolated fungus originally from nature (RS006a) and the obtained isolate killing adult bits in the bioassay biological effectiveness on the coffee berry borer (*H. hampei*) (RS006b) confirmed that it was the same species: *I. javanica* with ability to infect adult individuals of the coffee berry borer. These sequences resulted to be identical to the ones from *I. javanica* culture CBS134.22 (KM234218.1 Genbank accessesion number), the lectotype of the species.

KEY WORDS: Native entomopathogenic, agroecosystem, local biodiversity, biological control.

INTRODUCCIÓN

La broca del fruto del café *Hypothenemus hampei* Ferrari es una plaga que está presente en Panamá desde junio del 2005 cuando se reportó por primera vez (MIDA 2005) y está considerada como la principal plaga insectil en todos los países productores de café (Vega *et al.* 2009). Este insecto tiene la forma de un diminuto gorgojo, produce el daño al atacar el fruto del café y se reproduce internamente en el

endospermo, causando la pérdida total del grano y, en algunos casos, su caída prematura, además del deterioro de la calidad del producto final (Bustillo 2006).

El control de esta plaga mediante el uso indiscriminado de insecticidas orgánicos sintéticos puede traer como consecuencia la selección de individuos resistentes, el surgimiento de nuevas plagas y la contaminación ambiental y humana.

En los ecosistemas se encuentran de manera natural organismos con funciones biocontroladoras de plagas, que por desconocimiento, se han estado afectando de manera indiscriminada mediante la práctica de la agricultura convencional (Devine *et al.* 2008, Altieri y Toledo 2011, Cortés 2011, Koohafkan y Altieri 2015).

En la búsqueda de prácticas amigables, con el ambiente y la salud humana, es imprescindible la comprensión de las funciones del ecosistema para su restauración y utilización mediante formas alternativas de agricultura (Altieri y Toledo 2011). En el caso de los hongos entomopatógenos, significa determinar su identidad genética y filogenia, comprender su biología, su interacción con otras formas de vida y comprobar su virulencia específica que le confiere su actividad enzimática y su capacidad de asimilar sustratos presentes en el hospedero y en el ambiente (González *et al.* 2013). Sin este conocimiento básico será prácticamente imposible el desarrollo de biopreparados efectivos, estables y confiables para la salud humana.

Para el manejo agroecológico de plagas y en estudios epidemiológicos la identificación exacta de las especies es fundamental, lo cual se facilita con el empleo de técnicas moleculares para su

diferenciación y caracterización con altos niveles de confiabilidad, sensibilidad y prontitud, si se cuenta con los equipos apropiados.

Esta investigación responde a la búsqueda de métodos alternativos para el control de plagas, mediante el uso de enemigos naturales de la broca del café, tales como los hongos entomopatógenos, por lo que se reporta como parte de la biodiversidad local, la presencia del aislado de *Isaria javanica* (Friedrich y Bally) Samson y Hywell-Jones (Fungi: Sordariomycetes) perteneciente a la familia Cordycipitae y División Hypocreales. El mismo fue aislado de un cadáver de adulto de la mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) encontrado sobre el cultivo de tomate, *Solanum lycopersicum* L. (GRIN 2013), bajo techo en la localidad de Cordillera, distrito de Boquerón, provincia de Chiriquí - Panamá, a una altitud de 930 msnm y posición geográfica 17P 0322815 UTM 0960183 que se encuentra en la zona de vida Bosque Pluvial Premontano (Holdridge 1987).

El hallazgo local coincidió con el reporte de Scorsetti *et al.* (2006) en Argentina quienes encontraron a *Isaria* parasitando mosca blanca. El aislado se depositó en el cepario del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) ubicado en el laboratorio de

Agentes Biocontroladores de la Estación Experimental de Río Sereno (EERS), provincia de Chiriquí y le fue asignado el código secuencial RS006. Se utilizó en pruebas de patogenicidad con diferentes aislados de la colección de IDIAP, para evaluar su potencial biocontrolador sobre la broca del café.

Este reporte presenta los resultados de la identificación morfológica y caracterización molecular de los aislados RS006a y RS006b, los cuales se encontraron afectando naturalmente la mosca blanca de los invernaderos y a la broca del café en condiciones de laboratorio.

Colecta, desinfección y aislamiento:

Una vez en el laboratorio, el cadáver de adulto de la mosca blanca (*T. vaporariorum*), se desinfectó en hipoclorito de sodio (0,5% del producto activo) durante cinco minutos; se enjuagó cuatro veces con agua destilada estéril, posteriormente se colocó en papel de filtro estéril en una placa Petri esterilizada, se agregó agua destilada estéril y fue sellada la placa con parafilm, manteniéndola en incubación a 20°C. Transcurridos siete días, mediante el uso de la cámara de flujo laminar, se transfirió con un asa de siembra, una pequeña porción del crecimiento fungoso al medio de cultivo agar papa dextrosa (PDA por sus siglas en inglés) para su

aislamiento y purificación siguiendo protocolos establecidos (Leucona 1996).

Identificación morfológica y molecular:

Con base a sus características morfológicas al microscopio (Figura 1) y con ayuda de las claves dicotómicas de Humber (2005) y Barnett y Hunter (1998), y el análisis molecular de secuencias en el Laboratorio de Biología Molecular del Smithsonian, Naos Panamá, se realizó la identificación de dos aislamientos: RS006a (colectado en la naturaleza afectando *T. vaporariorum*) y RS006b (reaislado de *H. hampei* en condiciones de laboratorio) (Cuadro 1).

Los aislamientos se cultivaron en medio PDA y se mantuvieron a temperatura ambiente promedio (22°C). Para evitar la contaminación por bacterias, los aislados se sembraron en PDA más Rifampicina (0,025 mg/ml) para obtener cultivos puros. Adicional, se realizó microcultivos, lo que permitió observar las estructuras reproductivas con mayor facilidad bajo el microscopio (Cuadro 1).

La caracterización molecular se realizó mediante secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5.8 S) y mediante comparación de las mismas, con secuencias en la base de datos del GenBank. El cultivo RS006 es 100% idéntico a *I. javanica* CBS134.22 (cultivo

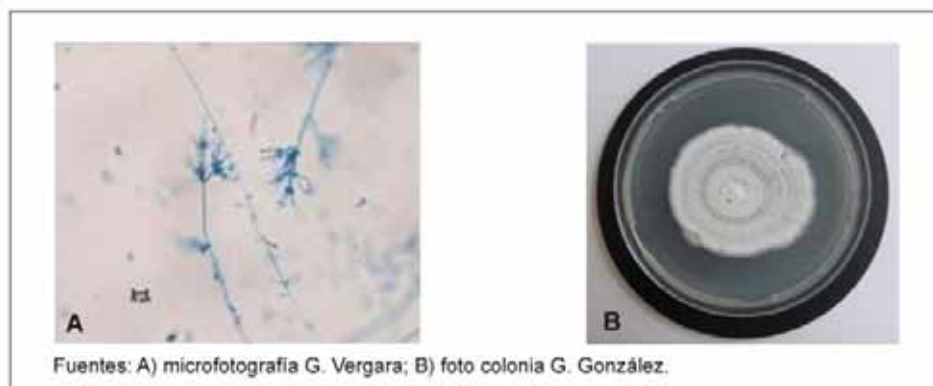


Figura 1. Características microscópicas y macroscópicas de *Isaria javanica*.
 A) Microfotografía de conidióforos y conidias de *I. javanica*;
 B) Morfología de las colonias de *Isaria javanica*.

CUADRO 1. CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LOS AISLADOS DE RSS006a y RSS006b.

Característica	Aislado colectado en la naturaleza (RS006a)	Reaislado de <i>H. hampei</i> en condiciones de laboratorio (RS006b)
Forma de las Conidias	Fusoides largas, Ovoides largas,	Fusoides largas, Ovoides largas,
Dimensión de las Conidias en μm(LxA, \bar{x}, n=50)	2,70-5,16 x 0,37-1,17, 4,04-0,81	3,33-5,93 x 0,37-1,48, 4,50-0,98
Color de la colonia	Crema y/o chocolate claro	Crema y/o chocolate claro
Superficie	Terrosa	Terrosa
Forma de la colonia	Circular	Circular
Elevación	Umbonada	Umbonada
Margen	Ondulado	Ondulado
Consistencia	Friable	Friable
Hospedero	<i>Trialeurodes vaporariorum</i>	<i>Hypothenemus hampei</i>

tipo) para la región ITS; lo cual concluyó que el aislado RS006 corresponde a *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) Samson y Hywell-Jones (Luangsa-ard *et al.* 2005) y pasa a denominarse RSIj006 y sus secuencias se depositaron en el GenBank con las accesiones KF373690 para el aislado RS006a y KF373691 para el aislado RS006b.

Tanto, la secuencia del hongo aislado y colectado originalmente en la naturaleza (RS006a), así como la del aislado que se obtuvo causando la muerte a brocas adultas en el bioensayo (RS006b), confirmaron que se trataba de la misma especie: *I. javanica* con capacidad de infectar individuos adultos de la broca del café.

El uso de hongos entomopatógenos para la lucha contra plagas insectiles es un componente importante de control, siendo una cantidad considerable de hongos mencionados en diversos estudios con este propósito.

Algunas especies de *Isaria*, como *I. fumosorosea*, *I. farinosa* e *I. tenuipes* se han estudiado como agentes de control biológico de insectos, hay preparaciones y productos comerciales de *I. fumosorosea* disponibles en algunos países (Specht *et al.* 2009).

Varios hongos entomopatógenicos Hypocreales (Ascomycota) son reportados infectando la broca del café: *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Metarhizium anisopliae* (Metschn.) Sorokin, *Isaria farinosa* (Holmsk.) Fr. (anteriormente conocida como *Paecilomyces farinosus*), *Isaria fumosorosea* Wize (anteriormente conocida como *Paecilomyces fumosoroseus*), *Isaria lilacinus* (Thom) Sanson (anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*), *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare y Gams (anteriormente conocido como *Verticillium lecanii*), *Nomurae rileyi* (Farl.) Samson y *Ophiocordyceps entomorrhiza* (Dicks) Sung *et al.* (conocido anteriormente como *Hirsutella eleutheratorum*) (Bustillo *et al.* 1998, 2002, Vega *et al.* 1999, 2009).

Se reporta, por primera vez en Panamá, la especie *Isaria javanica* como biocontrolador de *H. hampei*, lo cual brinda una alternativa con potencial para incorporarse a los programas de manejo integrado de plagas en el país.

BIBLIOGRAFÍA

Altieri, M; Toledo, VM. 2011. The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* 38(3):587-612. Traducción de Pablo Alarcón-Chaires revisada por los autores. 34 p.

- Barnett, HL; Hunter, BB. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Bustillo P, AE. 2006. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2):101-116.
- Bustillo, AE; Cárdenas R; Posada, FJ. 2002. Natural Enemies and Competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. Neotrop Entomol 31:635-63.
- Bustillo, AE; Cárdenas, R; Villalba, D; B. Benavides; Orozco, J; Posada, FJ.1998. Manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia. Chinchiná, Cenicafé. 134 p.
- Cortés, N. H. 2011. Ventajas y desventajas de los insecticidas químicos y naturales (en línea). Trabajo para optar por el título de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Veracruz, México. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. 83 p. Consultado 3 feb. 2015.
- Disponble en <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/30882/1/CortesNicolas.pdf>.
- Devine, GJ; Eza, D; Ogusuku, E; Furlong, MJ. 2008. Uso de insecticidas: Contexto y consecuencias ecológicas. Rev. Perú Med. Exp. Salud Pública 25(1):74:100.
- González D, GI; Caballero, S; Contreras, G; González, F; Mejía, LC. 2013. Caracterización Morfológica de Cepas Nativas de Hongos Entomopatógenos en Panamá. In 58 Reunión Anual de PCCMCA (Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Animales). Memoria. Tegucigalpa, HN. p. 139.
- GRIN (Germplasm Resources Information Network). 2013. Taxonomy for Plants. United States department of Agriculture (en línea), Agricultural Research Service. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars-grin.gov/cgi-bin/npgs/html/taxon.pl?22956>.
- Holdridge, LR. 1987. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: IICA. 216 p. (Colección y Libros y Materiales Educativos/IICA; no.83).

- Humber, RA. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification (en línea). USDA-ARS. Consultado 6 jun. 2013. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshoprev.pdf>.
- Koohafkan, P; Altieri, MA. 2015. Sistemas Importantes del Patrimonio Agrícola Mundial: Un Legado para el Futuro (en línea). Consultado 5 mar. 2015. Disponible en http://agroeco.org/wp-content/uploads/2011/03/GIAHS_Booklete_ES_Ir.pdf.
- Leucona, RE. 1996. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. Capítulo 10. 143-150. *In* Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plaga. Leucona, RE. Ed. Buenos Aires, AR. 338 p.
- Luangsa-ard, JJ; Hywel-Jones, NL; Manoch, L; Samson, RA. 2005. On the relationships of *Paecilomyces* sect. *Isarioidea* species. *Mycological Research* 109:581-589. doi:10.1017/S0953756205002741.
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario). 2005. Dirección de Agricultura, Estadísticas Agropecuarias. Hoja informativa.
- Scorsetti, AC; Humber, RA; Gregorio, C De; López Lastra, CC. 2006. New records of entomopathogenic fungi infecting *Bemisia tabaci* and *Trialeurodes vaporariorum*.
- Specht, A; Azevedo JL; Luna Alves Lima de, EA; Tomazzoni B, J; Kassawara M; Lorini LM; Monteiro Barros, N. 2009. Ocorrência do fungo entomopatogênico *Isaria javanica* (Frieder & Bally) Samson & Hywell-Jones (Fungi, Sordariomycetes) em lagartas de *Lonomia obliqua* Walker (Lepidoptera, Saturniidae, Hemileucinae). *Revista Brasileira de Entomologia* 53(3):493-494.
- Vega, FE; Infante F; Castillo F; Jaramillo J. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent findings and future research directions. *Terrestrial Arthropod Reviews* 2:129-147.
- Vega, FE; Mercadier, G; Damon, A; Kirk, A. 1999. Natural enemies of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae) in Togo and Cote d'Ivoire, and other insects associated with coffee beans. *Afr. Entomol.* 7:243

CARACTERIZACIÓN MORFOFISIOLÓGICA Y MOLECULAR DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS ASOCIADOS A *HYPOTHENEMUS HAMPEI* EN ÁREAS CAFETALERAS DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÈ

Gladys González Dufau¹, Arnulfo Monzón², Julio Santamaría Guerra¹, Sindy Caballero¹, Kathia Castrejon¹, Alfredo Santo¹
¹ MSc. en Entomología / ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0989-0957> / gladys.gonzalez@idiap.gob.pa / Instituto de Innovación Agropecuaria de Panamá
² Universidad Nacional Agraria

RESUMEN

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es la principal plaga del cultivo del café (*Coffea* spp.) y colonizó recientemente este cultivo en la Comarca Ngäbe Buglè. Una de las alternativas de manejo de esta plaga es a través de sus enemigos naturales por lo que el objetivo de este estudio fue caracterizar morfofisiológica y molecularmente aislados de hongos entomopatógenos nativos, colectados en la Comarca Ngäbe Buglè y seleccionar los más promisorios, para su inclusión en programas de manejo agroecológico de plagas. La identificación molecular se hizo mediante la secuenciación de la región ITS (ITS 1 y 2 incluyendo 5.8S). Se identificaron 12 aislados pertenecientes a *Beauveria bassiana* (Vullevein), y un aislado de *Purpureocillium lilacinum*. Para la determinación de las características morfológicas se utilizaron tres medios de cultivo: Papa-Dextrosa-Agar, Malta-Dextrosa Agar y Sabouraud-Dextrosa-Agar. Se evaluó la mortalidad y se obtuvo el Tiempo Letal Medio (TL₅₀). Los mayores porcentajes de mortalidad de *H. hampei*, al día 15 después de la inoculación, se observaron con los aislamientos RS-Ij006 y D-Bb1400 con 100%; seguidos por D-Bb1398 con 98.90% y D-Bb1350 con 93.3%. Los menores registros del TL₅₀ se obtuvieron con los aislados de D-1388 (*Purpureocillium lilacinum*) con 3.52 días y RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) con 3.98 días, seguidos por D-Bb1350 con 6.58 días. Los aislados a los que el insecto presentó menor susceptibilidad fueron D-1391, D-1399, D-Bb1397, D-Bb1412 y D-Bb1395, D-Bb1392, estos necesitaron más tiempo para alcanzar el 100% de mortalidad de adultos de *H. hampei* y el TL₅₀ fue superior a 11 días.

Palabras clave: *Purpureocillium lilacinum*, *Cordyceps*, *Beauveria*, manejo agroecológico, biodiversidad funcional

MORPHYSIOLOGICAL AND MOLECULAR CHARACTERIZATION OF ENTOMOPATOGENIC FUNGI ASSOCIATED WITH *HYPOTHENEMUS HAMPEI* IN COFFEE AREAS OF THE NGÄBE-BUGLÈ REGION

ABSTRACT

The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) is a monophagous specie of coffee berries (*Coffea* spp.) and is one of the main pests of this crop in the Ngäbe Buglè Region. The use of native natural enemies is one of the alternatives for managing this pest, because of that the objective of this study was to characterize morphologically, physiologically and molecularly, isolated entomopathogenic fungi collected in coffee plantations of the Ngäbe Buglè Region, to select those with potential, for inclusion in agroecological pest management programs. The molecular characterization of the isolates were performed by sequencing the ITS region (ITS 1 and 2 including 5.8 S) and comparison with the database GenBank. Twelve isolates were determined as belonging to *Beauveria bassiana* (Vullevein), and one isolate as *Purpureocillium lilacinum*. Additionally, an *Isaria javanica* isolate (= *Cordyceps javanica*) from the entomopathogenic fungi collection of the Entomology Laboratory of IDIAP, David, was included for determination of morphological characteristics. Mortality and median lethal time were evaluated. The highest mortality rates, at day 15 after inoculation, were observed with RS-Ij006 and D-Bb1400 isolates with 100%; followed by D-Bb1398 with 98.90% and D-Bb1350 with 93.3%. The least mean lethal times (TL₅₀) were obtained with the isolates of D-1388 (*Purpureocillium lilacinum*) with 3.52 days and RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) with 3.98 days followed by D-Bb1350 with 6.58 days. The isolates in which the insect presented lower susceptibility were D-1391; D-1399; D-Bb1397; D-Bb1412; D-Bb1395, D-Bb1392 these needed more time to reach 100% adult mortality of *H. hampei* and the TL₅₀ was greater than 11 days.

Key words: *Purpureocillium*, *Cordyceps*, *Beauveria*, Agroecology, functional biodiversity

El cultivo de café es de gran relevancia para la agricultura indígena y campesina familiar de la Comarca Ngäbe Buglè (CNB) debido a que representa el cuatro por ciento de la producción nacional, está entre los tres cultivos de mayor importancia económica para la población local, en cuanto a número de explotaciones y generación de ingresos (INEC, 2011). Además, por las características del manejo del cultivo en agroecosistemas forestales, ofrece una gama importante de servicios ambientales como son: captura de agua, conservación del suelo, captura de carbono, así como la conservación y protección de diversos grupos biológicos como son, principalmente, plantas (árboles, epífitas, etc.), aves, insectos y anfibios (Motta-Delgado y Murcia-Ordoñez, 2011).

La broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) es una especie monófaga del fruto del café (*Coffea* spp.), que se considera la principal plaga insectil de este cultivo a nivel mundial (Monzón 2001, Vázquez, 2005). En Panamá fue reportada por primera vez en la región occidental en el año 2005 (Castillo, Bernal, Lezcano, Piepenbring, y Cáceres, 2013), con dispersión posterior hacia el

resto de las zonas cafetaleras, y es en la actualidad una de las principales plagas de este cultivo en la Comarca NgäbeBuglè (CNB), alcanzando infestaciones hasta de 29% (Palacio, Santamaría-Guerra, Torres, Sánchez, y González, 2014).

Durante los primeros años de incidencia de esta plaga en Panamá, su control se basó principalmente en el uso de insecticidas, muchos de ellos altamente tóxicos y contaminantes al ambiente, principalmente por desconocimiento de otras alternativas de manejo de la plaga. González, Santamaría, Torres, Santo, y Sanjur (2018), reportan los hongos entomopatógenos (HEP) como enemigos naturales presentes en las poblaciones de *H. hampei* en la CNB. La aparición de epizootias en poblaciones de insectos se indica como un fenómeno natural (Monzón, 2003) que se propicia por diversos factores, principalmente las características propias del insecto hospedero, del patógeno y del ambiente, interactuando entre sí, además del efecto del manejo que se realiza en el sistema de producción (Vásquez, 2005). Entre las características de los HEP, se destacan la mortalidad total, el Tiempo Letal Medio (TL₅₀), la velocidad de crecimiento diario (mm/día), Tiempo Medio de Germinación o esporulación (TG₅₀), entre otras (Carrillo-Rayas y Blanco-Labra, 2009, Lezcano, Saldaña, Ruiz, y Caballero, 2015).

Los HEP pertenecen a un amplio grupo de microorganismos que proveen múltiples servicios a los agroecosistemas, como lo son la regulación biótica, la estabilidad del suelo, la descomposición de la materia orgánica, entre otros (Sarandón, 2020). Motta Delgado y Murcia Ordóñez (2011) indican que los HEP de mayor utilización para el control biológico incluyen a: *Metarhizium*, *Beauveria*, *Aschersonia*, *Entomophora*, *Zoophthora*, *Erynia*, *Eryniopsis*, *Akanthomyces*, *Fusarium*, *Hirsutella*, *Hymenostilbe*, *Paecilomyces* y *Lecanicillium* (*Verticillium*). De los cuales los de mayor utilización en el mundo son *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *B. brongniartii*, *P. fumosoroseus* (*Isaria fumosoroseus*) (Téllez-Jurado, Cruz Ramírez, Mercado Flores, Asaff Torres, y Arana-Cuenca, 2009).

Debido al potencial de las epizootias causadas por HEP en la broca del café, se propuso realizar análisis morfofisiológicos y moleculares de los hongos entomopatógenos encontrados naturalmente asociados a *H. hampei* (Ferrari), como primer paso en el desarrollo de la alternativa de su uso como agentes de control biológico de la plaga. Así, el objetivo de este estudio fue caracterizar morfofisiológica y molecularmente los aislados de HEP colectados en la CNB afectando naturalmente poblaciones de *H. hampei* (Ferrari), y seleccionar las que mostraran mejor potencial patogénico para su incorporación en programas de manejo agroecológico de dicha plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta purificación y aislamiento

Se colectaron cadáveres de *H. hampei* con crecimiento micelial, en una plantación de café de la localidad de Cerro Tula (8°24'18.17'', 81°47'5.51''; corregimiento de Hato Chamí, distrito de NoléDuima en la CNB, los que fueron desinfectados superficialmente en el laboratorio de Entomología, IDIAP en David, Provincia de Chiriquí, con hipoclorito de sodio al 0,5% durante 5 min, y lavados con agua destilada estéril. Seguidamente, estos se colocaron individualmente en cámara húmeda (90% HR y 25±1°C). Los hongos que se desarrollaron en los cadáveres fueron aislados y sembrados en medio de cultivo PDA, y codificados. Para fines de comparación, se incluyó en el estudio, el aislado RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) procedente de la colección de hongos entomopatógenos del IDIAP, David, Chiriquí.

Caracterización molecular

Identificación molecular a través de genes de ADNr. La extracción del ADN genómico de los aislados obtenidos, se realizó en el Laboratorio de Biología Molecular del INDICASAT, Ciudad del Saber, Panamá. Se empleó un kit de purificación de ADN de QuiaGen®. La amplificación del fragmento de ITS por PCR se realizó con los cebadores (primers) ITS5 (5'-GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG-3') e ITS4 (5'-TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC-3'), usando 30 ciclos de desnaturalización (94 °C por 45 s), hibridación (55 °C por 1 min) y polimerización (72 °C por 45 s). Los cebadores se diseñaron de las secuencias conservadas 18S-ADNr y 28S-ADNr en hongos. Las secuencias de nucleótidos de los fragmentos amplificados se compararon con las secuencias ya publicadas en la base de datos del NCBI (National Center for Biotechnology Information). A las secuencias de ADN obtenidas, se agregó una (RSCj006), previamente identificada, obtenida a partir de *Trialeurodes vaporariorum* (González, Caballero, Contreras, Vergara, y Mejía, 2015). Las distancias evolutivas se calcularon utilizando el método de la distancia p (Nei, y Kumar, 2000) y se muestran en las unidades del número de diferencias de base por sitio. Este análisis involucró 18 secuencias de nucleótidos. Todas las posiciones ambiguas se eliminaron para cada par de secuencias (opción de eliminación por pares). Hubo un total de 751 posiciones en el conjunto de datos final. Los análisis evolutivos se realizaron en MEGA X (Kumar, Stecher, Li, Knyaz, y Tamura, 2018).

Caracterización morfofisiológica

Características macroscópicas: Los hongos se identificaron morfológicamente a nivel de especie (Seifert, Morgan-Jones, Gams, Kendrick, 2011). Se obtuvieron cultivos monospóricos a partir de colonias puras de los aislados en medio de cultivos PDA (Leucona, 1995). A partir de los cultivos monospóricos, los aislados se sembraron en PDA (Papa Dextrosa Agar), Malta Dextrosa Agar (MDA) y SDA (Sabourad Dextrosa Agar). La siembra se hizo, colocando en el centro de los platos Petri, un trozo del cultivo monospórico y se incubaron a 26±1°C en oscuridad. Para cada aislado se utilizaron cinco réplicas por cada medio de cultivo. A los 10 días de sembrado (dds), se registraron las características macroscópicas forma de la colonia, elevación, aspecto de la superficie y color del micelio. La coloración por el anverso y el reverso de las colonias se estimó siguiendo los códigos de la paleta de color de suelos Munsell (Munsell Color Company, 2000).

Crecimiento radial: Para determinar el crecimiento radial, se colocó un cultivo monospórico en el centro del plato con medio de cultivo y se colocó en incubación a 26±1°C en oscuridad. Para fines de realizar las mediciones de crecimiento, en la parte posterior de los platos se marcaron cuatro radios, sobre los que se hicieron las mediciones, las que se realizaron durante 10 días, iniciando al segundo día después del

establecimiento del ensayo. Con los datos obtenidos se determinó la tasa de crecimiento en mmdía^{-1} (French y Hebert, 1982) para los tres medios de cultivo.

Diámetro de la colonia: A partir de cultivos monospóricos incubados a $26 \pm 1^\circ\text{C}$ por 10 días; se midió el diámetro (mm) en dos puntos de la colonia, realizando dos lecturas por cada plato Petri.

Características microscópicas

Tamaño de conidias: Se obtuvo conidias a partir de un cultivo puro de 10 dds, de los hongos del estudio, y se midió el largo y ancho de las mismas, utilizando un microscopio óptico Olympus CX31 con un aumento de 100x. Se evaluaron 50 conidias por aislado y por medio de cultivo, para medir su tamaño en micras (French y Hebert, 1982).

Concentración de conidias: La concentración de conidias se midió a los 10 días, luego del crecimiento radial de las colonias. En tubos Falcon de 15 ml conteniendo 10 ml de Tween 80 al 0.05 % (v/v) se colocaron individualmente tres secciones de 1 cm diámetro del crecimiento esporulado de los aislados. Posteriormente se realizaron diluciones sucesivas hasta la dilución 10^{-3} . Se realizaron cinco repeticiones por aislado. Se realizó el conteo al microscopio con la cámara de Neubauer (Neubauer improved, Marienfeld, Alemania) y se registraron los conteos de conidias producidas (cm^2) por cada aislado en los tres medios de cultivo (French y Hebert, 1982).

Germinación: La capacidad germinativa de los aislados fue evaluada simultáneamente a la prueba de patogenicidad. Se utilizó una concentración de 1×10^6 conidias/ml. Se colocaron alícuotas de 5 μl en siete puntos del medio en platos Petri, se incubaron durante 24 horas a 26°C y se adicionó una gota de azul de lactofenol con el fin de suspender el proceso de germinación y teñir las esporas. Se recortaron trozos del cultivo en los puntos de inoculación, se hicieron montajes en portaobjeto y se procedió al conteo de conidias germinadas y no germinadas en cinco campos microscópicos. La observación microscópica se realizó con un aumento de 40x; los resultados se expresaron en porcentaje de esporas germinadas. Para cada aislamiento se utilizaron 5 cajas de Petri por repetición.

Mortalidad de *H. hampei*: Para evaluar la mortalidad y TL_{50} de los hongos aislados, se utilizaron adultos de aproximadamente 10 días, obtenidos de una cría de *H. hampei*, establecida a partir de adultos colectados de cerezas de café infestadas naturalmente. La inoculación se realizó por inmersión en una suspensión de 1×10^9 conidias ml^{-1} + Tween 80 (0,1%) durante un minuto. Como testigo se utilizó agua destilada estéril + Tween 80 (0,1%). La unidad experimental se estableció con 10 adultos de *H. hampei*, colocados individualmente en viales de vidrio, donde se les suministró un grano de café pergamino. El ensayo se mantuvo a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, en cámara húmeda con agua destilada estéril sobre papel toalla esterilizado. La mortalidad se registró diariamente durante 15 días y los cadáveres se colocaron individualmente en cámara húmeda con el fin de obtener esporulación. El Tiempo Letal Medio fue calculado mediante el método de regresión lineal simple.

Análisis estadístico. Los datos del crecimiento lineal se transformaron a $\log(x + 1)$; este y la producción de conidias se analizaron mediante un análisis de varianza y separación de medias con Tukey ($\alpha = 0,05\%$). Los datos de mortalidad se transformaron a $\arcsin(\sqrt{x/100})$ y se analizaron mediante una prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05\%$).

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Colecta, purificación y aislamiento

A partir de los especímenes de *H. hampei*, se obtuvieron 12 aislados de hongos, los que fueron codificados de la siguiente manera: D-Bb1397, D-Bb1391, D-Bb1392, D-Bb1350, D-Bb1399, D-Bb1405, D-Bb1412, D-Bb1402, D-Bb1406, D-Bb1395, D-Bb1400, D-P11388.

Caracterización molecular

Al analizar las secuencias, 11 de los 12 aislados correspondieron 100% a *Beauveria bassiana* Bals. (Vuill.) (Accesiones MG548313.1 y MH922794.1). Un aislado se identificó como muy cercano al género *Isaria* (= *Paecilomyces*) similar al aislado RS-Ij006 y coincidió 100% (Accesión KF624800.1) con el género *Purpureocillium lilacinum* del GenBank. Luangsa-ard, Houbraken, VanDoorn, Seung-Beom, Borman, Hywel-Jones, y Samson (2011), proponen este microorganismo como un nuevo género *Purpureocillium* y una nueva combinación *Purpureocillium lilacinum* para el anteriormente conocido como *Paecilomyces lilacinus*, especie que según Luangsa-ard et al. (2011) cuando es usado en altas concentraciones representa un riesgo para la salud en humanos inmuno-comprometidos. Por lo anterior, este material se debe manejar con reserva ya que se requieren realizar más investigaciones que determinen los factores de patogenicidad en humanos (Luangsa-ard et al., 2011). El aislado RS-Ij006 corresponde a *Isaria javanica* (Friedrichs y Bally) (Samson y Hywell-Jones (Luangsa-ard et al., 2005) y sus secuencias están depositadas en el GenBank con las accesiones KF373690 y KF373691 (González, Caballero, Contreras, Vergara, y Mejía, 2015). Este género, se le ha reubicado recientemente con el nuevo nombre de *Cordyceps* en una revisión posterior por Kepler et al. (2017). El nuevo nombre de *Isaria javanica* se indica en lo sucesivo como *Cordyceps javanica*. Los análisis evolutivos filogenéticos y moleculares de las secuencias obtenidas dio como resultado el árbol filogenético reflejado en la Figura 1. Las relaciones evolutivas de taxones se infirieron mediante el método del vecino más cercano (Saitou y Nei, 1987). Se muestra el árbol óptimo con la suma de la longitud de la rama = 0,66904220. Se observó poca variabilidad entre los aislamientos de *B. bassiana*. El análisis separó los aislamientos de *B. bassiana* en un grupo y colocó el aislamiento D-1388 diferenciado de las accesiones *Isaria* (KF373690 y KF373691) y del aislamiento MK120858.1 *Purpureocillium* utilizado como grupo externo.

Con relación a la condición de aislados endémicos, por ser colectados afectando naturalmente poblaciones de *H. hampei* en la CNB, Rehner, Posada, Buckley, Castillo, y Vega (2006, p.18), en un amplio estudio filogenético de *B. bassiana*, establecieron que "la alta diversidad genética detectada en el ubicuo Neotropical AFNEO_1 geográfica y ecológicamente, sugiere que este linaje es endémico y está bien establecido en el Neotrópico".

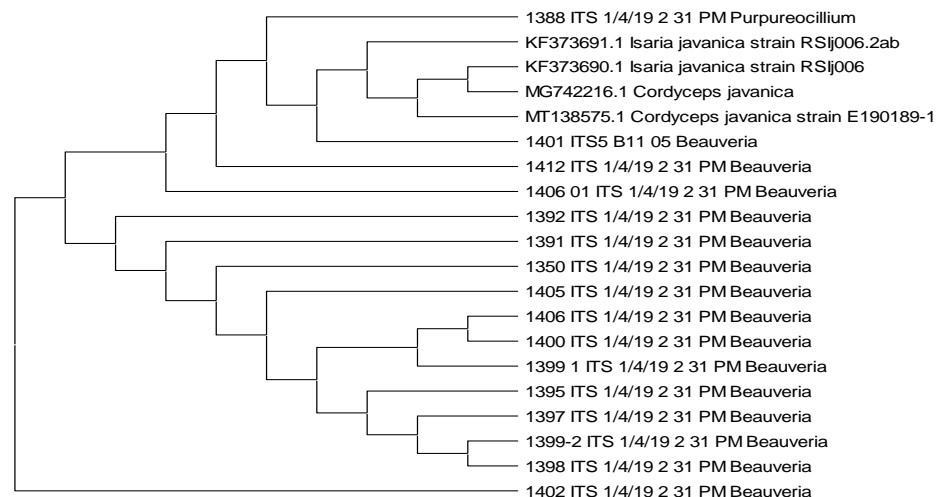


Figura 1. Análisis filogenético de vecino más cercano (NJ) de la región ITS (ITS1, 5.8S, e ITS2) para especies de *Beauveria* usando *Purpureocillium* como grupo externo. Números en las ramas indican valores de bootstrap después de 500 réplicas. MEGA, versión X

Caracterización Morfofisiológica

Los hongos aislados se depositaron en la colección de hongos entomopatógenos del Laboratorio de Entomología del Centro de Investigación Agropecuaria de Chiriquí con una réplica en la colección de referencia de hongos entomopatógenos de la Estación Experimental del IDIAP en Río Sereno.

Características macroscópicas: Los aislados de los hongos entomopatógenos correspondieron a 12 aislamientos nativos de *B. bassiana* (D-Bb1350, D-Bb1391, D-Bb1392, D-Bb1395, D-Bb1397, D-Bb1398, D-Bb1399, D-Bb1400, D-Bb1402, D-Bb1405, D-Bb1406, D-Bb1412) y un aislamiento nativo D-1388, correspondiente a *Purpureocillium lilacinum*.

La forma, el borde y el color de las colonias resultaron comunes a todos los aislados de *B. bassiana*. Todos presentaron colonias circulares, borde liso y color blanco (Gley 8/N según tabla Munsell) por el anverso (Figura 2). En cuanto a la elevación, se distribuyeron en tres tipos diferentes, desde plana a convexa, con situaciones intermedias referidas a la altura de los bordes y al tamaño de la elevación central. El aislado D-Bb1397 mostró ser variable en cuanto a la elevación ya que algunas colonias formaron anillos más elevados y otras, depresión central con crecimiento de altura irregular (e.g. D-Bb1397). En cuanto al aspecto de la superficie, la mayor parte de las colonias no presentaron irregularidades y sólo algunas (D-Bb1391, D-Bb1402, D-Bb1405) produjeron anillos concéntricos.

La apariencia de los aislados de *B. bassiana*, por el anverso y el reverso de las colonias mostraron características culturales similares en los tres medios evaluados. Los materiales correspondientes a *B. bassiana* presentaron un aspecto inicial algodonoso para luego convertirse pulverulento y superficie semi-elevada, coincidiendo con lo descrito para el género *Beauveria* por Bustillo (2001) y Rodríguez y Del Pozo (2003).

En el reverso, el crecimiento micelial de *B. bassiana* fue tomando un color amarillento claro que fue más fuerte (5Y 8/5) en el medio MDA, intensidad media (5Y 8/6), en el SDA y más pálido en el medio PDA (2.5Y 7/8). Adicionalmente se observó la formación de radios en el medio de SDA ligeramente marcados en algunos aislados de *B. bassiana* (D-Bb1350, D-Bb1398, D-Bb1399, D-Bb1405, D-Bb1406, D-Bb1412).

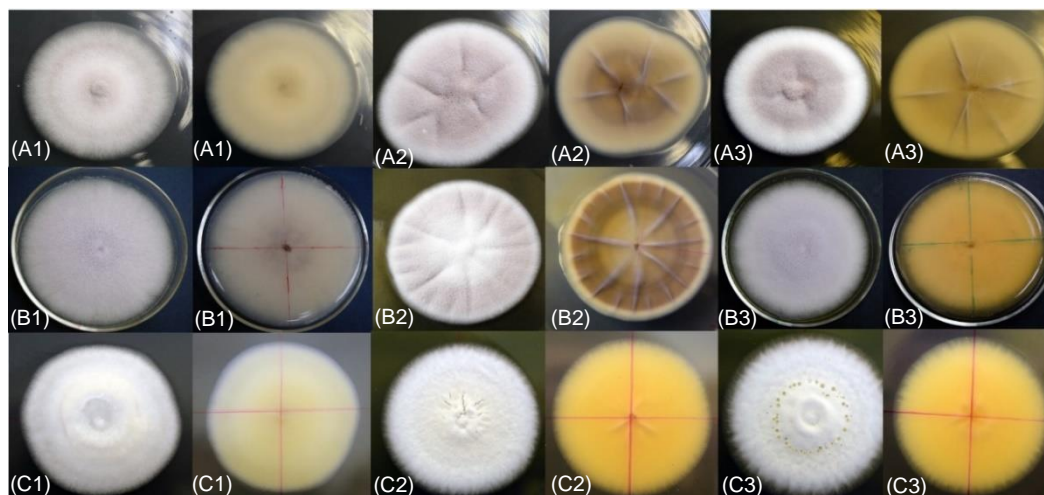


Figura 2. Características macroscópicas de los aislados del género *Cordyceps* (A), *Purpureocillium* (B) y *Beauveria* (C) en PDA (1), SDA (2) y MDA (3) en el anverso y reverso de los medios de cultivo.

Las características morfológicas de los aislados de *Beauveria*, correspondieron a lo reportado por Glare e Inwood (1998). Mientras que el color de los aislados de D-P11388 (*Purpureocillium*) en el lado anverso es rosáceo liláceo (10R 7/2), en contraste con el aislado RS-Cj006 (*Cordyceps*) que fue rosado pálido (10R 5/2); de aspecto friable y superficie plana, crecimiento concéntrico con cambio en la coloración diaria; inicialmente blanca para tornarse rosáceo pálido en 24 horas. Adicionalmente se observó la formación de radios muy marcados en el medio de SDA tanto en el anverso como en el reverso en los aislados D-P11388 (*Purpureocillium*), RS-Cj006 (*Cordyceps*) y muy atenuados en el reverso de *Beauveria* (Figura 2). Similarmente en el medio MDA, se presentó la formación de radios menos acentuada en el aislado RS-Cj006 (*Cordyceps*). La coloración por el reverso según tabla Munsell fueron para RS-Cj006 (*Cordyceps*): 5Y 8/2 en medio PDA, 10YR 6/2 en medio SDA, y 10YR 5/4 en MDA; y para D-P11388 (*Purpureocillium*): 5Y 8/2 en PDA, 10YR 5/8 en SDA, y 10YR 4/6 en MDA.

Crecimiento lineal: Los aislamientos D-P11388 y el RS-Ij006 mostraron un crecimiento significativamente ($p < 0,0001$) mayor que los aislados de *B. bassiana*. El aislado D-P11388 fue el que presentó mayor crecimiento con $4.53 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$ seguida por la RS-Ij006 con $1.93 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$, mientras que los valores obtenidos por los aislados de *B. bassiana* estuvieron en el rango 1,1 a $1.62 \text{ mm}\cdot\text{día}^{-1}$ (Cuadro 1). El crecimiento lineal es un indicativo de la habilidad del hongo para invadir los sustratos donde crece (Montesinos, Viniegra, Alatorre, Gallardo, y Loera, 2011), por lo que esta capacidad competitiva se puede considerar una característica deseable.

Cuadro 1. Diámetro de la colonia y crecimiento radial de los aislados de hongos entomopatógenos medio PDA.

Aislado	Diámetro de la colonia (mm) ^{1/}	Crecimiento radial (mm·día ⁻¹) ^{2/}
D-P11388	87.97 a	4.53 a
RS-Ij006	42.05 b	1.93 b
D-Bb1392	32.05 c	1.10 f
D-Bb1397	31.66 cd	1.54 f
D-Bb1400	31.62 cd	1.23 f
D-Bb1391	31.33 cde	1.43 f
D-Bb1402	30.66 cdef	1.52 f
D-Bb1399	30.52 cdef	1.61 f
D-Bb1398	30.43 cdef	1.54 f
D-Bb1406	29.46 cdef	1.51 f
D-Bb1395	29.23 def	1.51 ef
D-Bb1350	28.42 fg	1.62 cde
D-Bb1412	26.41 g	1.57 c
D-Bb1405	25.57 h	1.47 cd
^{1/} C.V.= 32.73%		^{2/} C.V.= 8.17%
Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)		

El diámetro de las colonias de los aislados de *B. bassiana* en SDA osciló entre 21.98mm y 32.1mm, con un promedio de crecimiento de 27.8mm. El crecimiento lineal promedio de *B. bassiana* fue de 1.49 mm/día, mientras que para RS-Ij006 (*Cordyceps javanica*) fue de 1.93 mm/día y 4.53 mm/día para el aislado D-P11388 (*P. lilacilum*) (Cuadro 3). Estos resultados son similares a los reportados por Elósegui, Nieves, Raysa Díaz, Bel Padrón, y Carr (2003), quienes encontraron para *B. bassiana*, diámetros de la colonia que oscilaron entre 25mm y 31mm, y promedios de crecimiento lineal de 1.56 a 1.93mm. Por otra parte, de acuerdo con Mugnai, Bridge, y Evans (1989), la edad del cultivo y sustrato de crecimiento determinan en gran medida las características morfológicas de los aislados. También se ha reportado que el desbalance entre las fuentes carbonatadas y nitrogenadas es el principal factor que afecta el crecimiento del hongo (Elósegui et al., 2003). Así, cuando las fuentes que aportan nitrógeno (N) en el medio (ejemplo el extracto de levadura) están dos o más veces concentradas con respecto a la fuente carbonatada (ejemplo la dextrosa), se estimula el crecimiento micelial (Jenkins y Prior, 1993).

La mayor capacidad potencial de dispersión se observó en el género *Purpureocillium* con el mayor promedio ($p < 0.001$), de 4.1 mm/día (Figura 3b), seguido por *Cordyceps* con 2.12 mm/día, mientras que los aislados de *Beauveria* tuvieron el menor promedio de crecimiento lineal con 1.49 mm/día. Estas diferencias ($p < 0.0001$), también se observaron al comparar por género el diámetro de la colonia al décimo día de crecimiento (Figura 3a), se observaron diferencias significativas destacándose el género *Purpureocillium* con 87.97mm, seguido por el género *Cordyceps* con 42.05 mm y *Beauveria* con 29.7 mm.

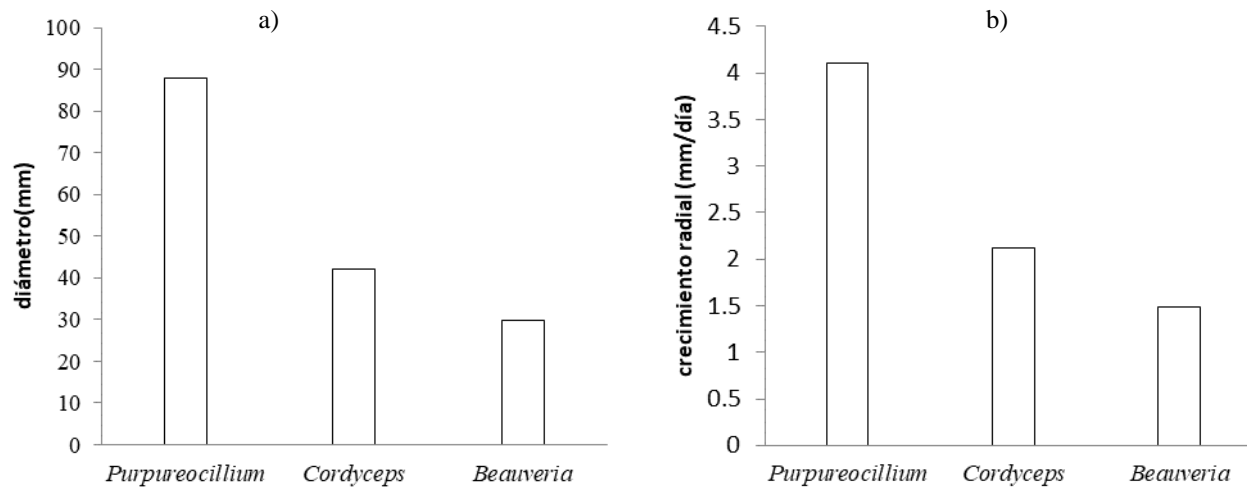


Figura 3. Diámetro (mm) de las colonias y crecimiento radial (mm.día⁻¹) por género al décimo día de crecimiento.

Características microscópicas

Tamaño y forma de conidias: Las conidias de los 12 aislados son lisas, globosas a ovoides; de acuerdo a esta forma, tamaño, así como también al raquis en forma de “zigzag”, las fueron caracterizadas morfológicamente pertenecientes a la especie *B. bassiana* (Figura 4).

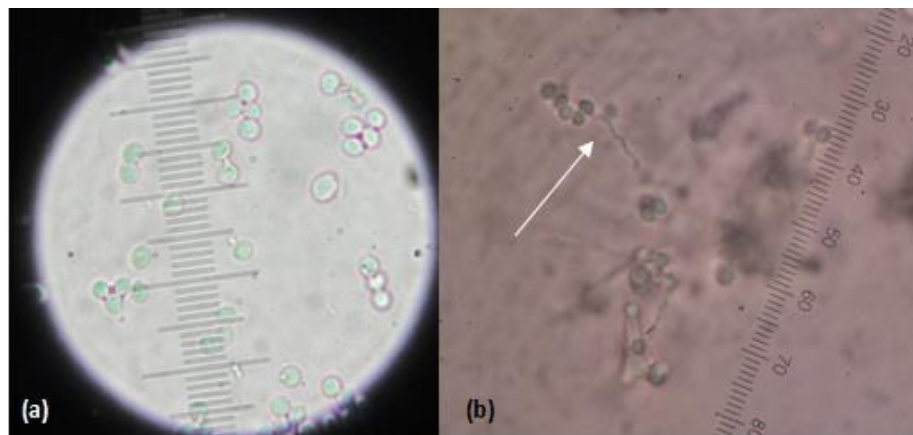


Figura 4. Conidias(a) y conidióforo en forma de raquis-100x (b) de *B. bassiana*-40x. Fotos: K. Castrejón.

En el Cuadro 2 se observa que el tamaño de las conidias osciló en 1.2-3.0 x 1.0-2.8 μ m. Este tamaño es reportado por diversos autores para *B. bassiana* (Kepler (2017, Glare e Inwood1998), quienes, luego de comparar diversas cepas de especies de *Beauveria*, provenientes de diferentes países, concluyeron que las cepas con conidias esféricas y menores de 3 μ m de diámetro pueden ser consideradas como *B. bassiana* (French y Hebert1982, Glare e Inwood 1998, Vélez et al., 2001, Kepler 2017).

Para el aislado D-1388 la variación fue de 4.1-10.2 x 1.1-3.8 μ m. y para el RS-Ij006 de 4.8-6.2 x 1.1-1.6 μ m; ambas de forma fusoides alargadas. Inicialmente por la forma de las conidias, se encontró coincidencia con lo descrito para el género *Cordyceps* (= *Isaria*), sin embargo, el aspecto de la colonia difería con el del aislado RS-Ij006. En la Cuadro 3 se observan los promedios del largo y ancho de las esporas para cada uno de los aislados.

Cuadro 2. Dimensiones (μm) de las conidias de los aislados de hongos entomopatógenos caracterizados.

Aislados	Largo(μm)		Ancho(μm)		Promedio Largo	Promedio Ancho
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo(μm)	Máximo(μm)
RS-Ij006	4.8	6.2	1.1	1.6	5.46	1.33
D-P11388	4.1	10.2	1.1	3.8	6.94	2.52
D-Bb1350	1.7	2.8	1.5	2.7	2.24	2.07
D-Bb1391	1.7	2.8	1.5	2.6	2.23	2.07
D-Bb1392	1.6	2.8	1.4	2.6	2.26	2.09
D-Bb1395	1.9	2.8	1.7	2.6	2.20	2.03
D-Bb1397	1.7	2.6	1.5	2.4	2.23	2.05
D-Bb1398	1.7	2.8	1.5	2.6	2.24	2.07
D-Bb1399	1.7	2.7	1.6	2.5	2.19	2.03
D-Bb1400	1.8	2.8	1.6	2.6	2.2	2.04
D-Bb1402	1.7	2.8	1.5	2.6	2.22	2.03
D-Bb1405	1.7	2.7	1.5	2.5	2.18	2.01
D-Bb1406	1.7	2.6	1.5	2.4	2.17	2.00
D-Bb1412	1.9	2.7	1.7	2.5	2.19	2.03

Con respecto al género (Cuadro 3), se observaron diferencias significativas entre los tres géneros estudiados ($p < 0.001$) para las variables ancho y largo de conidias; siendo *Purpureocillium* el género que presentó el mayor largo ($6.94 \mu\text{m}$), seguido por *Cordyceps* con $5.46 \mu\text{m}$ y *Beauveria* con $2.21 \mu\text{m}$.

Cuadro 3. Dimensiones de las conidias de los géneros de hongos entomopatógenos caracterizados.

Género	Promedio dimensiones (μm)	
	Largo	Ancho
<i>Cordyceps</i>	5.46 a	1.33a
<i>Purpureocillium</i>	6.94 b	2.54 b
<i>Beauveria</i>	2.21 c	2.04 c

Medias con una letra común en una misma columna no son significativamente diferentes, Tukey(0.05)

Concentración de conidias:

Los promedios de las concentraciones de conidias de los aislados del género *Beauveria* variaron de 10.46 a 11.13×10^{12} conidios/ cm^2 sin ser estadísticamente diferentes entre sí ($p > 0.05$), siendo los aislados D-Bb1397 y el D-Bb1392 los que presentaron el mayor promedio, con $11.13 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ y el aislado D-Bb1395 con menor promedio de $10.46 \times 10^{12} \text{cm}^{-2}$ (Cuadro 4). Estos valores fueron superiores a los observados para los géneros *Cordyceps* y *Purpureocillium*.

Cuadro 4. Concentración de conidias producidas (cm^{-2}) de los aislados de hongos entomopatógenos.

Aislado	Concentración promedio (cm^{-2})	Medio de Cultivo		
		PDA	MDA	SDA
D-Bb1397	11.13 a	9.68	10.16	13.56
D-Bb1392	11.13 a	9.22	10.50	13.67
D-Bb1399	10.94 a	9.66	9.66	13.50
D-Bb1391	10.90 a	9.59	9.87	13.25
D-Bb1350	10.87 a	9.44	9.53	13.64
D-Bb1412	10.83 a	9.43	9.51	13.56
D-Bb1402	10.76 a	8.62	10.24	13.41
D-Bb1405	10.75 a	9.13	9.59	13.53
D-Bb1406	10.74 a	9.15	9.49	13.59
D-Bb1398	10.67 a	9.06	9.54	13.41
D-Bb1400	10.67 a	9.15	9.79	13.07

D-Bb1395	10.46 a	8.06	9.76	13.56
RS-Ij006	2.27 b	1.01	1.99	3.80
D-PI1388	1.63 b	1.32	1.63	1.93

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)

El género *Beauveria* produjo significativamente ($p < 0.001$) la mayor concentración de conidias (10.82 cm^{-2}) seguido por *Cordyceps* (RS-Ij006) con 2.27 cm^{-2} y *Purpureocillium* (D-PI1388) con promedio de 1.63 cm^{-2} sin ser los dos últimos diferentes entre sí ($p > 0.05$). La mayor concentración de conidias obtenida por los aislados de *Beauveria*, sugiere que esta característica ha sido desarrollada para compensar su relativo lento crecimiento radial.

Cuadro 5. Concentración (n° conidias cm^{-2}) de géneros de hongos entomopatógenos.

Género	Concentración (n° conidias cm^{-2}) ^{1/2}	Medio de Cultivo		
		PDA	MDA	SDA
<i>Beauveria</i>	10.82 a	9.21	9.79	13.45
<i>Cordyceps</i>	2.27 b	1.01	1.99	3.80
<i>Purpureocillium</i>	1.63 b	1.32	1.63	1.93

^{1/2}C.V. = 7.73%

Medias con una letra común no son significativamente diferentes, Tukey (0.05)

Mortalidad de *H. hampei*: En 60% de los aislados la mortalidad fue superior a 70% (Cuadro 6). Con base en la mortalidad evaluada a los 15 días después de la inoculación, se determinó que los mejores tratamientos fueron RS-Ij006 y D-Bb1400, con 100% de mortalidad, seguidos por D-Bb1398, con 98.9%, indicando la presencia de aislamientos más eficaces que otros.

Al evaluar el TL_{50} se observó que los aislados D-PI1388 y RS-Ij006 causaron el 50% de mortalidad en menor tiempo, con 3.52 días y 3.98 días; seguidos por los aislados D-Bb1350 con 6.58 días; D-Bb1400 con 7.86 días y D-Bb1398 con 8.43 días. Los demás aislamientos requirieron de un tiempo de 11 días o más para eliminar el 50% de la población (Cuadro 6).

Velocidad de germinación; Los aislamientos registraron un TG_{50} de entre 9.38 y 14.75 horas; siendo clasificados en tres grupos: TG_{50} corto, para los aislamientos RS-Ij006 y D-PI1388 con 9.45 y 9.38; TG_{50} intermedio para D-Bb1400, D-Bb1402, D-Bb1405, D-Bb1398, D-Bb1350, que oscilaron entre 13.97 y 14.12 horas y TG_{50} largo para los demás, que oscilaron entre 14.68 a 14.75 horas. Según Shah, Wang, y Butt (2005), la velocidad de germinación es una de las determinantes de virulencia más reportadas. Los valores de TG_{50} que se reportan en este estudio son similares a los reportados por Díaz y Leucona (1995) con aislados de *Beauveria* colectados en diferentes regiones de Argentina, los cuales oscilaron entre 12h 10 min y 20h 04 min. Por otra parte, Montesinos, Viniegra, Alatorre, Gallardo y Loera (2011) indican que, una germinación lenta hace a los HEP más sensibles a las variaciones ambientales, mientras que una rápida germinación les confiere mayor probabilidad de éxito en campo.

Cuadro 6. Mortalidad, TL_{50} y TG_{50} de los aislados de hongos entomopatógenos afectando insectos de la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

Aislado	Mortalidad (% a los 15 días)	TL_{50} (días)	TG_{50} (horas)
RS-Cj006	100.00	3.98	9.45
D-PI1388	80.00	3.52	9.38
D-Bb1350	93.30	6.58	14.12
D-Bb1391	63.30	11.61	14.75
D-Bb1392	40.00	17.29	14.72
D-Bb1395	43.30	18.49	14.68
D-Bb1397	53.30	15.05	14.71
D-Bb1398	98.90	8.43	14.05
D-Bb1399	66.70	11.93	14.74
D-Bb1400	100.00	7.86	13.99
D-Bb1402	86.70	11.38	14.01
D-Bb1405	83.30	11.57	14.03

D-Bb1406	70.00	11.73	14.68
D-Bb1412	50.00	16.10	14.74

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se diferenciaron aislados nativos de hongos, mediante la caracterización morfofisiológica y molecular. Los aislados de *B. bassiana* D-Bb1400, D-Bb1350 y D-Bb1398, presentaron alto potencial patogénico para el control de *H. hampei*, alta producción de conidias y buen Tiempo de Germinación Medio por lo que pueden ser incorporados como parte de una estrategia de Manejo Agroecológico de la broca del café.

El conjunto de aislados de *B. bassiana* mostraron diferencias entre sí en cuanto a la mortalidad de *H. hampei*, no obstante, el análisis filogenético no muestra variación genética, ubicándolas en un mismo grupo. Esto abre perspectivas para estudios posteriores de búsqueda de marcadores moleculares específicos que distingan estas cepas correlacionándolas con su potencial de mortalidad.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Investigaciones Botánicas-Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la doctora Tina Hoffman por su apoyo en el procesamiento preliminar de los aislados obtenidos. Se agradece al productor José Gallardo por compartir sus conocimientos y por la atención brindada y permitir la colecta de muestras en sus cafetales. A los revisores por sus valiosos aportes para mejorar el documento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bustillo, A.E., Estrada, A.N., González, M.T., Valderrama, A.M., y Vélez, P. (1997). Caracterización de aislamientos de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café.
- Carrillo-Rayas, M.T. y Blanco-Labra, A. (2009). Potencial y Algunos de los Mecanismos de Acción de los Hongos Entomopatógenos para el Control de Insectos Plaga. Acta Universitaria, vol. 19, núm. 2, mayo-agosto, 2009, pp. 40-49, ISSN:0188-6266. Universidad de Guanajuato, Guanajuato, México.
- Castillo, S; Bernal, JA; Lezcano, J., Piepenbring, M., y Cáceres, O. (2013). Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 5(2): 29-39.
- Díaz, B.M. y Leucona, R. (1995). Evaluación de cepas nativas del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* Bals.(Vuill.) (Deuteromicotina) como base para la selección de bioinsecticidas contra el barrenador *Diatraea saccharalis* (F.). *Agriscientia*, 12: 33-38.
- Elósegui, O., Nieves, N., Raysa Díaz, R., Bel Padrón, N., y Carr, A. (2003). Comportamiento del hongo entomopatógeno *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. cepa lbb-1 en Agar sabouraud dextrosa producido en Cuba. *Fitosanidad* 7 (2).
- French, E. y Hebert, T. (1982). Métodos de investigación fitopatológica. San José Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Glare, T.R., e Inwood, A.J. (1998). Morphological and genetic characterization of *Beauveria* spp. from New Zealand. *Mycological Research*, 102, (2) 250-256.
- González-Dufau., G.I., Caballero, S., Contreras, G., Vergara, G., y Mejía, L. (2015). Caracterización morfológica y molecular del aislado endémico RS006, biocontrolador de *Hypothenemus hampei* en Panamá. *Revista Ciencia Agropecuaria* 22, 78-85.
- González-Dufau, G.I., Santamaría-Guerra, J., Torres, L., Santo, U., y Sanjur, M. (2018). Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Cadernos de Agroecología*. v. 13 n. 1 (2018): Anais do VI Congresso Latinoamericano de Agroecología; X Congresso Brasileiro de Agroecología; V Seminário de Agroecología do Distrito Federal e Entorno; 12 a 15 de setembro de 2017, Brasília/DF. Disponible en <http://cadernos.aba-agroecologia.org.br/index.php/cadernos>. Consultado 14 enero 2019.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, PA). (2011). *Contraloría General de la República*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística. VII Censo Nacional Agropecuario. Resultados Finales Básicos, 2011: <https://www.contraloria.gov.pa/> Jenkins, NE.; C. Prior. 1993. Growth and formation of true Conidia by *Metarhizium flavoviride* in a simple liquid medium. *Mycol. Res.* 97(12):1489-1494.
- Kepler, R.M., Luangsa-ard, J.J., Hywel-Jones, N.L.; Quandt, A., Sung, G.H., Stephen, A., y Shrestha, B. (2017). A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA FUNGUS*, 335-353. doi:10.5598/imafungus.2017.0802.08
- Kumar S., Stecher G., Li M., Nknyaz C., y Tamura K. (2018). MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution* 35, 547-1549.
- Leucona, R.E. (1995). Microorganismos Patógenos Empleados en el Control Microbiano de Insectos Plaga. Talleres Gráficos Mariano Mas, México 639, Buenos Aires, Argentina.
- Lezcano J.A., E. Saldaña, E., Ruíz, R., y Caballero, S. (2015). Patogenicidad y virulencia del aislado de la cepa nativa de *Isaria* spp. y dos hongos entomopatógenos comerciales. *Ciencia Agropecuaria* 23, 20-38.
- Luangsa-ard, J; Houbraken, J., VanDoorn, T., Seung-Beom, H., Borman, A.M., Hywel-Jones, N.L., y Samson, R.A. (2011). *Purpureocillium*, a new genus for the medically important *Paecilomyces lilacinum*. *FEMS Microbiol Letter*. 321, 141-149.

- Montesinos M, R., Viniestra G, G., Alatorre R, R., Gallardo, E., y Loera, F.O. (2011). Variación de fenotipos de crecimiento y virulencia en cepas mutantes de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Resistentes a 2-desoxi-d-glucosa. *Agrociencia* 45, 929-942.
- Motta-Delgado, P. A., y Murcia-Ordoñez, B. (2011). Hongos entomopatógenos como alternativa para el control biológico de plagas. *Ambiente y Agua an Interdisciplinary Journal of Applied Science* [en línea] 2011, 6 (Sin mes): [Fecha de consulta: 25 de enero de 2019]
- Monzón, A. (2001). Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua. *Manejo Integrado de Plagas*, 63, 95-103.
- Monzón, A. (2007). Insect pathogenic fungi in *Hypothenemus hampei*, *Leucoptera coffeella* and in the soil in coffee plantations in Central America: Natural occurrence, management system and genetic diversity. Norwegian University of Life Sciences Universitet for Miljø-og Biovitenskap Philosophiae Doctor (PhD) PhD tesis.
- Mugnai, L., Bridge, P.D., y Evans, C.A. (1989). A chemotaxonomic evaluation of the genus *Beauveria*. *Mycological Research*, 92:199-209.
- Munsell Color Company. (2000). Munsell soil color charts. Baltimore. USA.
- Nei, M., y Kumar, S. (2000). *Molecular Evolution and Phylogenetics*. Oxford University Press, New York.
- Palacio, E., Santamaría-Guerra, J., Torres, L., Sánchez, E., González-Dufau, G.I. (2014). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Memoria 2014, Informe Técnico Anual. Disco compacto, 8mm.
- Pariona, N., Castellano, P. y León, E. (2007). Capacidad entomocida de cepas nativas de *Beauveria* sp. Sobre *Schistocerca piceifrons peruviana* (Lynch Arribalzaga, 1903). *Revista peruana de biología* 14(2)
- PPG Paint. PPG Industries. Paletas de colores de pintura. Disponible en <https://ppgpaints.com/color/color-families>. Consultado 23 noviembre 2019.
- Rehner, S.A., Posada, F., Buckley, E.L., Castillo, A., y Vega, F. (2006). Phylogenetic origins of African and Neotropical *Beauveria bassiana* s. l. pathogens of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Journal of Invertebrate Pathology* 93, 11–21
- Rodríguez Dos Santos, A., y Del Pozo, E. (2003). Aislamiento de hongos entomopatógenos en Uruguay y su virulencia sobre *Trialeurodes vaporariorum* West. *Agrociencia* 7(2) Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~agrociencia/index.php/directorio/article/view/374>
- Saitou N., y Nei, M. (1987). The neighbor-joining method: A new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4, 406-425
- Sarandón, S.J. (2020). Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable / Santiago Javier Sarandón ; María Margarita Bonicatto ; coordinación general de Santiago Javier Sarandón. - 1a ed. - La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata ; EDULP.
- Seifert, K., Morgan-Jones, G., Gams, W., y Kendrick, B. (2011). The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands. 997 pp.
- Shah, F. A., Wang, C.S., y Butt, T.B. (2005). Nutrition influences growth and virulence of the insect-pathogenic fungus *Metarhizium anisopliae*. *FEMSMicrobiol. Lett.* 251, 259-266.,
- Téllez-Jurado, Alejandro, Cruz Ramírez, María Guadalupe, Mercado Flores, Yuridia, Asaff Torres, Alí, y Arana-Cuenca, Ainhoa. (2009). Mecanismos de acción y respuesta en la relación de hongos entomopatógenos e insectos. *Revista mexicana de micología* 30, 73-80. Recuperado en 03 de diciembre de 2019, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-31802009000200007&lng=es&tyng=es.
- Vásquez, L.L. Experiencia cubana en el manejo agroecológico de plagas en café y avances en la broca del café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57. ISBN 970-9712-17-9.

**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE
Akanthomyces lecanii (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):
HIPERPARÁSITO DE *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*²; *Kathia Castrejon*²;
*Ulfredo Santo*²; *Marco Sanjur*²; *Isabel Herrera*³; *Arnulfo Monzón*³**

RESUMEN

Se colectaron soros de roya en cafetales con manejo orgánico hiperparasitados por un micoparásito en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB) en Panamá, el cual una vez identificado correspondió a *Akanthomyces lecanii*. Trece muestras aisladas obtenidas en las localidades de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"; 1243 msnm) y en Cerro Tula (8°24'18,17"; 81°47'5,51"; 546 msnm) se caracterizaron morfológicamente, mediante mediciones de estructuras fúngicas, ritmo de crecimiento *in vitro* y morfología de las colonias. Se observaron colonias de color blanco por el anverso y amarillo claro por el reverso; conidias elípticas-cilíndricas, las cuales presentaron un micelio flocoso y ralo de bordes regulares y blanquecinos. El número de conidios.mL⁻¹ fue en promedio de 3,58 × 10¹²; el ritmo de crecimiento *in vitro* tuvo un desarrollo promedio de 41,72 ± 0,4 mm de diámetro a los 10 días con una tasa crecimiento diario de 2,11 ± 0,02 mm. Este estudio representa, hasta donde se conoce, el primer reporte en Panamá de aislamientos de *Akanthomyces* hiperparasitando soros de roya del café, obtenidas en dos localidades de la CNB.

Palabras claves: Biodiversidad funcional, cepas nativas, interacciones tróficas, micoparasitismo.

¹Recepción: 15 de septiembre de 2020. Aceptación: 21 de octubre de 2020. Esta investigación se realizó en el marco del Proyecto Investigación e Innovación para el Manejo Agroecológico de Plagas del Café en Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé financiado por el IDIAP.

²Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP).

³Universidad Nacional Agraria de Nicaragua.



**MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF
Akanthomyces lecanii (HYPOCREALES: CORDYCIPITACEAE):
HYPERPARASITE OF *Hemileia vastatrix* (PUCCINIALES: PUCCINIACEAE)**

ABSTRACT

Sori of coffee rust hyperparasitized by fungus were collected from organic coffee plantations in the Comarca Ngäbe Bugle Region in Panama, which once identified corresponded to *Akanthomycescf lecanii*. Thirteen isolates samples from the localities of Hato Raton (8° 31'55,47; 81° 48'45,64 "; 1243 masl) and Cerro Tula (8° 24'18,17"; 81° 47'5,51"; 546 masl) were morphologically characterized through the measurements of fungal structures, *in vitro* growth rate and morphology of the colonies. It was observed white color colonies on leaf obverse and yellow on leaf reverse; elliptic-cylindric conidia, which presented a thin and floccous mycelium with regular and whitish edges. The number of conidia.mL⁻¹ averaged $3,58 \times 10^{12}$; the *in vitro* growth rate averaged $41,72 \pm 0,4$ mm in diameter at 10 days with a daily growth rate of $2,11 \pm 0,02$ mm. This study represents, to best of our knowledge, the first report of *Akanthomyces* isolates acting as hyperparasite of sori of coffee rust in two locations of CNB.

Key word: Native strains, functional biodiversity, micoparasitism, ecological interactions.

INTRODUCCIÓN

En la Comarca Ngäbe Buglé, una parte importante de los productores cafetaleros trabajan los cultivos de forma orgánica, la cual tiene una alta demanda y un precio atractivo en el mercado internacional; sin embargo, el rendimiento es bajo. El 91% de los productores no usa fertilizantes y el 96% no usa plaguicidas. El 74% de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas es alta (Palacios et al., 2014).

La enfermedad fungosa roya del café *Hemileia vastatrix* se encuentra distribuida en las zonas cafetaleras de Centroamérica (Guharay, 2015; PROMECAFE, 2016) y fue en el año 2012, cuando se desató la epidemia de "roya anaranjada" (Avelino y Rivas, 2013; Cressey, 2013). La misma fue reportada afectando los cafetales de la Comarca Ngäbe Buglé en Panamá, desde 2013 (Palacios et al., 2014).



Se reportan hongos hiperparásitos de *H. vastratix* como *Verticillium lecanii*, *V. leptobactrum*, *V. psalliotae*, *Cladosporium hemileiae*, *Paranectria hemileiae*; los cuales se encuentran naturalmente interactuando de manera compleja con otras formas de vida en los cafetales y penetrando las hifas y esporas de la roya, degenerándolas o inhibiendo su crecimiento, por medio de secreciones, reduciendo la infección e inóculo de roya (Vandemeer et al., 2009, Jackson et al., 2012). Monzón (1992) reportó que, al ser evaluado *V. lecanii* en condiciones de invernadero, se observó actividad epifítica, que permitió al hongo en especial a concentraciones altas, parasitar las pústulas de roya que aparecieron 22 días después de la aplicación del hongo. Adicionalmente, Alavo (2015) reafirma que estos hiperparásitos han sido documentados como agente de control biológico de mildius y uredinales.

El hongo *Verticillium lecanii*, es reportado principalmente como un hongo entomopatógeno, muy importante para el control de organismos nocivos, áfidos y escamas, así como para moscas blancas *Trialeurodes vaporariorum* Westwood y *Bemisia tabaco* Gennadius (Bustillo, 1986). *Verticillium lecanii* se le conoce como *Lecanicillium lecanii*, el cual es utilizado como control biológico de plagas insectiles que afectan a diferentes cultivos y el mismo fue reportado para Panamá incidiendo parasíticamente sobre varias especies de insectos, en sistemas agrícolas de la provincia de Chiriquí (González, 2013; Castillo et al., 2013). Castillo et al., (2013) reportan la especie *L. tenuipes* afectando un insecto del orden Homoptera y de uno del orden Hemiptera en áreas libres de broca del distrito de Boquete, provincia de Chiriquí. Recientemente, Nicoletti y Becchimanzi (2020) señalan que cada vez es evidente que muchos hongos endofíticos, como *L. lecanii*, realizan varias funciones benéficas, las cuales están interconectadas a través de la relación simbiótica de sus plantas hospederas. Por otra parte, Saikkonen et al., (1998) destacan los posibles beneficios de los endófitos para sus huéspedes, los cuales incluyen mayor tolerancia a los metales pesados, mayor resistencia a la sequía, una reducida herbivoría, defensa contra patógenos y habilidad competitiva.

El género *Lecanicillium* en una revisión de Kepler et al., (2017) fue reubicado con el nuevo nombre de *Akanthomyces*, por lo que, en lo sucesivo, aquí se referirá como *Akanthomyces lecanii*.



De acuerdo a Vázquez (2005), está demostrado que para lograr éxitos en la prevención y disminución de las afectaciones por las plagas es necesario manejar el cultivo y el sistema de producción modificando el hábitat, mediante cambios tecnológicos que favorezcan la función ecológica de regulación en sistemas biodiversos complejos para la reducción de los organismos nocivos. Es por esto que la presencia de enemigos naturales que actúan como reguladores biológicos de organismos nocivos, es objeto de exploración, especialmente en agroecosistemas poco intervenidos por prácticas de la agricultura convencional productivista.

Siguiendo el enfoque de Manejo Agroecológico de Plagas que consiste en la implementación de prácticas agronómicas (suelo, cultivo y biodiversidad funcional), de conservación de enemigos naturales y lucha biológica por aumento de entomopatógenos y entomófagos (Vázquez, 2005), se realizó un diagnóstico agroecológico dinámico para comprender las funciones e interacciones ecológicas sistémicas y generar de manera participativa una estrategia de manejo agroecológico de las principales plagas que afectan la productividad y persistencia de la caficultura y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura familiar Ngäbe Buglé (Santamaría-Guerra y González-Dufau, 2017; González-Dufau et al., 2019).

Para desarrollar un programa efectivo de manejo agroecológico es necesario el conocimiento del potencial biótico y las necesidades ecológicas de los patógenos y de sus enemigos naturales. De ahí, que este estudio tuvo como objetivo la identificación y caracterización morfológica de hiperparásitos de *H. vastatrix* aislados de muestras de hojas de café infectadas, procedentes de dos localidades de la Comarca Ngäbe Buglé.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de Entomología del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) en David, Chiriquí, República de Panamá se analizaron muestras que consistieron en hojas de café con soros de roya cubiertas por un micelio blanco, colectados en las localidades bajo estudio. Siete aislados fueron colectados en la localidad de Hato Ratón (8°31'55,47"; 81°48'45,64"), seis en Cerro Tula (8° 24' 18,17"; 81°47'5,51") y fueron comparadas con un aislado de *A. lecanii* (= *L. lecanii*) colectado parasitando una larva de *Spodoptera* sp. en el cultivo de arroz, en la localidad de Barú (8° 23' 35,6"; 82° 46' 27,6").



Se realizaron diluciones seriadas a partir de colonias puras de los aislados en medio de cultivos Papa Dextrosa Agar (PDA), para la obtención de cultivo monospóricos. Posteriormente, se sembraron en sustrato PDA y se incubaron a 26°C en oscuridad. Se realizaron lecturas de los siguientes parámetros para su caracterización: medición del crecimiento micelial de las conidias, textura y coloración de la colonia por el anverso y reverso. Adicionalmente, mediante observación microscópica, se estudió el tipo de conidio, su forma y color, tamaño. Se evaluaron 50 conidios por aislado y el tamaño se midió en micras.

La identificación de las cepas aisladas se realizó de acuerdo a las características morfológicas y mediante el empleo de la clave taxonómica propuesta por Seifert et al., (2011). También, se emplearon las claves taxonómicas propuestas por Barnett y Hunter (1998) y Humber (2005).

Para la caracterización fisiológica se tomó una alícuota de la suspensión homogénea de conidias (10^6 conidios.mL⁻¹), se colocó en la ranura lateral de la cámara Neubaüer (Neubaüer improved, Marienfeld, Alemania) y se realizaron los conteos de conidios por cada aislado en estudio (French y Hebert, 1979; Leucona, 1998). El crecimiento micelial radial se determinó en placas Petri con medio PDA incubadas a 26°C en oscuridad, de los 14 aislados se realizaron cinco repeticiones. Al segundo día de haber realizado la siembra se efectuaron mediciones en diámetros perpendiculares por placa durante 10 días, con lo cual se determinó la tasa de crecimiento por aislado.

Análisis estadístico

Se utilizó el programa IBM SPSS Statistics© y se efectuó un análisis de conglomerado jerárquico de las variables usando el método de Ward y determinar la distancia Euclídea de las variables morfométricas. Se compararon las diferencias entre los valores de diámetro de las colonias, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis a un nivel de significación de $P < 0,0001$. Los valores de la concentración de conidias se compararon mediante ANOVA de una vía a un nivel de significación de $P < 0,0001$, seguido de una prueba con el método de Student-Newman-Keul.



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 14 aislados cultivados en el medio de PDA, presentaron colonias blancas con fina estructura algodonosa y de un color amarillo claro por el reverso a los 10 días. las colonias de los aislados de las tres localidades, mantuvieron la apariencia algodonosa de color blanco, y aproximadamente al tercer día se observó una elevación umbonada en el centro de la colonia, se observó más sumergida y con ligeras estrías o radiaciones, las cuales son más visibles por el reverso, el cual se torna de color crema. Estos resultados coinciden con lo planteado por Brady (1979) quien encontró que *Akanthomyces*(=*Lecanicillium*) *lecanii*, forma colonias en PDA con coloración blanca y crema en su reverso, además de poseer textura algodonosa. Las conidias presentaron formas elípticas-cilíndricas. Presentó hifas hialinas (Figura 1), con fiálides en grupos de tres (Zare y Gams, 2001). Las conidias fueron de elipsoidales a cilíndricas, emergiendo en el extremo superior de la fiálide. La dimensión de las conidias así como la identificación de cada aislado se presenta en el Cuadro 1.

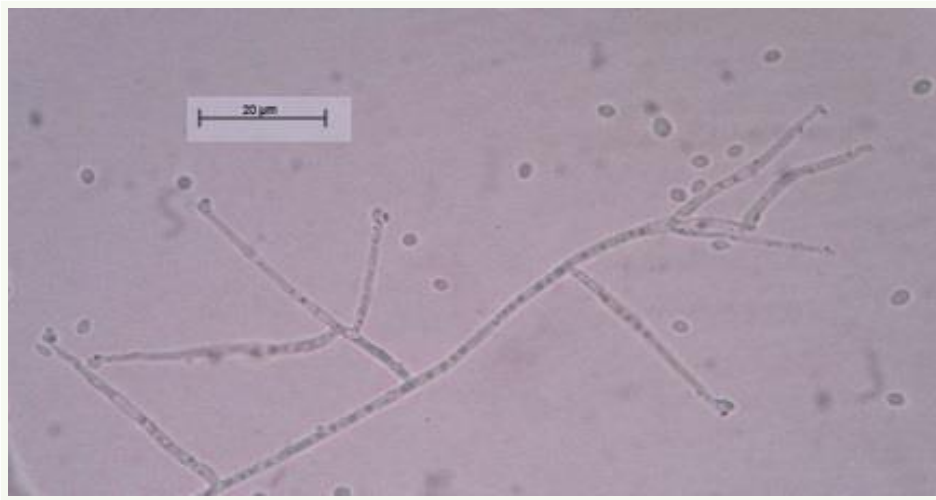


Figura 1. *Akanthomyces*. Aislado D-AI1460 a 400x.

Las dimensiones de las conidias (μm) (L \times A) fluctuaron en los rango de (1,74-3,69) \times (0,9-1,76) (Cuadro 1). Estos resultados concuerdan con los reportados por Zare y Gams (2001) quienes indican valores fluctuantes entre 2,5 – 3,5 \times 1,0 – 1,5 y con los obtenidos por Romero (2020) quien reporta valores de las dimensiones de conidias de los aislados de *Lecanicillium* sp. oscilando entre (2,5-3,5) \times (1,5-2,0) μm .



Cuadro 1. Dimensión de las conidias e identificación de los aislados/cepas.

Aislado	Lugar de procedencia y hospedero	Dimensión de conidias (μm) (L x A, \bar{X} , n = 50)	Identificación
DAI1444	Hato Ratón; Soros de Roya	1,6-3,5x 0,7-1,8, 2,61-1,16	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1445	Hato Ratón; Soros de Roya	1,5-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,12	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1446	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,5, 2,65-1,22	<i>Akanthomyceslecanii</i>
DAI1447	Hato Ratón; Soros de Roya	1,7-3,5x0,8-1,9, 2,65-1.20	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1448	Hato Ratón; Soros de Roya	1,9-3,2x0,8-1,5, 2,55-1,19	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1449	Hato Ratón; Soros de Roya	2,0-4,0x0,7-1,8, 2,65-1,15	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1450	Hato Ratón; Soros de Roya	0,7-1,7x 1,8-3,6,2,59-1,18	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1455	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,4x0,7-1,7, 2,93-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1456	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,7-1,7, 2,77-1,23	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1457	Cerro Tula; Soros de Roya	2,0-4,1x0,8-1,8, 2,73-1,22	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1458	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,0x0,8-1,8, 2,8-1,17	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1459	Cerro Tula; Soros de Roya	1,9-4,2x0,8-1,7, 2,89-1,25	<i>Akanthomyces lecanii</i>
DAI1460	Cerro Tula; Soros de Roya	1,5-4,0x0,8-2,0, 2,88-1,32	<i>Akanthomyces lecanii</i>
RSLm205	Barú; larva de <i>Spodoptera</i> sp.	2,50-4,10x1,20-2,10, 3,39x1,61	<i>Akanthomyces muscarium</i>

Al comparar los promedios del crecimiento micelial en PDA a los 10 días (Cuadro 2), estos fueron diferentes entre sí (Kruskal Wallis $P=0,0011$). La diferencia entre las cepas en cuanto a su crecimiento se expresó por el lugar de procedencia del aislado. *Akanthomyces lecanii* procedente de Hato Ratón obtuvo mayor crecimiento en promedio (42,37mm) que el promedio de los aislados de Cerro Tula (40,28 mm) y de Barú (41,43mm). Este crecimiento del hongo bajo condiciones *in vitro* es similar con lo descrito para *L. lecanii* por Domsch et al., (1980), quienes señalan que a los 33 días de incubación en medio agar malta a 20° C, las colonias de este hongo alcanzan un crecimiento promedio entre 66 mm y 72 mm de diámetro.

El análisis de conglomerado jerárquico con el método de Ward y la distancia Euclídea tuvo una correlación cofenética de 0,896 de las variables microscópicas; que reveló dos grupos: uno compuesto por el aislado RSLm205 procedente de Barú, mientras que un segundo grupo estuvo conformado por los aislados procedentes de la CNB (Figura 2), con subgrupos diferenciados (distancia 2,04) según localidades de origen, lo cual sugiere una diversidad por su origen geográfico, entre los aislados nativos estudiados.



Cuadro 2. Crecimiento micelial (mm) y concentración de conidias ($\text{ml} \times 10^{12}$) en el medio PDA.

Aislado	Concentración* de /ml $\times 10^{12}$	Crecimiento micelial (mm)			CV (%)
		diámetro total**	min	max	
DAI1444	3,17 \pm 0,19 a	42,27 \pm 0,66 d e f	37,90	44,70	4,91
DAI1445	3,19 \pm 0,19 a	44,46 \pm 0,77 f g	39,40	47,30	5,45
DAI1446	3,28 \pm 0,19 a	41,02 \pm 0,58 a b c d	36,50	43,40	4,44
DAI1447	3,15 \pm 0,19 a	42,03 \pm 0,96 c d e f	35,40	45,10	7,25
DAI1448	3,57 \pm 0,19 b c d	42,04 \pm 0,71 b c d e	37,50	45,40	5,81
DAI1449	3,43 \pm 0,19 a b c	43,59 \pm 0,82 e f g	39,40	46,60	5,96
DAI1450	4,21 \pm 0,19 e	41,21 \pm 0,61 a b c d	38,20	44,50	4,70
DAI1455	3,34 \pm 0,19 a b c	40,37 \pm 0,65 a b	37,90	44,80	5,11
DAI1456	3,46 \pm 0,19 a b c	39,94 \pm 1,80 a b c d e	25,90	44,10	14,24
DAI1457	3,89 \pm 0,19 d e	39,12 \pm 1,60 a b c	25,20	42,30	12,90
DAI1458	4,15 \pm 0,19 e	38,82 \pm 1,49 a	25,70	41,70	12,10
DAI1459	4,10 \pm 0,19 e	41,51 \pm 0,18 a b c d e	40,60	42,20	1,36
DAI1460	3,66 \pm 0,19 c d	41,93 \pm 0,24 b c d e f	40,10	42,70	1,81
RSAm205	3,65 \pm 0,19 c d	41,43 \pm 0,70 a b c d e	37,30	45,20	5,35

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). ANOVA, seguida de una comparación múltiple (SNK); $P < 0,05$.

**Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($P > 0,05$). Prueba de Kruskal-Wallis, $P < 0,05$.

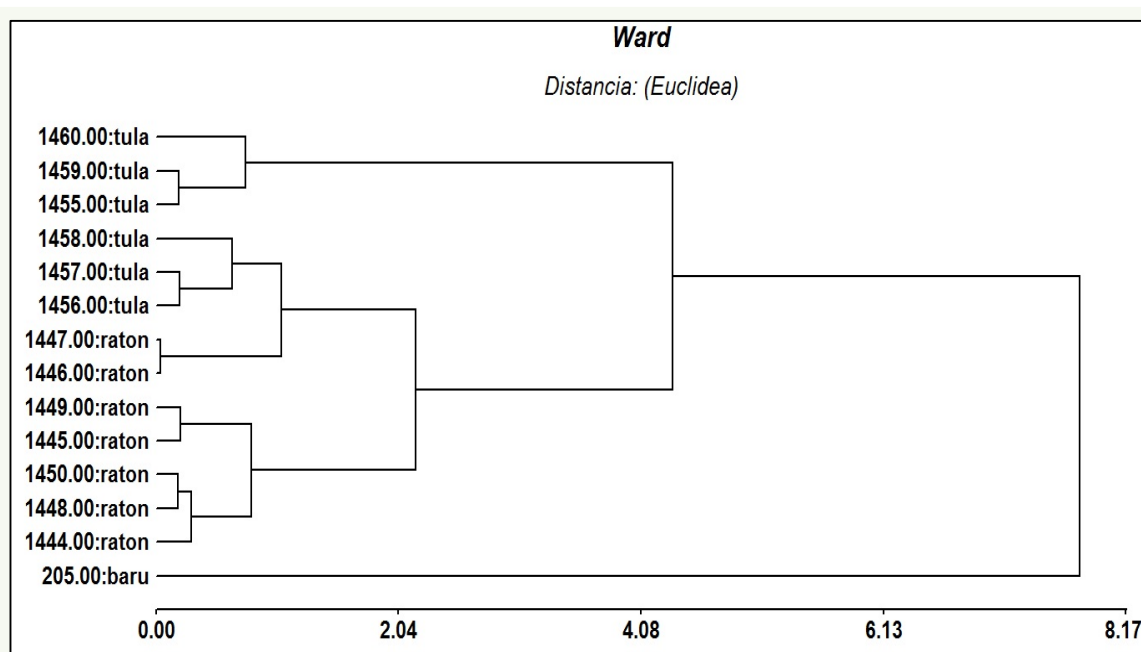


Figura 2. Aislados de *Akanthomyces lecanii* procedentes de la CNB evaluados de acuerdo a las variables microscópicas. Correlación cofenética= 0,896.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

CONCLUSIONES

- Se confirma la identidad de los aislados encontrados como pertenecientes al género *Akanthomyces*, el cual es reportado por primera vez en Panamá como hiperparásito de *H. vastatrix*, encontrado naturalmente presente en plantaciones de café orgánico de la Comarca Ngäbe Buglé.
- Los resultados obtenidos en esta investigación, deben complementarse con la caracterización molecular para analizar la variabilidad genética, poblacional y geográfica de las cepas nativas. Adicional, se recomienda realizar estudios más detallados para identificar los mecanismos de acción de *Akanthomyces* y determinar si su acción es endofítica y/u otros comportamientos, son parte de interacciones tróficas complejas con otros organismos del agroecosistema del cultivo de café. También se deben realizar pruebas experimentales en invernadero y campo para evaluar la actividad hiperparasítica de las cepas nativas de *Akanthomyces lecanii* sobre *H. vastatrix* y seleccionar las más patógenas e incluirlas en la estrategia de Manejo Agroecológico de Plagas del café en la Comarca Ngäbe Buglé.

BIBLIOGRAFÍA

- Alavo, B.C. 2015. The insect pathogenic fungus *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas and its use for pests control: A review. Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences 3:337-345. [http://dx.doi.org/10.18006/2015.3\(4\).337.345](http://dx.doi.org/10.18006/2015.3(4).337.345).
- Avelino, J., y G. Rivas. 2013. La roya anaranjada del cafeto. Proyecto: Control de la roya del café en Mesoamérica. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01071036/document> (consultado 26 mar.2018).
- Barnett, H.L., y B.B. Hunter. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. Fourth edition. APS Press. St. Paul Minnesota. 218 p.
- Brady, B.L., 1979. *Verticillium lecanii* (Zimm.) Viegas. Description of pathogenic fungi and bacteria. Commonwealth Mycological Institute set-61 N°610.



- Bustillo, A.E. 1986. Evaluación del hongo *Lecanicillium (Verticillium) lecanii* en el control de la mosca blanca, *Trialeurodes vaporariorum* en frijol. *Revista Colombiana de Entomología* 12(2): 26-31.
- Castillo, S., J. Bernal, J. Lezcano, M. Piepenbring, y O. Cáceres. 2013. Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá. *Tecnociencia* 15(2): 29-39.
- Cressey, D. 2013. Coffee rust regains foothold. Researchers marshal technology in bid to thwart fungal outbreak in Central America. *Nature*. 493: 587. <https://doi.org/10.1038/493587a>
- Domsch, K.L., W. Gams, y T.H. Anderson. 1980. *Compendium of soils fungi*. Acad. Press, Londres y Nueva York.
- French, E.R., y T.T. Hebert. 1979. *Métodos de investigación fitopatológica*. IICA, San José, Costa Rica.
- Guharay, F.; J. Monterrey; D. Monterroso; y C. Staver. 2015. *Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Managua, Nicaragua. 2000, Serie Técnica, Manual Técnico, n. 44.
- González-Dufau, G.I. 2013. Caracterización morfológica y molecular de cepas con potencial biocontrolador. In: *Memorias del XXVI Congreso Científico de la Universidad Nacional*, 21 al 25 octubre 2013.
- González-Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, y J. Rojas-Meza., J. 2019. Soberanía y seguridad alimentaria y nutricional: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos. Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). 80 pp. ISBN 978-962-677-47-5. <http://www.idiap.gob.pa/?wpdmdl=3944> (consultado 25 ago. 2020).



- Humber, R.A. 2005. Entomopathogenic Fungal Identification. USDA-ARS. <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/19070510/APSwkshoprev.pdf>
- Jackson, D., J. Skillman, and J. Vandermeer. 2012. Indirect biological control of the coffee leaf rust, *Hemileia vastatrix*, by the entomogenous fungus *Lecanicillium lecanii* in a complex coffee agroecosystem. *Biological Control*, 61(1): 89-97. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.01.004>
- Kepler, R.M., J.J. Luangsa-ard, N.L. Hywel-Jones, A. Quandt, G.H. Sung, A. Stephen, and B. Shrestha. 2017. A phylogenetically-based nomenclature for Cordycipitaceae (Hypocreales). *IMA FUNGUS*, 335-353. <https://doi:10.5598/imafungus.2017.0802.08>
- Leucona, R. 1998. Técnicas empleadas con hongos entomopatógenos. 143-150. In: *Microorganismos patógenos empleados en el control microbiano de insectos plagas*. Roberto Leucona Ed. Buenos Aires, Argentina. Talleres gráficos Mariano Mas.
- Monzón C., A.J. 1992. Distribución de *Verticillium* sp. en tres zonas cafetaleras de Nicaragua, y evaluación de dos aislamientos del hongo como agente de control biológico de la roya (*H. vastatrix*) del cafeto (*Coffea arabica* L.). Tesis (M.Sc.). CATIE, Turrialba (Costa Rica), 1992.
- Nicoletti, R. and A. Becchimanzi. 2020. Endophytism of *Lecanicillium* and *Akanthomyces*. *Agriculture*10, 205; doi:10.3390/agriculture10060205
- Palacio, E., J. Santamaría-Guerra, L. Torres, E. Sánchez, y G.I. González D. 2014. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Informe Técnico Anual. Memoria 2014. Disco compacto, 8mm.
- PROMECAFE- FWES NET. 2016. El impacto de la roya de café en el sector cafetalero de América Central. Informe Especial.



- Romero, D.S. 2020. Aislados nativos de *Lecanicillium* sp. para el manejo de la roya *Hemileia vastatrix* (Berk & Broome) en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.). Universidad Nacional Agraria. Facultad de Agronomía Maestría en Sanidad Vegetal. Trabajo de tesis.
- Saikkonen, K., S.H. Faeth, M. Helander, and T.J. Sullivan. 1998. Fungal endophytes: A continuum of interactions with host plants. *Annu. Rev. Ecol. System.* 29: 319–343.
- Seifert, K; G. Morgan-Jones, W. Gams, and B. Kendrick. 2011. The Genera of Hyphomycetes. CBS-KNAW Fungal Biodiversity Centre Utrecht, The Netherlands. 997 p.
- Santamaría-Guerra, J., and G.I. González-Dufau. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41:3-4, 349-365. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Vandermeer, J., I. Perfecto, and H. Liere. 2009. Evidence for hyperparasitism of coffee rust (*Hemileia vastatrix*) by the entomogenous fungus, *Lecanicillium lecanii*, through a complex ecological web. *Plant Pathology.* 58(4): 636-641. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2009.02067.x>
- Vázquez, L. (2005). Experiencia Cubana en el Manejo Agroecológico de Plagas en Cafeto y Avances en la Broca del Café. Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57.
- Zare, R., and W. Gams. 2001. A revision of *Verticillium* sect. Prostata. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen nov. *NovaHedwigia* 73:1-50. <https://doi.org/10.1127/nova.hedwigia/71/2001/1>



AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Laboratorio de Investigaciones Botánicas-Herbario de la Escuela de Biología de la Universidad Autónoma de Chiriquí (UNACHI) y a la doctora Tina Hoffman por su apoyo en el procesamiento preliminar de los aislados obtenidos. Se agradece a los productores José Gallardo y Lorenzo Morales por compartir sus conocimientos y por la atención brindada en la colecta de muestras en sus cafetales. A los revisores por sus valiosos aportes para mejorar el documento.



**PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE *Trialeurodes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN LOS CULTIVOS DE PAPA Y TOMATE¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*³; *Kathia Castrejon*⁴;
*Isabel Herrera*⁵; *Arnulfo Monzón*⁶**

RESUMEN

La mosca blanca de los invernaderos - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) es una plaga de importancia para la agricultura de tierras altas de la provincia de Chiriquí. La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad. Con el objetivo de determinar parámetros demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*) en Cerro Punta, provincia de Chiriquí, en los cultivos de papa (cv. Puren) y tomate (cv. Tropic), cultivadas con fotoperiodo de 12L: 12O horas y temperatura promedio de $20,8 \pm 0,7^{\circ}$ C y humedad relativa promedio de $70,93 \pm 2,69\%$. Se obtuvieron los principales parámetros del potencial biótico de *T. vaporariorum*, se determinó que la planta de tomate (cv. Trópico) fue mejor hospedera con la mayor tasa intrínseca de desarrollo y la menor mortalidad de *T. vaporariorum*, comparada con la planta de papa (cv. Puren).

PALABRAS CLAVES: Tasa intrínseca de desarrollo, Tasa generacional, mosca blanca de los invernaderos.

¹ Recepción: 25 de mayo de 2018. Aceptación: 13 de junio de 2018.

² M.Sc. en Entomología. IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. e-mail: gladys.gonzález@idiap.gob.pa

³ Ph.D. en Innovación Institucional. IDIAP. CIA-Chiriquí.

⁴ Bach. en Ciencias. IDIAP. CIA-Chiriquí.

⁵ Ph.D. Fitopatología. Universidad Nacional Agraria.

⁶ Ph.D. Entomología. Universidad Nacional Agraria.

**DEMOGRAPHIC PARAMETERS OF *Trialeurodes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) ON POTATO AND TOMATO CROPS**

ABSTRACT

The greenhouse whitefly - *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) is a pest of importance for highland agriculture in the Chiriqui province. The determination of whether there are differences in the quality of the host plant of crops for the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*), has been carried out through experiments in host plant selection, life span, fecundity, frequency of oviposition, rate of development and mortality. With the objective of determining demographic parameters of the greenhouse whitefly (*T. vaporariorum*) under the local conditions of Cerro Punta, Chiriquí province, in the crops of potatoes (cultivar Puren) And tomato (cultivar Tropic), cultivated with photoperiod of 12L:12O hours, average temperature of $20,8 \pm 0,74^{\circ}$ C and average relative humidity of $70,93 \pm 2,69\%$. The main parameters of the biotic potential of *T. vaporariorum* were obtained, it was determined that the tomato plant was the best host with the highest intrinsic rate of development and the lowest mortality of *T. vaporariorum*, compared with the potato plant.

KEY WORDS: Intrinsic rate of development, Generational rate, greenhouse whitefly.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Chiriquí, considerada el granero de la República de Panamá, concentra la mayor parte de la producción agropecuaria del país, con una estructura de la tenencia de la tierra en la cual el 82% de los productores poseen menos de 10 hectáreas y ocupan tan solo el 11,58% del total de la superficie cultivada. Aunque sus productores representan el 14% del total de productores agropecuarios del país, el 59,39% poseen menos de 10 hectáreas y dependen por completo de las actividades agropecuarias para su

sustento, lo cual los ubica en la categoría de pequeños agricultores familiares (INEC 2010).

De las principales hortalizas que se producen en el país, según datos del ciclo agrícola 2016-2017, reportados por el Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA 2017), el 88,11% se producen en la provincia de Chiriquí y de este el 98,26% en sistemas de producción hortícolas de tierras altas (≥ 900 msnm).

La actividad hortícola tiene gran importancia en la producción de

alimentos y en la actividad comercial y socioeconómica local, siendo además una fuente importante de generación de empleos.

La producción hortícola es además un importante polo de innovación tecnológica, como lo es la expansión de los cultivos protegidos, los cuales se han incrementado en más de 628% en los últimos 13 años, pasando de 17,5 ha en el 2000/2001 a 110 ha en el 2013/2014, principalmente en los cultivos de tomate (*Lycopersicon esculentum*) y pimentón (*Capsicum annuum*) (MIDA 2017). Esta dinámica de crecimiento se debe a las ventajas que ofrece la protección de cultivos, ya que permite aumentar el rendimiento, proteger de las plagas y cumplir con la demanda de productos frescos durante todo el año, tanto para el mercado nacional como internacional.

Por otra parte, se registra una pérdida de competitividad de la producción hortícola y de disminución de la superficie sembrada, debido al alto costo de producción, degradación de suelos y aguas, variabilidad climática, falta de financiamiento, proliferación de plagas y enfermedades y políticas públicas que privilegian las importaciones, especialmente de los cultivos de papa y cebolla (Santamaría-

Guerra y González 2017). La producción nacional de estos dos rubros abastece el 50,9% y 47,6%, respectivamente del consumo nacional (INEC 2015), sin embargo, los productores se ven afectados en la comercialización de su producción debido a que las importaciones generalmente coinciden con la época de cosecha.

De manera general, los productores hortícolas han tenido que modificar sus prácticas de cultivo para atender las regulaciones sanitarias y las exigencias del mercado por productos inocuos a la salud humana y al ambiente. Así, los productores hortícolas sustituyen insumos sintéticos por bioinsumos, sin cambiar la dependencia externa y manteniendo prácticas de monocultivo en campos poco diversificados, siguiendo rotaciones influenciadas por la demanda del mercado y en un territorio estructurado con base en la intensificación productivista, lo que los mantiene en condición de vulnerabilidad (Santamaría-Guerra y González 2017).

Los daños por insectos plagas, son reportados por los productores como uno de los principales problemas que afectan la producción de hortalizas en las tierras altas de la región occidental del

pais (Santamaría-Guerra ⁷2017). En los sistemas de producción hortícola existe un complejo de insectos plaga entre las que están la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) (González 1997, González *et al.* 2018). Su manejo se torna difícil debido, entre otros aspectos, a su corto ciclo de vida, su potencial reproductivo, su elevado número de generaciones al año, su amplio rango de plantas hospederas (polifagia), su ubicación en el envés de la hoja que las protege de las aplicaciones de químicos insecticidas y a su gran capacidad para desarrollar resistencia a éstos (Prijović *et al.* 2014, McDaniel *et al.* 2016, Despoina *et al.* 2017).

Los daños directos de la mosca blanca consisten en la reducción de la fotosíntesis de la planta, la disminución de la calidad de la producción al favorecer la proliferación de fumagina (*Capnodium* spp.) sobre hojas y frutos producto de la excreción de mielecilla, que afectan las plantas y pueden provocar grandes pérdidas en el rendimiento. Por otra parte, se reportan daños indirectos debido a que transmiten diferentes virus que afectan los cultivos (Duffus 1965, Duffus *et al.*

1996, Van Dorst *et al.* 1983). En el cultivo de papa, Salazar *et al.* (2000) y Gabarra *et al.* (2018) reportan que el virus de la vena amarilla de la papa (PYVV; Género Crinivirus, Familia Closteroviridae) es transmitido por *T. vaporariorum*.

La tendencia hacia la búsqueda de alternativas de manejo de plagas, amigables con el ambiente, es marcadamente creciente, cobrando así, mayor relevancia la búsqueda de prácticas que contribuyan a la sostenibilidad de la producción de alimentos inocuos a los humanos y al ambiente. Una de las prácticas reportadas como exitosa es el uso de avispa parasitoides como *Encarsia* y *Eretmocerus* para el control de *T. vaporariorum* (Westwood) en diferentes cultivos (Woest y Van Lenteren 1976), sin embargo, los resultados varían debido a la influencia de la planta hospedera en la eficiencia del parasitoidismo y sobre los parámetros reproductivos y demográficos de la mosca blanca de los invernaderos (De Vis 2001).

Las plantas proporcionan refugio (hospedaje) y alimentos a los insectos fitófagos, al mismo tiempo que ofrecen

⁷ Santamaría-Guerra, J. 2017. Caracterización de sistemas de producción con hortalizas en las tierras altas de la Región Occidental de Panamá (entrevista). IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, CIA Chiriquí), Volcán, PA.

facilidades para su apareamiento y oviposición. Debido a esto, la selección y aceptación de una planta hospedera idónea, es vital para la supervivencia y reproducción de cualquier insecto herbívoro.

La interacción entre la planta hospedera y los insectos (nocivos o benéficos) está determinada por una parte, por las características de las plantas en cuanto a cantidad y calidad de nutrimentos que ofrece (néctares, polen, aminoácidos, azúcares entre otros), la presencia de compuestos volátiles, metabolitos secundarios y otros químicos de contacto que atraen a los insectos y las características de las estructuras foliares como textura, colores y defensas mecánicas (Buttler y Henneberry 1984, Singer 2000, Costa *et al.* 2009). Por otra parte, la presencia de estructuras especializadas (sensores/sénsulos) en las extremidades (tarsos y antenas), en los ojos y partes bucales de los insectos, le permiten percibir las características favorables de las plantas hospederas (Schoonhoven *et al.* 2005).

Décadas de investigación han revelado las interacciones en la relación entre los parasitoides y su hospedero, así como también con las plantas hospederas, e.g. la mayoría de los casos

el parasitoide *Encarsia formosa*, tiene mayor producción de progenie, una tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento r_m mayor que la de *T. vaporariorum* y puede mantener reguladas las poblaciones de su hospedero (Van Roermund y Van Lenteren 1992, De Vis 2001).

Sin embargo, en algunos casos el control biológico no es exitoso debido entre otros factores a la planta hospedera. Cuando la calidad de la planta hospedera es excelente para *T. vaporariorum* su r_m incrementa considerablemente mientras que el r_m de *E. formosa* se mantiene constante. Temperaturas bajas en invernaderos puede también tener un efecto negativo en el control biológico reduciendo la r_m de *E. formosa*, y su actividad y motilidad (Van Lenteren *et al.* 1996).

La determinación si hay o no diferencias en la calidad de la planta hospedera de cultivos para la mosca blanca de los invernaderos (*T. vaporariorum*), se ha realizado mediante experimentos en selección de la planta hospedera, duración de la vida, fecundidad, frecuencia de oviposición, tasa de desarrollo y mortalidad de la mosca blanca (Huang 1988, Yano 1988, González 2005). En USA, Natwick y Zalom (1984), señalaron que a 10° C el

desarrollo es lento y a 32° C éste se lleva a cabo en pocos días; otros autores demostraron que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto sobre hojas de algodón varió de 65,1 días a 14,9° C hasta 16,6 días a 30° C (Butler *et al.* 1984).

En Panamá, González (2005), reportó diferentes períodos para el ciclo de vida de este insecto de acuerdo a la planta hospedera en la cual se desarrolla, indicando que el desarrollo de huevo a adulto, las moscas blancas demoran entre 12 días en el cultivo de tomate y 14 días para el cultivo de pimentón.

En este trabajo se evaluó el comportamiento de la mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* en tomate (cv. Tropic) y papa (cv. Puren). Se determinó el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* en dichos materiales genéticos, la fecundidad y parámetros demográficos (r_m , R_0 , *Tiempo generacional*) por cada uno de los materiales genéticos de tomate y papa en condiciones de laboratorio y bajo las condiciones locales de Cerro Punta, provincia de Chiriquí.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la determinación del potencial biótico (duración, tasa de supervivencia preimaginal, proporción de

sexos, longevidad, fecundidad y los parámetros demográficos) de *T. vaporariorum* en dos de sus plantas hospederas (papa y tomate), fue necesario disponer de un pie de cría del insecto y de plantas de papa y tomate como sustento para la cría. Las actividades se llevaron a cabo en las instalaciones del Instituto de Investigación Agropecuaria (IDIAP), Estación Experimental de Cerro Punta (UTM 17P-X326698 Y948190, 1950 msnm). A continuación, se detallan los parámetros, variables evaluadas y las condiciones en que se realizaron los ensayos.

Insectos y plantas hospederas

Los individuos de *T. vaporariorum*, provenían de un pie de cría desarrollado sobre plantas de papa cultivar Puren y de tomate, cultivar Trópico. Estas se cultivaron individualmente en macetas plásticas en el invernadero de la Estación Experimental de Cerro Punta, con fotoperiodo de 12L:12O y temperatura promedio de 20,8 ± 0,74° C y humedad relativa promedio de 70,93 ± 2,69% que fueron registradas diariamente con un termohigrómetro (Sper Scientific 800017). Las plantas se les suministró suplementación nutricional de acuerdo a los análisis de fertilidad del Laboratorio de Suelos del IDIAP y se mantuvieron hasta

que alcanzaron un tamaño de 20 cm de alto, en el caso de las de papa y en el caso de las de tomate, hasta que alcanzaron de siete a ocho hojas funcionales (lo cual ocurrió a las siete semanas).

Duración del desarrollo preimaginal

La duración del desarrollo preimaginal se determinó seleccionando adultos de *T. vaporariorum*. Se escogieron veinte pares de hembras y machos y se colocaron en jaulas pinzas, de 2,4 cm de diámetro y 1,9 cm de profundidad, sobre el envés de las hojas. El sexo de las moscas blancas se determinó sin anestesarlas. Las jaulas se mantuvieron adheridas a la hoja por 24 horas, para garantizar la misma edad para todos los huevos, luego de este periodo la jaula fue removida y los adultos se retiraron con un aspirador manual. Se contó el número de huevos ovipositados, lo cual originó el seguimiento de un cohort de individuos. Debido al efecto de la edad de la hoja en los distintos parámetros biológicos los individuos fueron colocados sobre la tercera hoja expandida hojas del sector medio de la planta. Durante el desarrollo posterior, los conteos fueron realizados a intervalos de 48 horas con una lupa manual (20X) registrando el desarrollo preimaginal desde la eclosión

del huevo hasta la formación de los puparios (presencia de ojos rojos).

Longevidad y fecundidad de hembras adultas

El procedimiento utilizado para la cría de las ninfas y permitirles desarrollarse hasta el adulto fue similar al aplicado al estudio de duración del desarrollo preimaginal. Los puparios fueron trasladados a cápsulas de gelatina de 2,0 cm de largo x 0,8 cm de diámetro hasta la emergencia de los adultos. Los adultos recién emergidos de la cohorte poblacional fueron separados de acuerdo al sexo con la ayuda de un estereomicroscopio (Leica MZ 12,5). Se seleccionaron hembras adultas de aproximadamente dos horas de emergidas. Las mismas fueron colocadas individualmente en jaulas trampas en hojas de tomate y papa junto con un macho y se dispusieron en una cámara de crecimiento (Sanyo Enviromental Test Chamber) a 20° C 4000 lux, fotoperiodo 12L: 12O y 70% de humedad relativa. Cada dos días las parejas se trasladaban a una nueva hoja (de la parte media) de la planta y se mantenían dentro de la jaula trampa (antes de moverla a una nueva hoja, se verificaba que no tuviera huevos). El diámetro cubierto con la jaula pinza se demarcaron externamente y se separaron para realizar los conteos de

huevos ovipositados por hembra hasta su muerte para calcular la fecundidad y longevidad. Se registraba la mortalidad y si un macho moría antes que la hembra, se le reemplazaba por uno nuevo. La media y desviación estándar de la longevidad de las hembras fue calculada, asumiendo que un individuo murió el día anterior al que fue encontrado muerto en la jaula pinza.

Calculo de parámetros demográficos

El tiempo de desarrollo y la tasa de supervivencia de individuos inmaduros y la proporción de hembras se combinaron con datos experimentales de reproducción para crear tablas de vida ' l_x - m_x ' para calcular parámetros demográficos para *T. vaporariorum*. Para cada experimento, se calcularon los siguientes parámetros demográficos, definidos por Price (1975): la tasa reproductiva neta (R_0 , que representa el número de descendientes hembras que una hembra promedio deja en una generación), y el tiempo generacional (T , el cual es equivalente al período medio entre el nacimiento de los padres y el nacimiento de la descendencia). La tasa intrínseca de crecimiento de la población (r_m) para *T. vaporariorum* bajo las condiciones ambientales también se calculó, usando la ecuación dada por Carey (1993):

$$\sum \exp(-r_m x) l_x m_x = 1$$

donde x es la edad

l_x es la supervivencia específica para la edad,

m_x es la proporción de descendientes hembras de una hembra a la edad x

Siguiendo a Carey (1993), la edad pivotal, que es $x + 0,5$, se usó para calcular valores de r_m .

Análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se analizaron las características en estudio: duración de desarrollo, supervivencia preimaginal, longevidad y fecundidad de las hembras.

Se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) unifactorial para examinar el efecto de las especies de planta en la duración de desarrollo de los estadios preimaginales, tiempo total de desarrollo (huevo-adulto), supervivencia, fecundidad y longevidad de las hembras de *T. vaporariorum*. Cuando el resultado del ANOVA indicaba una diferencia significativa, las medias fueron comparadas con la prueba de Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

Se compararon las diferencias entre los valores de longevidad y

fecundidad, utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Los valores de la tasa de oviposición se compararon mediante ANOVA de un factor a un nivel de significación de $P < 0,001$. Para estos tres parámetros, si se detectaron diferencias de significancia, se hicieron comparaciones múltiples usando el método de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$). Las diferencias en el tiempo de desarrollo se probaron mediante la prueba de Kruskal-Wallis, seguido de comparaciones múltiples (método de Student-Newman-Keuls ($P < 0,05$)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Duración de las fases de desarrollo

El desarrollo de la fase de huevo tuvo en promedio 15,26 días en papa Puren y 9,87 días, en tomate Trópico. La

fase de ninfa tuvo una duración de 20,21 días en papa Puren, y 17,58 días en tomate Trópico; mientras que el desarrollo total de la fase de inmaduros tuvo en promedio 41,82 días en papa Puren y de 33,06 días en tomate cultivar Tropic (Cuadro 3). Se encontró un efecto de la planta hospedera sobre la duración de desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* ($P < 0,001$). El desarrollo lento sobre papa cultivar Puren es causada por un incremento en la duración del primero y segundo estado ninfal (Figura 1). Estos resultados concuerdan con Coudriet *et al.* (1985), De Vis (2001), Manzano y Lenteren (2009) quienes indicaron que el tiempo de desarrollo de *T. vaporariorum* es influenciado por el cultivo hospedero.

CUADRO 1. DESARROLLO PREIMAGINAL DE LA MOSCA BLANCA *Trialeurodes vaporariorum* EN DOS ESPECIES DE PLANTA HOSPEDERA.

Planta hospedera	Tiempo de desarrollo imaginal (días)	
	(Media \pm EE)	
	Papa	Tomate
Huevo	15,26 \pm 0,08 a	9,87 \pm 0,50 b
1 ^{er} estadio	6,02 \pm 0,07 a	5,89 \pm 0,49 a
2 ^{do} estadio	4,39 \pm 0,08 a	3,45 \pm 0,87 b
3 ^{er} estadio	4,45 \pm 0,09 a	4,77 \pm 1,05 b
4 ^{to} estadio	5,34 \pm 0,13 a	3,46 \pm 0,28 b
Pupa	6,52 \pm 0,33 a	5,66 \pm 0,30 b
Huevo-adulto	41,82 \pm 0,52 a	33,06 \pm 0,43 b

Medias con letras iguales en la misma fila, no son significativamente diferentes ($P < 0,001$), Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

El resultado de este experimento para el tiempo de desarrollo de inmaduro en tomate fue de 33,06 a una temperatura promedio de 20,8° C, fueron comparados con los de Eijsackers (1969), Huang (1988), Yano (1989), Dorsman y Van De Vrie (1987), quienes realizaron estudios similares en tomate a 20° C y obtuvieron respectivamente 31,6; 33,10; 40,7 y 33,39, similares a los obtenidos en este experimento. Mientras que, a temperaturas mayores, *i.e.* 24° y 25° C, Osbrone (1982), Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan para el cultivo de tomate, menor desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* con 24,3 y 21,01 días, respectivamente. Similarmente, González (2005) reportó un desarrollo preimaginal a 22° C, 24,23 en tomate cv. Moneymaker y de 24,86 días en cv. Hyslip.

En el cultivo de la papa, Boiteau y Singh (1988) determinan un desarrollo preimaginal de *T. vaporariorum* de 23,08 días en papa silvestre (cv. PI 473340) y 21,38 días en cv. Red Pontiac a 26° C, Mientras que en este estudio se registró un desarrollo preimaginal de 41,82 días a 20,8° C en el cv. Puren.

Supervivencia

La tasa de supervivencia (huevo-adulto) de *T. vaporariorum* sobre plantas

de tomate fue significativamente diferente ($P < 0,001$), correspondiendo al 63% de los individuos, mientras que para los que se desarrollaron sobre papa fue de 13%. Este resultado plantea una desventaja importante para *T. vaporariorum* en papa (Figura 1). La misma tendencia es observada para la mortalidad; ya que esta fue mayor en papa que en tomate (Figura 1), indicativo de que la primera, posee menor calidad como planta hospedera. Adicional, se observó que los mayores valores de mortalidad se presentaron en el estadio huevo y el primer estadio ninfa I, sugiriendo que la planta hospedera afecta desde el estadio de huevo.

Considerando que la supervivencia es un factor determinante para el desarrollo de una población, la capacidad de un artrópodo para desarrollarse sobre un determinado hospedero depende de cuantos individuos sobreviven para reproducirse sobre este (González Zamora y Gallardo 1999). Byrne y Bellows (1991) reportan para distintas especies de aleyrodidos un amplio rango de valores de supervivencia (10% a 93%), dentro del cual están los resultados de este estudio. La supervivencia *T. vaporariorum* sobre plantas de tomate es próxima a los valores hallados por Woets y Van Lenteren (1976) y por Van de Merendonk

y Van Lenteren (1978) (78,9 y 78,8%, respectivamente), aunque fue menor al 88% medido por Van Sas *et al.* (1978) y por otra parte, a igual temperatura, Huang (1988), indica una supervivencia del 49% en tomate, lo cual es similar a lo reportado en este estudio.

Proporción de sexos

La relación hembra: macho de las moscas blancas que llegaron al estado adulto fue diferente en los dos

hospederos ($P < 0,001$). En promedio, la relación macho: hembra fue de 0,69 para *T. vaporariorum* en el cultivo de papa y de 0,46 en el cultivo de tomate. (Cuadro 2). Esto coincide con lo reportado en papa por Boiteau y Singh (1988), Dorsman y Van De Vrie (1987) en tomate. Esa diferencia a favor de las hembras tendría importancia en el desarrollo de las poblaciones del insecto debido a que favorecería la tasa de natalidad.

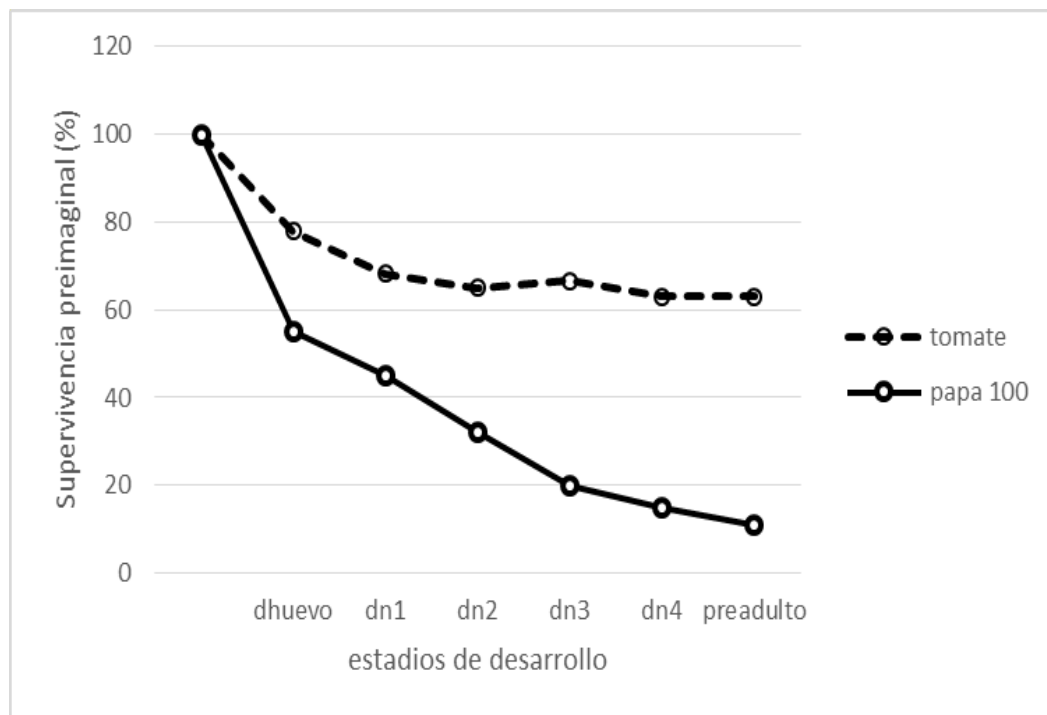


Figura 1. Supervivencia de *T. vaporariorum* por estadio como porcentaje del número de huevos iniciales.

Longevidad y fecundidad de hembras adultas

La longevidad media de *T. vaporariorum* reportada en este estudio a 20,8° C fue mayor ($P < 0,001$) cuando se desarrolló sobre plantas de tomate ($12,29 \pm 1,82$ días) que sobre papa ($4,79 \pm 2,34$ días). La fecundidad total en tomate fue de $217,95 \pm 2,56$ huevos por hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 2,18 huevos/hembra/día. La fecundidad total en papa fue de $27,63 \pm 1,87$ huevos/hembra y el promedio de la frecuencia de oviposición fue de 5,01 huevos/hembra/día (Cuadro 2).

De acuerdo a De Vis (2001), Manzano y Van Lenteren (2009) la longevidad, fecundidad y la oviposición cambian con la temperatura, el tipo de cultivar y la raza de mosca blanca. Los resultados de Van Es (1982), a 20° C indican una longevidad de 53 días mientras que a 22,5° C fue de 37,1 días. De Vis (2001) en su estudio encontró a temperaturas variables ($16,0 \pm 5,1$ ° C) para tomate, una fecundidad total promedio de 208.5 huevos por hembra en un rango con un máximo de 581 y mínimo de 20. Los valores encontrados en el estudio actual son similares a los realizados a 20° C por Dorsman y De Vrie (1987), de 210,7 huevos/hembra/día. A igual temperatura (20° C). Ibrahim (1975)

y Van Hes (1982), reportaron 144 y 219 huevos/hembra/día. respectivamente. Otros estudios realizados a temperaturas mayores reportan promedios de fecundidad variables. Curry y Pimentel (1971) reportan una fecundidad en tomate de 249,7 a 21° C, mientras que Van Sas (1978) y Dorsman y Van De Vrie (1987) reportan 95 y 107 huevos/hembra/día respectivamente, a 25° C en el cultivo de tomate. Van Roermound y Van Lenteren (1992) encontraron que la oviposición alcanza el máximo a 22° C y señalan que parte de la variación producida en la fecundidad entre hembras es causada por la variación en la longevidad.

Existen pocos datos sobre la fecundidad de *T. vaporariorum* en papa para las condiciones que se evaluaron. Boiteau y Singh (1988) reportaron para papa silvestre y cultivada 4,90 y 4,76 días respectivamente, a una temperatura de 26° C, siendo estos valores similares a los encontrados en este experimento.

Parámetros demográficos

Se encontró un efecto significativo de la planta hospedera sobre los tres parámetros demográficos calculados para *T. vaporariorum*: la tasa neta de reproducción (R_0), el tiempo medio generacional (TG) y la tasa intrínseca de

crecimiento natural (r_m) (Cuadro 3). Similares resultados fueron obtenidos por Yano (1989) y Romanow *et al.* (1991) para los mismos parámetros.

El valor de R_0 resultó bastante inferior (49,6) para tomate al encontrado por otros investigadores, siendo de 106,1 huevos/hembra para Ahn *et al.* (2001) y de 63,8 huevos/hembra para Yang y Chi (2006). Por otra parte, Manzano y Van Lenteren (2009) determinaron un r_m de 0,61 y un R_0 de 127 huevos/hembra para *T. vaporariorum* en variedades de (*Phaseolus vulgaris*) a 25° C.

El tiempo medio generacional coincide en líneas generales con los

resultados de Coudriet *et al.* 1985, Tsai y Wang 1996, Ahn *et al.* 2001, Yang y Chi 2006). Aunque el tiempo generacional está muy relacionado con la duración del desarrollo preimaginal, expresa mejor la relación temporal del insecto con la planta, puesto que incluye la longevidad del adulto y la secuencia reproductiva.

La r_m para *T. vaporariorum* en tomate a 16° C estimada por Van Lenteren *et al.* (1996) es 0,0663, es similar a la calculada en este estudio. Esperaríamos una R_0 más baja en este experimento debido a la menor fecundidad como resultado de una menor calidad de la planta huésped (tomate).

CUADRO 2. LONGEVIDAD Y FECUNDIDAD DE HEMBRAS DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.

Cultivar	tomate	papa
Fecundidad	217,95 a	27,63 b
Longevidad (días)	12,29 a	4,79 b
Oviposición	2,18 a	5,01 b
Proporción sexo	0,46 a	0,69 b

Medias con letras iguales en la misma columna, no son significativamente diferentes ($P < 0,001$), Student Newman Keuls (SNK) ($\alpha = 0,05$).

CUADRO 3. PARÁMETROS DEMOGRÁFICOS DE TABLA DE VIDA DE *Trialeurodes vaporariorum* EN TOMATE Y PAPA.

Cultivar	tomate	papa
r_m (tasa intrínseca de desarrollo o crecimiento)	0,067	0,060
R_0 (tasa neta de reproducción)	49,6	0,464
TG (tiempo medio generacional)	23,4	32,55

R_0 = tasa neta reproducción, r_m = tasa de incremento de la población, TG = duración media de una generación.

La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos claros, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y la dinámica poblacional de los insectos plagas; conocimiento que puede usarse posteriormente como una herramienta para diseñar estrategias de manejo de plagas.

CONCLUSIONES

- Los parámetros obtenidos en este estudio, relativos al potencial biótico de *T. vaporariorum* en interacción con las dos plantas hospederas permiten concluir que el cultivo de tomate (cv. Tropic) posee características que lo califican como mejor hospedero de este insecto plaga comparado con el cultivo de papa (cv. Puren).
- La selección de modelos demográficos simples, tales como las tablas de vida con información de los aspectos biológicos relevantes, es un paso importante hacia una mejor comprensión de la biología y las interacciones multitróficas de las poblaciones de los organismos que co-existen espacialmente y co-evolucionan temporalmente; conocimiento que puede usarse para diseñar estrategias de manejo

agroecológico de organismos nocivos a los cultivos agroalimentarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahn, KS; Lee, KY; Choi, MH; Kim, JW; Kim, GH. 2001. Effect of temperatura and host plant on development and reproduction of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Korean Journal of Applied Entomology 40:203-209.
- Boiteau, G; Singh, RP. 1988. Resistance to the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), in a clone of the wild potato *Solanun berthaultii* Hawker. Ann. Entomol. Soc. Am. 81:428-431.
- Butler, GD; Henneberry, TJ. 1984. *Bemisia tabaci*: Effect of cotton leaf pubescence on abundance. The Southwestern Entomologist 9:91-94.
- Byrne, DN; Bellows Junior, TS. 1991. Whitefly biology. Annu. Rev. Entomol. 36:431-457.
- Carey, JR. 1993. Applied demography for biologists. New York: Oxford University Press.

- Costa, JF; Cosio, W; Cárdenas, M; Yábar, E; Gianoli, E. 2009. Preference of quinoa moth: *Eurysacca melanocampae* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) for two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in olfactometry assays. J. Agric. Res. 69(1):71-78.
- Coudriet, DL; Prabhaker, N; Kishaba, AN; Meyerdirk, DE. 1985. Variation in developmental rate on different hosts and over wintering of the sweet potato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Environm. Entomol. 14:516-519.
- Curry, JP; Pimentel, D. 1971. Life cycle of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, and population trends of the whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*, on two tomato varieties. Ann. Entomol. Soc. Am. 64:1188-1190
- Despoina, E; Kapantaidaki, Eldem Sadikoglou, Dimitra Tsakireli, Vasileios Kampanis, Marianna Stavrakaki, Corinna Schorn, Aris Ilias, Maria Riga, George Tsiamis, Ralf Nauen, George Skavdis, John Vontas and Anastasia Tsagkarakou. 2017. Insecticide resistance in *Trialeurodes vaporariorum* populations and novel diagnostics for mutations, Pest Management Science 74(1):59-69.
- Dorsman, R; Van De Vrie, M. 1987. Populations dynamics of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* on different gerbera varieties. Bull.IOBC/WPRS 1987/X/2:46-51.
- De Vis, RMJ. 2001. Biological control of whitefly on greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Amitus fuscipennis*? Doctoral thesis. Wageningen University. ISBN 90-5808-521-X 166 p.
- Duffus, JE. 1965. Beet pseudo-yellows virus, transmitted by the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. Phytopathology 55:450-453.
- Duffus, JE., Liu, H; Wisler, GC. 1996. Tomato infectious chlorosis virus -A new clostero-like virus transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Eur. J. Plant Pathol. 102:219-226.
- Eijsackers, H. 1969. Ontwikkelingen en verspreiding van *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) en *Encarsia formosa*. M.Sc. thesis,

- Dept of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands. 48 p.
- Gabarra, H; Cumapa, L; Carhuapoma, P; González D, GI; Muñoz, J; Gutiérrez, A. 2018. A temperatura responsive transmission model for the Potato yellow vein virus-*Trialeurodes vaporariorum*- potato pathosystem. In XXVIII Congreso de la Asociación Latinoamericana de la Papa (ALAP).
- González D, GI. 1997. Situación actual de la investigación en Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades de Hortalizas en Panamá. In Memorias Taller de Control Biológico de *Plutella xylostella*. REDCAHOR. Constanza, DO.
- González, GI; Pitti, J; Gutiérrez, A; Santamaría Guerra, J. 2018. Determinación de la sobrevivencia de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. Cerro Punta, Chiriquí. In Compendio de Resúmenes de la XLXIII Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, PA.
- González Zamora, JE; Gallardo, JM. 1999. Desarrollo y capacidad reproductiva de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento a tres temperaturas. Boletín Sanidad Vegetal, Plagas 25:3-11.
- Huang, YG. 1988. Possibility of the greenhouse whitefly control by steril insect technique. M.Sc. thesis, Enea-Dept of Agrobiolgy, Rome, IT. 92 p.
- Ibrahim, GEA. 1975. 1975. The glasshouse whitefly and its parasite. Ph.D. Thesis. University of Badford. UK.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2010. Contraloría General de la República de Panamá. Productores agropecuarios y superficie en la república, por actividad principal, según provincia, comarca indígena y tamaño de la explotación: Año 2010. Consultado 25 may. 2018. Disponible en <http://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, PA). 2015. Hoja de Balance de Alimentos 2015.

- Consultado 21 feb. 2018. Disponible en <https://www.contraloria.gob.pa/INEC/Publicaciones/>
- McDaniel, T; Tosh, CR; Angharad, MR; Gatehouse, AMR; David George, D; Robson, M; Brogan, B. 2016. Novel resistance mechanisms of a wild tomato against the glasshouse whitefly. *Agronomy for Sustainable Development* 36(1).
- MIDA (Ministerio de Desarrollo Agropecuario, PA). 2017. Informe del Cierre Agrícola 2016-2017. Dirección de Agricultura. MIDA, Santiago de Veraguas, Panamá. 49 p.
- Manzano, MR; Van Lenteren, JC. 2009. Life History parameters of *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) at different environmental conditions on two bean cultivars. *Neotropical Entomology* 38:452-458.
- Natwick, ET; Zalom, FG. 1984. Surveying Sweetpotato whitefly in the Imperial Valley. *California Agriculture* 38:314.
- Osborne, LS. 1982. Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.* 11:483-485.
- Price, P. 1975. *Insect ecology*. John Wiley & Sons, New York. 514 pp.
- Prijović, M; Škaljac, T; Drobnjaković, K; Žanić, P; Perić, D; Marčić, J; Puizina, J. 2014. Genetic variation of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae), among populations from Serbia and neighbouring countries, as inferred from COI sequence variability. *Bulletin of Entomological Research* 104(03):357.
- Romanow, LR; De Ponti, OMB; Mollema, C. 1991. Resistance in tomato to the greenhouse whitefly: analysis of population dynamics. *Entomologia experimentalis et applicata* 60:247-259.
- Salazar, LF; Müller, G; Querci, M; Zapata, JL; Owens, RA. 2000. Potato yellow vein virus: its host range, distribution in South America and identification as a crinivirus transmitted by *Trialeurodes*

- vaporariorum*. Annals of Applied Biology 137(1): 7-19. Disponible en <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2000.tb00052.x>
- Santamaría-Guerra, J; González D, GI. 2017. The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. Agroecology and Sustainable Food Systems. 41:3-4, 349-365. Consultado 23 feb. 2018. Disponible en <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1286281>
- Schoonhoven, LM; van Loon, JJA; Dicke, M. 2005. Insect-plant biology/Louis M. Schoonhoven, Joop J. A. van Loon, Marcel Dicke. — 2nd ed.p. cm. 490 p.
- Singer, MC. 2000. Reducing ambiguity in describing plant-insect interactions: "preference", "acceptability" and "electivity". Ecological Letters 3:159-162.
- Tsai, JH; Wang, K. 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. Environmental Entomology 25: 810-816.
- Van De Merendock, S; Van Lenteren, JC. 1978. Determination of mortality of greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) eggs, larvae and pupae on four host-plant species: eggplant (*Solanum melongera* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), paprika (*Capsicum annum* L.). Med. Fac. Landbouww. Rijk-univ. Gent 43:421-429.
- Van Dorst, HJM; Huijberts, N; Bos, L. 1983. Yellows of glasshouse vegetables transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Neth. J. Plant Pathol. 89:171-184.
- Van Es, E. 1982. Waardplantkwaliteit van twee vlezige tomatersassen voor de kaswttenvlieg *Trialeurodes vaporariorum* M.Sc. Thesis., Dept. of Entomology, Wageningen Agricultural University. 48 p.
- Van Lenteren, JC; Van Roermound, HJW; Sütterlin, S. 1996. Biological control of greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work? Biological Control 6:1-10.

- Van Roermound, HJW; Van Lenteren, JC. 1992. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) XXXIV. Life-history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* as a function of host plant and temperature. Wageningen University papers 92-3:1-102.
- Van Sas, J. 1978. Bepaling van de waardplantkwaliteit van augurk, meloen, en gerbera voor de kaswittevlies, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) M.Sc. Thesis, Dep of Population Biology, University of Leiden, The Netherlands, 55 p.
- Woets, J; Van Lenteren, JC. 1976. The parasite-host relationship between *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). VI. Influence of the host plant on the greenhouse whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. Bull. IOBC/WPRS 1976/4.
- Yano, E. 1989. Factors affecting population growth of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae). Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology 33:122-127.
- Yang, TC; Chi, H. 2006. Life tables and development of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) at different temperatures. Journal of Economic Entomology 3:691-698.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la asistencia del experimento al Ing. Javier E. Pitti y a la Licda. Grace Contreras. A los revisores anónimos por sus aportes críticos al manuscrito.

**INTERACCIONES TRÓFICAS ENTRE *Eretmocerus eremicus*
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) Y *Trialeurodoes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) EN TOMATE Y PIMENTÓN¹**

***Gladys I. González-Dufau*²; *Julio Santamaría-Guerra*³; *Kathia Castrejon*⁴;
*Isabel Herrera*⁵; *Arnulfo Monzón*⁶**

RESUMEN

La comprensión de las interacciones multitróficas entre parasitoides, plagas y plantas hospederas es importante para el desarrollo de alternativas de manejo agroecológico que potencien el restablecimiento de funciones ecosistémicas. En este estudio se realizaron experimentos de laboratorio para determinar la influencia del tomate (*Solanum esculentum*; cv. Moneymaker) y el pimiento dulce (*Capsicum annum*; cv. Goldenwonder y Yelowonder) en la aptitud y parasitoidismo del *Eretmocerus eremicus* atacando a *Trialeurodoes vaporariorum*. El tamaño del parasitoide, medido por la longitud de la tibia posterior, se correlacionó con el tamaño de las pupas del huésped como un indicador de aptitud. No se observó efecto significativo por cultivar en la longevidad de los parasitoides emergidos, en la tasa de emergencia y en la mortalidad de la etapa de inmaduros. Sin embargo, las plantas hospederas influyeron en el tiempo de desarrollo (días) y la proporción de sexos de los parasitoides. La tasa de crecimiento de la población del parasitoide era mayor que la de *T. vaporariorum*. La mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* se observó alimentándose del tomate cv. Moneymaker y el pimiento dulce cv. Goldenwonder, fue un hospedero igualmente adecuado para especímenes de *Er. eremicus*, lo que convierte a este parasitoide, en un agente de control biológico con potencial en un sistema de cultivo de tomate/pimiento dulce.

Palabras clave: Aptitud demográfica, Interacciones tritróficas, control biológico.

¹ Recepción: 2 de marzo de 2020. Aceptación: 20 de julio de 2020. Investigación financiada por el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

² IDIAP. Centro de Investigación Agropecuaria Chiriquí. M.Sc. en Entomología.
e-mail: gladys.gonzález@idiap.gob.pa

³ IDIAP. CIA Chiriquí. Ph.D. en Innovación Institucional.

⁴ IDIAP. CIA Chiriquí. Bach. en Ciencias.

⁵ Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Fitopatología.

⁶ Universidad Nacional Agraria. Ph.D. Entomología.



**TROPHIC INTERACTIONS BETWEEN *Eretmocerus eremicus*
(HYMENOPTERA: APHELINIDAE) AND *Trialeurodoes vaporariorum*
(HEMIPTERA: ALEYRODIDAE) GROWING ON TOMATO AND GREENPEPPER PLANTS**

ABSTRACT

Understanding multitrophic interactions between parasitoids, pests, and host plants is important for the development of agro-ecological management alternatives that enhance the restoration of ecosystem functions. Laboratory experiments were conducted to determine the influence of tomato (*Solanum lycopersicum*; cv. Moneymaker) and sweet pepper (*Capsicum annuum*; cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder) on the fitness and parasitisation of the *Eretmocerus eremicus* attacking *Trialeurodes vaporariorum*. Parasitoid size, as measured by hind tibia length, was correlated with host pupae size as a fitness indicator. No significant cultivar effect was observed on the longevity of the emerged parasitoids, on the rate of emergence and on immature mortality. However, the host plants did influence development time (days) and sex ratio of the parasitoids. The population growth rate of the parasitoids was observed to be higher than that of *T. vaporariorum*. *T. vaporariorum*, feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder, was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens, which makes this parasitoid a promising biocontrol agent in a tomato/sweet pepper mix-cultivation system.

Key words: Demographic fitness, tritrophic interactions, biological control.

INTRODUCTION

The greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) is one of the most important vegetable pests (Perring et al., 1993; Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015). *This insect pest* is native to America, particularly the United States (USA) and northwestern Mexico. It is distributed in tropical and semi-tropical regions of the world (Myartseva et al., 2010), where it is parasitized by diverse natural enemies (García-Guerrero et al., 2018); adults and immature are phloem feeders and can contribute to reduce productivity by directly consuming transportable carbohydrates, nitrogen and other nutrients. Moreover, they produce large amounts of honeydew on the leaf, on which sooty moulds occasionally develop with a resultant reduction in leaf photosynthesis (Byrne et al., 1990; Gonzalez and Santamaria, 2015).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

The parasitoid *Eretmocerus eremicus* has shown its potential as a biological control agent of the greenhouse whitefly (De Barro et al., 2000), and it is recommended for use by commercial companies (e.g. Koppert Biosystems, Bioplanet, Biobest). Furthermore, Greenberg et al. (2002), indicate that *Er. Eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) is very efficient in attacking the two important whitefly pest species: *T. vaporariorum* and *Bemisia tabaci*. Similarly, Aliaga (2013) reported from Perú *Er. eremicus* attacking *Trialeurodes variabilis* feeding on yuca plants (*Manihot esculenta* L.). In Panama *Eretmocerus* had been reported by Rusell (1962), Carreiro (1994) and Ferguson (1994). More recently, Bernal (2001) reported *Eretmocerus* as the most abundant species for tomato under field condition in Azuero. Gonzalez et al. (2009), reported this parasitoid feeding on *Bemisia* and *Trialeurodes vaporariorum* at Los Santos, Capiro and Boquete districts in Panama. Eggs are deposited underneath whitefly nymphs at the leaf surface, and 1st instars penetrate the underside of the host upon eclosion. Parasitoid larvae completely consume the contents of the host before pupation (Gerling et al., 1990; Foltyn and Gerling, 1985).

Eretmocerus have developed a special type of ectoparasitism. They oviposit under the host and their eggs are protected between the leaf and the host. Thereafter, they enter the host but induce it to form a capsule that allows them to remain functionally external to both the host's blood cells and to cellular defence mechanisms. The capsule remains intact during the first and much of the second larval instars. During that time, the whitefly nymph disintegrates with just a few tissues remaining. When the capsule breaks up, and the parasitoid larva becomes fully exposed to the host's body fluids, these are scarcely able to invoke effective defensive mechanisms. Thus, by ovipositing under a young host instar, *Eretmocerus* avoids the disadvantages of ectoparasitism by ovipositing under the host and developing within it, and of endoparasitism by living within a capsule that protects it from host defences (Gerling, 1966).

The effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop. Efficient mass rearing and release of parasitoids is dependent on our knowledge of the nature of agroecosystems and the principles by which they work (León and Altieri, 2010). One very important aspect of this is the deep understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction. The study of the parameters of life of parasitoids is also important because of the possibility of combining



more than one of these natural enemies in the biological control strategy of the same insect pest (Qiu et al., 2005). This is a research topic that has received a lot of attention in the past, yet research with respect to the strategies (e.g. host selection) used by different parasitoids with different life histories and studies on the effect of the integration of agroecological practices on the performance of the production system are growing rapidly (Vásquez and Fernández, 2008; Altieri and Nicholls, 2007).

Large hosts are supposed to be of better quality, as they are believed to contain more resources than small ones (Charnov, 1982). However, host size may not always be indicative of host quality at the time of parasitisation. The influence of host size on parasitoid development may differ between idiobont and koinobont parasitoids. According to Waage's (1982) hypothesis: "size dependent sex ratios are to be anticipated in idiobiont parasitoids which oviposit in non-growing stages (e.g. eggs and pupa) or which paralyse their hosts prior to oviposition (many larval parasitoids), but not in koinobiont parasitoids which oviposit and develop in growing host stages (egg-larval or larval parasitoids) for which host size is not a good predictor of larval resources". However, King (1989) stated that Waage's hypothesis is not true for all koinobionts.

Since the effective implementation of biological agents for whitefly management relies on the feasibility of augmenting parasitoids in a whitefly-affected crop through understanding the plant-herbivore-parasitoid interaction, the present study focuses on the effect of host quality of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper (poor quality host plant) or tomato (intermediate quality host plant). This is a common mix cropping system at horticultural farms in the highlands of the Chiriquí province.

MATERIALS AND METHODS

Whitefly and parasitoid species

Adult whiteflies, *Trialeurodes vaporariorum* were reared in a wooden cage (50cmx50cmx56cm) on tomato plants (*Solanum lycopersicum* L. cv. Moneymaker). From this rearing, adult whitefly (20 females:20 males) from zero to seven days old were transferred and confined to the undersides of leaves of the host plants cultivars (sweet pepper *Capsicum annum* cv. Goldenwonder and cv. Yelowonder; and tomato cv. Moneymaker) using clip cages of 2,5 cm diameter and were allowed to ovoposit for 24 h.



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

After these time all the whiteflies were removed with an aspirator and the host plants were transferred and maintained at the laboratory of Entomology (IDIAP, Chiriquí), in a climatic chamber at $22 \pm 1^\circ \text{C}$ and 50% RH with a 12:12 h light:dark photoperiod until the nymphs had developed in to the 2nd instar.

Parasitoid pupae *Er. eremicus* used in this experiment were obtained from Koppert Biological Systems BV, through its distributor Agrobio NCS based in Costa Rica. Cardboards of parasitoids pupae were located in petri dishes to allow emergence of both females and males. Newly emerged adult females were allowed to mate individually with an individual male inside a gel capsule (20 mm long x 7 mm diameter).

Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid *Er. eremicus*

Three plants of each cultivar were infested with whitefly as described above. About 35 second instars whitefly nymphs were offered to the parasitoid and superfluous whiteflies nymphs were removed. Subsequently, one mated female parasitoid (1 d old) was released and confined with the nymphs in a large (3,5 cm diameter) clip cage at 22°C . After 24 h, the parasitoid females were removed. Ten percent of the total nymphs offered were dissected and checked for parasitoid eggs. All of the remaining nymphs were allowed to complete their development. When the parasitized nymphs had changed colour from light to dark, they were counted daily until emergence. This allowed the number of successfully parasitized hosts to be determined. The percentage of parasitized nymphs was calculated from the total number of nymphs used per female. The percentage of emerged parasitoids was calculated only from hosts that could be identified as parasitized. After emergence, the puparia from parasitized and non-parasitized individuals that had developed on each plant cultivar were measured. Longevity of each emerged adult parasitoid was measured by daily checking the vials in which adult parasitoids were held as unfed individuals. Upon death, parasitoid adults were frozen for posterior measurement of the hind tibia length.

Statistical tests: Differences were tested for significance with ANOVA, Mann-Whitney U test or the Chi Square test, all at the 5%-probability level.



A one-factor analysis of variance (ANOVA) was used to examine the effect of plant species on the total immature development time, and longevity of males and females of *Er. eremicus*. When the ANOVA result indicated a significant difference, the means were compared with the Least test (LSD; $\alpha = 0,05$).

Calculation of demographic parameters: The net reproduction rate (R_o), the average generation time (T), the intrinsic rate of natural growth (r_m) were calculated using the two equations of Andrewartha and Birch (1954) where $r_{m1} = (\ln R_o1) / T1$ and $r_{m2} = (\ln R_o2) / T2$. The survival of each stage was calculated using the following formula:

Equal stage survival = N° individuals enter stage (i + 1) / N° individuals enter stage i) $\times 100$

RESULTS AND DISCUSSION

Effect of sweet pepper and tomato on the quality of whitefly and its parasitoid

The development time of immature male parasitoids varied significantly for the tested cultivars. Males from the sweet pepper cv. Goldenwonder had the longest development time. The pooled male and female development period of different cultivars were 22,09 d; 22,64 d and 23,82 d for sweet pepper cv. Goldenwonder, tomato cv. Money maker and sweet pepper cv. Yolo wonder, respectively, and the differences between cultivars were significant ($P < 0,05$; Table 1). Wasps emerging from hosts feeding upon the sweet pepper cv. Yolo wonder took more than one day longer to complete development than wasps emerging from hosts on the sweet pepper cv. Goldenwonder and tomato cv. Money maker.

Table 1. Immature development time in days of *Eretmocerus eremicus* on *Trialeurodes vaporariorum* and on three different cultivars at 22° C.

Host plant	Mean \pm se ^{1/}	n	CV (%)	Min – Max
Tomato – cv. Money maker	22,64 \pm 0,06a	497	0,26	17 – 28
Sweet pepper – cv. Goldenwonder	22,09 \pm 0,27b	59	1,21	19 – 28
Sweet pepper – cv. Yolo wonder	23,82 \pm 0,23c	69	0,94	21 – 30

^{1/} Different letters in a column indicate significant differences; ANOVA with LSD ($P < 0,05$).



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

The longevity of unfed female *Er. Eremicus* was not influenced ($P < 0,001$) by the host plant on which *T. vaporariorum* had developed (Table 2). Few parasitoid females emerged from whiteflies on the sweet pepper cultivars and so the data might not be representative, nevertheless, as reported by Vet et al. (1980), data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on sweet pepper are extremely varied.

The longevity of unfed males differed significantly between the three cultivars (Table 2), being longest on the sweet pepper cv. Goldenwonder and shortest on the sweet pepper cv. Yelowonder.

Table 2. Mean of males and female's longevity (days) of unfed *Eretmocerus eremicus* emerging on *Trialeurodes vaporariorum* feeding on three different cultivars.

Host plants	Mean \pm s.e. ^{1/}	n	CV (%)	Min - Max
Females				
Tomato – cv. Moneymaker	2,12 \pm 0,05 a	129	2,36	0 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,43 \pm 0,29 a	7	11,9	1 - 3
Sweet pepper– cv. Yelowonder	2,09 \pm 0,21 a	11	10,5	1 - 3
Males				
Tomato – cv. Moneymaker	1,72 \pm 0,04 a	212	2,3	1 - 3
Sweet pepper– cv. Goldenwonder	2,15 \pm 0,15 b	33	6,9	1 - 4
Sweet pepper– cv. Yelowonder	1,47 \pm 0,21 c	37	14,3	1 - 3

^{1/} Within each row (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences. ANOVA with LSD ($P < 0,05$).

Basic life history parameters and demographic parameters of *Er. eremicus* are shown in Tables 3 and 4. *Trialeurodes vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant. *Eretmocerus eremicus* developed faster, had a lower immature mortality, and a greater longevity on whiteflies on the sweet pepper cv. Goldenwonder than on the sweet pepper cv. Yelowonder. The sex ratio was significantly different for both sweet pepper cultivars species ($\chi^2 = 0,84$; $P = 0,66$).



Table 3. Life history parameters of *Eretmocerus eremicus* developing on different host plants.

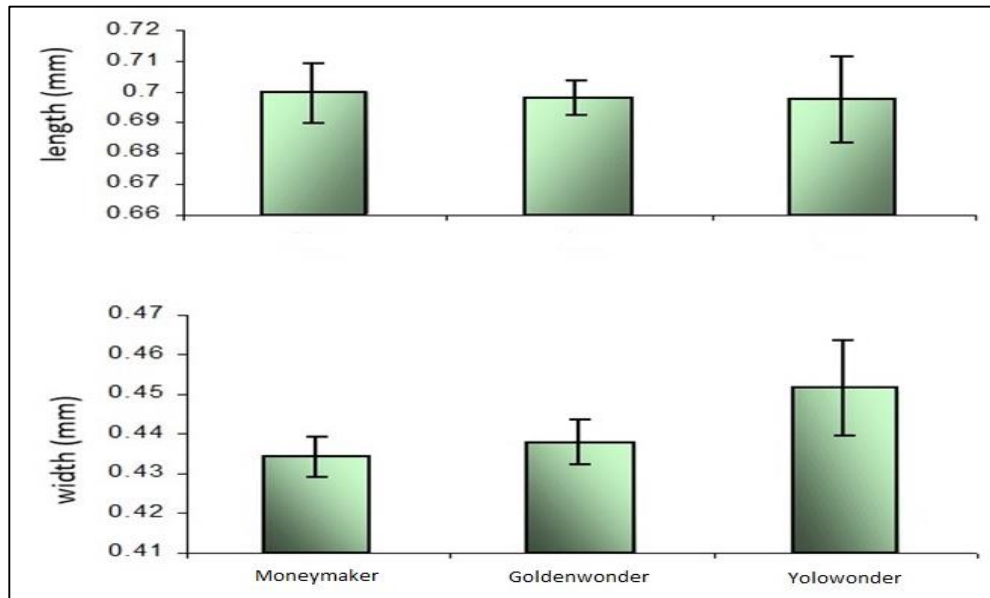
Parameter	Tomato	Sweet pepper	Sweet pepper
	cv. Moneymaker	cv. Yelowonder	cv. Goldenwonder
	Mean	Mean	Mean
% Emergence rate	81,3 a	77,8 a	71,9 a
% Immature mortality	18,6 a	22,1 a	19,6 a
Sex ratio (males: females)	0,41 a	0,3 b	0,3 b

Within each column (host's food plant) different letters in a column indicate significant differences ($P < 0,5$).

The χ^2 analysis of percentage of emergence in this experiment revealed non-significant differences ($P = 0,66$) for the host plants studied.

Table 4. Demographic parameters of *Eretmocerus eremicus* on tomato and sweet pepper as host's food plants.

Parameter	Tomato	Sweet pepper cv.	Sweet peppe
	cv. Moneymaker	Yelowonder	cv. Goldenwon
Ro = net reproduction	43,82	43,13	36,55
T = generation time	27,64	27,09	28,82
r_m = intrinsic rate of increase	0,142	0,133	0,130

**Figure 1. Width and length of the puparium after parasitoid adult emergence per each cultivar (Moneymaker; Goldenwonder, Yelowonder).**

©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

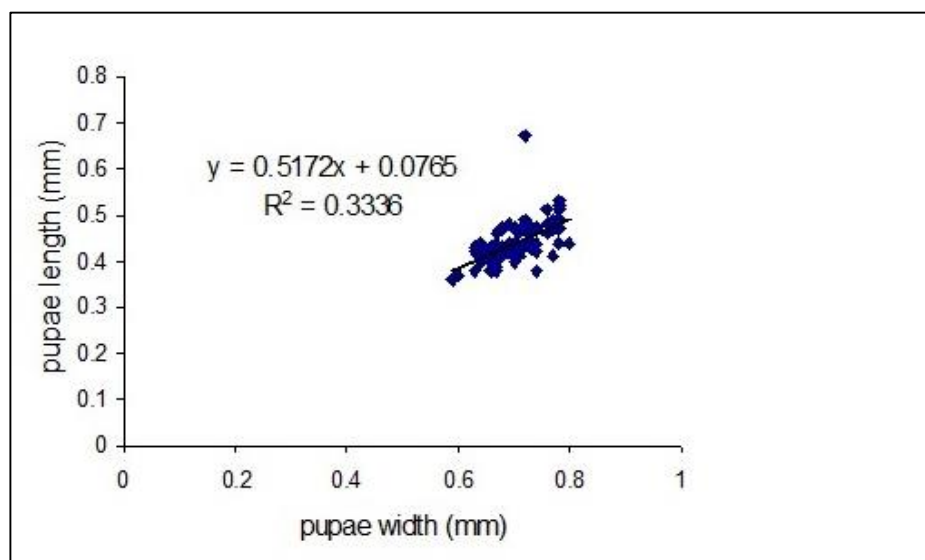


Figure 2. Effect of *Eretmocerus eremicus* tibia length on puparium length: width ratio measured after emergence.

A positive correlation was observed between length and width size (Figures 2). The data of hind tibia length for parasitoids that developed in hosts on the three types of host plant investigated is given in Table 5. No significant host-plant effect was observed on the tibia length of adult parasitoids studied under laboratory conditions.

Table 5. Effect of host's food plant on the tibia length of *Eretmocerus eremicus*.

Host plant	Mean \pm se ^{1/(mm)}	N	CV(%)	Min	Max	Range
Tomato- cv Moneymaker	0,241 \pm 0,002 a	70	0,97	0,20	0,28	0,08
Sweet pepper- cv.Goldenwonder	0,245 \pm 0,003 a	36	1,25	0,20	0,27	0,07
Sweet pepper- cv.Yolowonder	0,247 \pm 0,003 a	19	1,19	0,23	0,26	0,03

¹ Within each row different letters indicate significant differences. ANOVA with LSD (P>0,05).

The current study on tritrophic-interactions established that sweet pepper as the host plant slightly affected some of the life history parameters of the parasitoid *Er. eremicus*, but the host plant did not influence the population development of the parasitoid, as well as the size of the hind tibia of the parasitoids emerging from *T. vaporariorum*. These results



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

agree with the conclusions reported by other authors (van Lenteren and Noldus, 1990; Thomas, 1993; Shah and Liu, 2013) about host quality of the sweet pepper upon *T. vaporariorum*.

Eretmocerus eremicus developing in the larval stages of *T. vaporariorum* feeding on sweet pepper, performed least well on the cultivar Yelowonder. However, performance of *Er. eremicus* on the sweet pepper cultivar Goldenwonder was much better than that on tomato. Within the genus *Eretmocerus*, differences in performance of parasitoids have previously been reported by Powell and Bellows (1992) and De Barro et al. (2000), working with *Bemisia* as host. The first authors compared development of parasitoids on cotton (*Gossypium hirsutum*) and cucumber (*Cucumis sativus*), and, De Barro et al. (2000), reported a host plant effect on *Eretmocerus* spp., with a suitability gradient from most suitable to least suitable as follows: cotton, hibiscus (*Hibiscus* sp.), rockmelon (*Cucumismelo*), soybean (*Glycine max*), and tomato.

Plant effects on another aphelinid group have been reported by Heinz and Parrella (1994). These authors reported differences in host feeding, parasitism, and total number of nymphs killed among four parasitoid species (*Encarsia Formosa* Gahan, *En. luteola* Howard, *En. pergandiella* Howard, and *En. transvena* Timberlake), and on two different poinsettia cultivars (*Poinsettia pulcherrima*). Greenberg et al. (2002), investigated the effect of different tomato cultivars on two *Eretmocerus* species, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, and reported no significant differences for these characteristics. Interestingly, they observed size differences for *Eretmocerus* species when reared on *T. vaporariorum* and *B. tabaci*. Both, *Er. eremicus* and *Er. mundus*, were larger when they had developed on *T. vaporariorum* than on *B. tabaci*. Regarding other groups of biological control agents, our findings agree with those of van Huis and de Rooy (1998) who studied the effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* and its egg parasitoid *Uscana lariophaga*. They observed higher mortality and longer development in the eggs of *C. maculatus* on the legume that was less favourable for the development of *C. maculatus*. While Orr and Boethel (1986), reported that plant antibiosis can influence the biology over four trophic levels.



When looking at the fitness parameters, this study demonstrated that *T. vaporariorum* nymph size did not vary when this whitefly feeds on the evaluated sweet pepper or tomato and agree with the results reported by Greenberg et al. (2002). This might be the reason why there was no influence on the parasitoids hind tibia length, and why *T. vaporariorum* was an equally suitable host for *Er. eremicus* specimens feeding on the tomato cv. Moneymaker and the sweet pepper cv. Goldenwonder as host plant.

Positive significant correlation between tibia length and puparium ratio agree with those studies on which size alone was a significant longevity predictor (Hooker et al., 1987) in the eulophid studied parasite. Sagarra et al. (2001), observed in laboratory conditions that parasitoid size, as measured by left hind tibia length, was positively correlated with several indicators of the parasitoid fitness (longevity, mating preference, fecundity, reproductive longevity, progeny emergence, and sex-ratio).

Regarding to the longevity of the adults, our results were similar to those reported by Hanan et al. (2010), who observed a life span of 2,5~5,5 days without food source. Data from the present study showed that unfed females lived longer (2,02~2,43 days) than unfed males (1,47~2,15 days). This can be interpreted as an adaptation to ensure that the parasitoids live for longer if hosts are unavailable, so that they have more time to search for their hosts and therefore a greater chance of producing progeny.

On the other hand, strong female sex bias in the parasitoid offspring from sweet pepper cultivars was reported on this study. This agrees with Islam and Copland (1997) report on that the proportion of male parasitoids decreased with the increasing host size and showed significant linearity. Biological data indicate maternal manipulation of the offspring sex ratio of parasitoid wasps in response to host size. From this it can be predicted that a greater proportion of females will be laid in large hosts (King, 1989). However, the extremely high mortality experienced by the host on sweet pepper plant might mask the offspring sex ratio. Experimental studies have shown that, for hymenopteran parasitoids, host size at oviposition is often a reliable indicator of host suitability for parasitoid development (Visser, 1994; Sagarra, 2001). Large hosts contain more resources for parasitoid development than small hosts; and therefore in terms of parasitoid fitness are assumed to be qualitatively superior (Waage's host size dependent theory). However, King



(1989) suggests that in koinoinbiont species with wide host-species size ranges, there will not be a selection pressure for females to manipulate offspring sex ratio in response to host size unless females can discriminate between host species or host species do not overlap in the size of susceptible instars.

Published data of intrinsic rate of increase for *Er. eremicus* feeding on *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper are extremely varied (Vet et al., 1980). Values reported here are comparable within the range reported by Koopert (2002) working at 25° C on *Er. mundus* and *B. tabaci* as host, who reported a r_m of 0,192 for tomato and 0,198 for sweet pepper, with survival rates of 73% and 64%, respectively. In our study we observed smaller values for the r_m (0,142) for tomato and [0,131 (cv. Yolowonder) - 0.131(cv. Goldenwonder)] sweet pepper with survival rates of 81,3% for tomato cv. Moneymaker, and 77,8% for sweet pepper cv. Yolowonder and 71,9% for sweet pepper cv. Goldenwonder.

Despite the difference reported in life history parameters, the intrinsic rate of increase observed for *Er. eremicus* developing in nymphs of *T. vaporariorum* feeding on tomato and sweet pepper was still greater than that of their host (Gonzalez et al., 2018). Good control of whitefly on sweet pepper may be possible because this is an extremely poor host plant for whitefly (both larvae and adult) but conditions for the parasite are rather good as the leaves are smooth and the wasp is hardly hampered by obstacles (van Lenteren et al., 1977). Although with smooth leaves, the margin of the nymph fits well with the leaf surface making it more difficult for the wasps to oviposit under the nymph (Headrick et al., 1996; De Barro et al., 2000; Cetintas and McAuslane, 2009). This information would be useful for development rearing strategies of whitefly parasitoids, and biological control of the species of whiteflies using *Eretmocerus*.

As a starting point for understanding how parasitoids respond as larvae to host quality constrains in a tomato sweet pepper mix cropping system, the results obtained in this study indicate that biological control of *T. vaporariorum* on tomato and sweet pepper might be possible under protected cultivation. In addition, these findings will aid scientific understanding of tritrophic interactions in nature and agricultural field systems under the scope of agroecological reconversion of conventional production systems based on the habitat diversification and agroecological pillar. The optimal function of agroecosystems



depends on the spatial-temporal designs that promote synergies between above and below ground key biodiversity components, which in turn determine the expression of ecological processes such as pest regulation, nutrient cycling and productivity.

BIBLIOGRAPHY

Aliaga, J. 2013. Presencia de *Trialeurodes variabilis* (Quaintance, 1900) y su parasitoide *Eretmocerus eremicus* Rose&Zolnerowich en cultivos de yuca *Manihot esculenta* Crantz en Supe - Barranca, Lima - Perú. Revista Peruana de Entomología, 47(1-2): 12-14. <https://www.revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/235>

Altieri, M.A., y C.I. Nicholls. 2007. Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación. Ecosistemas. 2007/1. http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=457&Id_Categoria=1&tipo=portada

Andrewartha, H.G., and L.C. Birch. 1954. The distribution and abundance of animals. University of Chicago Press, Chicago.

Bernal V., J.A. 2001. Untersuchung zum Einsatz natürlicher und synthetischer Insektizide und zur Parasitierung von *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) im Tomatenanbau in Panama. Dissertation schrift, Institut für Phytopathologie und Angewandte Zoologie der Justus-Liebig-Universität Giessen 136 p.

Byrne, D.N., T.S. Bellows, Jr., and M.P. Parrella. 1990. Whiteflies in agricultural systems. In: Gerling, D. (Ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, 227-261.

Carreiro, R. 1994. Análisis del complejo de enemigos naturales de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 89 p.

Cetintas, R., and H. McAuslane. 2009. Effectiveness of parasitoids of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton cultivars differing in leaf morphology. The Florida



©2020 Ciencia Agropecuaria es desarrollada en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, bajo una licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Para más información escribir a cienciaagropecuaria@idiap.gob.pa

- Entomologist 92(4): 538-547. Retrieved September 24, 2019, from <http://www.jstor.org/stable/25594574> (consultado 24 sep. 2019).
- Charnov, E.L. 1982. Theory of sex allocation. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- De Barro, P.J., P.J. Hart, and R. Morton. 2000. The biology of two *Eretmocerus* spp. (Haldeman) and three *Encarsia* spp. Foster and their potential as biological control agents of *Bemisia tabaci* biotype B in Australia. Entomol. Exp. Appl. 94: 93-102. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2000.00608.x>
- Ferguson G, O.L. 1994. Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae), en la península de Azuero, Panamá. Tesis de Maestría en Entomología. Universidad Nacional de Panamá. 98 p.
- Foltyn, S., and D. Gerling. 1985. The parasitoids of the aleyrodid *Bemisia tabaci* in Israel: development, host preference and discrimination of the aphelinid wasp *Eretmocerus mundus*. Entomol. Exp. Appl. 38: 255-260. <https://doi.org/10.1111/j.1570-7458.1985.tb03527.x>
- García-Guerrero, D.A., O. García-Martínez, S.N. Myartseva, L.A. Aguirre-Uribe, and G. Arcos-Cavazos. 2018. New Records of the Genus *Encarsia* Förster and Hosts at Veracruz, Mexico. Southwestern Entomologist 43(1): 273-275. <https://doi.org/10.3958/059.043.0102>
- Gerling, D. 1966. Studies with whitefly parasites of southern California II. *Eretmocerus californicus* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae). The Canadian Entomologist 98: 1316-1329. <https://doi.org/10.4039/Ent981316-12>
- Gerling, D., T. Orion, and Y. Delarea. 1990. *Eretmocerus*: Penetration and immature development: a novel approach to overcome host immunity. Archives of Insect Biochemistry and Physiology 13: 247-253. <https://www.tau.ac.il/lifesci/departments/zoology/members/gerling/documents/68.pdf>



- González D, G.I., J.A. Guerra, N. Villarreal, K. Adames, L. Araúz, y J. Núñez. 2009. Contribución al conocimiento de los parasitoides de la mosca blanca en Panamá. Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP). Notas de Investigación en Progreso Año 13 N° 2 marzo 2009. ISSN 0257-7127.
- González D., G.I., and J. Santamaría Guerra. 2015. Biological control: an integrated management alternative for *Trialeurodes vaporariorum* in Panama greenhouses. *Ciencia Agropecuaria* 22:68-109.
- González Dufau, G.I., J. Santamaría Guerra, K. Castrejón, I. Herrera, y A. Monzón. 2018. Parámetros demográficos de *Trialeurodes vaporariorum* (Hemiptera: Aleyrodidae) en los cultivos de papa y tomate. *Ciencia Agropecuaria* 28: 37-55. <http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/3>
- Greenberg, S.M., W.A. Jones, and T.X. Liu. 2002. Interactions among two species of *Eretmocerus* (Hymenoptera: Aphelinidae), two species of whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae), and tomato. *Environ. Entomol.* 31(2): 397-402. <https://doi.org/10.1603/0046-225X-31.2.397>
- Hanan, A., X.Z. He, M. Shakeel, and Q. Wang. 2010. Effect of food supply on reproductive potential of *Eretmocerus warrae* (Hymenoptera: Aphelinidae). *New Zealand Plant Protection* 63: 113-117. ISSN 1179-352X https://www.nhm.ac.uk/resources/research-curation/projects/chalcidoids/pdf_X/HananHeSh2010.pdf
- Headrick, D.H., T.H. Bellows, and T.M. Perring. 1996. Behaviours of female *Eretmocerus* sp. nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton, *Gossypium hirsutum*, (Malvaceae) and rockmelon, *Cucumis melo* (Cucurbitaceae). *Biological Control* 6: 64-75. <https://doi.org/10.1006/bcon.1996.0009>
- Heinz, K.M., and M. Parrella. 1998. Poinsettia (*Euphorbia pulcherrima* Willd Ex Koltz) cultivar-mediated differences in performance of five natural enemies of *Bemisia argentifolii*



- Bellows & Perring, n. sp. (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control* 4(4): 305-318. <https://doi.org/10.1006/bcon.1994.1039>
- Hooker, M.E., E.M. Barrows, and S.W. Ahmed. 1987. Adult longevity as affected by size, sex, and maintenance in isolation or groups in the parasite *Pediobus foveolatus* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 655-659. <https://doi.org/10.1093/aesa/80.5.655>
- Islam, K.S., and M.J.W. Copland. 1997. Host preference and progeny sex ratio in a solitary koinobiont mealybug endoparasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Girault), in response to its host stage. *Biocontrol Science and Technology* 7: 449-456. <https://doi.org/10.1080/09583159730857>
- King, B.H. 1989. Host-size dependent sex ratios among parasitoid wasps: does host growth matter? *Oecologia*. 78: 420-426. <https://doi.org/10.1007/BF00379119>
- Koppert Biological Systems. 2002. BEMIPAR *Eretmocerus mundus*: Control biológico de la mosca blanca *Bemisia tabaci* con el parasitoide *Eretmocerus mundus*. 9 p.
- León, T., and M.A. Altieri. 2010. Enseñanza, investigación y extensión en agroecología: la creación de un programa latinoamericano de agroecología. In: *Vertientes del pensamiento agroecológico: fundamentos y aplicaciones*. SOCLA, pp 11- 52.
- Myartseva, S.N., E. Ruíz-Cancino, J.M. Coronado-Blanco, and A.M. Corona-López. 2010. Especies de *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) que parasitan *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en Tamaulipas y Morelos, México, y descripción de una especie nueva. *Dugesiana* 17(2): 129-135. ISSN: 0065-1737. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=575/57531721003>
- Orr, D.B., and D.J. Boethel. 1986. Influence of plant antibiosis through four trophic levels. *Oecologia* 70: 242-249. <https://doi.org/10.1007/BF00379247>



- Perring, T.W., A.D. Cooper, and R.J. Rodriguez, C.A. Farrar, and T.S. Bellows, Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. *Science* 259: 74-77. DOI: [10.1126/science.8418497](https://doi.org/10.1126/science.8418497)
- Powell, D. A., and T. S. Bellows, Jr. 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environ. Entomol.* 21(2): 359-363. <https://doi.org/10.1093/ee/21.2.359>
- Qiu, B.L., P.J. De Barro, and S.X. Ren. 2005. Development, survivorship and reproduction of *Eretmocerus* sp. nr. *furushashii* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitizing *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) on glabrous and non-glabrous host plants. *Bulletin of Entomological Research.* 95(4):313-319. <https://doi.org/10.1079/ber2005362>
- Russell, L.M. 1962. The citrus blackfly. *FAO Plant Protection Bulletin* 10(2): 36-38. (whiteflies) 34.
- Shah, M.M.R., and T.X. Liu. 2013. Feeding experience of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) affects their performance on different host plants. *PLoS ONE* 8(10): e77368. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0077368>
- Sagarra, L.A., C. Vincent, and R.K. Stewart. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 91: 363-367. <https://doi.org/10.1079/ber2001121>
- Thomas, D.C., 1993. Host plant adaptation in the glasshouse whitefly. Wageningen Agricultural University. Ph.D. Thesis. 129 pp. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/200973>
- Vásquez, L.L., and E. Fernández. 2008. Manejo agroecológico de plagas y enfermedades en la agricultura urbana. Estudio de caso, ciudad de La Habana, Cuba. *Agroecología* 2: 21-31. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/12161>
- van Lenteren, J.C., and L.P.J.J. Noldus. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. In: Gerling, D. (Ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd., Andover, Hants, UK, pp. 47-89.



- van Lenteren, J.C., J. Woets, N. van der Poel, W. van Boxtel, S. van der Merendonk, R. van der Kamp, H. Nell, and L. Sevenster-van der Lelie. 1977. Biological control of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae) by *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae) in Holland, an example of successful applied ecological research. Meded. Fac. Landbouwwet. Rijksuniv. Gent 42: 1333-1342.
- van Huis, A., and M. de Rooy. 1998. The effect of leguminous plant species on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) and its egg parasitoid *Uscana lariophaga* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Bull. Entomol. Res. 88: 93-99.
- Vet, L.E.M., J.C. van Lenteren, and J. Woets. 1980. The parasite-host relationship between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). IX A review of the biological control of the greenhouse whitefly with suggestions for future research. Z. angew. Entomol. 90: 26-51.
- Visser, M.E. 1994. The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hymenoptera: Braconidae). Journal of Animal Ecology 63: 963-978. DOI: 10.2307/5273 <https://www.jstor.org/stable/5273>
- Waage, J. 1982. Sex ratio and population dynamics of natural enemies-some possible interactions. Annals of Applied Biology 101: 159-164.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá), CIA Chiriquí for supporting this research, and the anonymous reviewers for helpful comments.





VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecosistemas
e Agricultura Orgánica



Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe Buglé, Panamá

*Agroecological management of the coffee borer (*Hypothenemus hampei*) in Cerro Tula, Comarca Ngäbe Bugle, Panama*

GONZÁLEZ DUFAU Gladys I.¹, SANTAMARÍA GUERRA Julio¹,
TORRES Luis¹, SANTO Ulfredo¹, SANJUR Marco¹

¹ Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, ggdufau@gmail.com; juliosguerra@gmail.com; luistorres_73@hotmail.com; uspineda08@hotmail.com; marco.sanjur@idiap.gob.pa

Eje temático: Manejo de Agroecosistemas y Producción Orgánica

Resumen

Con el objetivo de evaluar técnicas y prácticas de manejo agroecológico de la broca del café (*H. hampei*) se estableció un estudio de caso en la comunidad de Cerro Tula en la Comarca Ngäbe-Buglé. Entre agosto de 2015 y diciembre de 2016 se muestrearon mensualmente dos parcelas: experimental y testigo; en la parcela experimental se acordó: a) colocar trampas de captura, b) eliminar granos brocados c) aplicar hongos entomopatógenos nativos, y d) eliminar granos de café después de la cosecha. La mayor cantidad de brocas capturadas ocurrió en los meses de abril y mayo con un 83 por ciento del total. La infestación por broca en la parcela experimental disminuyó de 15.68 a 3.19 por ciento en promedio de los meses de agosto a noviembre de 2015 y 2016, lo cual contrasta con el registro para la parcela testigo, que, en el mismo período, pasó de 15.60 a 14.26 por ciento ($p < 0.05$). El manejo agroecológico de la broca del café en este agro ecosistema, demostró un grado importante de efectividad.

Palabras clave: Agroecología; Agricultura familiar; transición agroecológica; Agricultura alternativa

Abstract

In order to evaluate techniques and practices of agroecological management of the coffee borer (*H. hampei*), a case study was established in the community of Cerro Tula in the Comarca Ngäbe-Buglé. Between august of 2015 and december of 2016 two plots were sampled monthly: experimental and witness; In the experimental plot it was agreed: a) to place trap traps, b) to remove bored grains c) to apply native entomopathogenic fungi, and d) to eliminate coffee beans after harvesting. The greatest number of trapped borer occurred in April and May with 83 percent of the total. The infestation by borer in the experimental plot decreased from 15.68 to 3.19 percent on average from August to November 2015 and 2016, which contrasts with the register for the control plot, which in the same period went from 15.60 to 14.26 percent ($p < 0.001$). The agroecological management of the coffee borer in this agroecosystem, showed an important degree of effectiveness.

Keywords: Agroecology; Family agriculture; Agroecological transition, Alternative Agriculture

Introducción

El cultivo de café inicia en 1960 en la Comarca Ngäbe-Buglé (CNB), a partir de la incorporación de la población indígena como mano de obra asalariada en las plantaciones cafetaleras y al retornar a sus comunidades llevaron semillas para iniciar sus propias



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO
12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas
e Agricultura Orgânica



“siembras” (Bonilla y Miranda, 1994). La plaga insectil más importante del cultivo, la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari), fue reportada en Panamá en 2005, procedente de Costa Rica (Castillo *et al.*, 2013), y en la actualidad está presente en la mayoría de las áreas cafetaleras del país. En la CNB Palacios *et al* (2014) reportaron la presencia de la broca desde el 2013 como una de las plagas que afectan el cultivo del café, el cual se realiza sin la utilización de insumos químicos sintéticos. Según los estudios del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (2011), en la CNB 383 familias son caficultoras, con un núcleo familiar compuesto de 8 personas, poseen en promedio 16.12 hectáreas de tierra, de los cuales dedican 4.96 a cultivos y el resto a otras actividades como la ganadería y bosque de protección. La superficie del cultivo de café es en promedio de 2.38 ha⁻¹ con un rango de 0.25 a 5.5 ha⁻¹. La producción promedio de café en pergamino seco por productor es de 104 kg de grano oro y un rango de 8 a 464 kg, que es un rendimiento bajo. El 91% de los productores no usa fertilizantes y el 96% no usa plaguicidas. La mayor parte de la producción (65%) se destina al autoconsumo, y se registra la venta al mercado nacional e internacional de café comercializado como café orgánico. La actividad es de gran importancia para la economía familiar, especialmente para realizar y apropiarse de una mayor porción de los Resultados de su esfuerzo productivo. Para mejorar los beneficios familiares de esta actividad se requiere aumentar la productividad, sin aumentar el uso de insumos externos, manteniendo la producción orgánica para lo cual se requiere incorporar alternativas agroecológicas que contribuyan a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura (Santamaría-Guerra y González, 2017). Se ha registrado infestación de broca del café en cafetales hasta de 29 %, con una tendencia a incrementarse si no se toman las medidas apropiadas (Palacios *et al.*, 2014). Una alternativa innovadora a la problemática planteada es el Manejo Agroecológico de Plagas (MAP) que consiste en la adopción por el caficultor de prácticas agronómicas (suelo y cultivo), conservación de enemigos naturales y lucha biológica por aumento de entomopatógenos y entomófagos. El MAP busca influenciar las relaciones evolutivas, manejando tanto el cultivo como el agro ecosistema, que es donde están las causas principales por las cuales organismos de la microbiota y de la artropofauna alcanzan la categoría de plagas, dejando de lado el viejo enfoque reduccionista de “controlar” la plaga y “proteger” el cultivo (Vázquez, 2005).

El presente reporte comparte Resultados obtenidos en la localidad de Cerro Tula, en la cual se evalúan alternativas de manejo con enfoque agroecológico, consensuadas con el productor, reconociendo su experiencia y saber tradicional e incorporando experiencias regionales y nacionales que han mostrado efectividad en pequeñas explotaciones,



como lo son las trampas de captura, uso de hongos entomopatógenos nativos, y la eliminación manual de frutos brocados (Guharay *et al* 2000). El estudio continúa hasta el 2019 y se propone diseñar, implementar y evaluar de manera participativa técnicas y prácticas de manejo agroecológico de la broca del café (*H. hampei*) en sistemas de producción de la agricultura familiar Ngäbe Buglé.

Metodología

A partir de la caracterización de los sistemas de producción que incluyen el cultivo de café en la CNB (Palacio *et al.*, 2014), se seleccionó la finca Cerro Tula ubicada a 546 msnm, con afectación por las principales plagas que afectan el cultivo de café. Durante el periodo comprendido entre agosto de 2015 a diciembre de 2016 se establecieron y muestrearon mensualmente dos parcelas comparables experimentalmente, separadas por una barrera natural de la finca del productor José Gallardo: una con manejo ecológico y superficie de 5674.5 m² y otra sin manejo, utilizada como testigo de 4046 m², donde no se realizaron labores de control de broca.

Las parcelas se dividieron en 4 transectos o sitios de aproximadamente 1200 m² en cada uno. En cada sitio se muestrearon 5 árboles y se evaluaron 20 frutos en el área productiva de cada planta, para un total de 20 árboles y 400 granos en 0.5 hectárea. Se calculó el porcentaje infestación de broca, según Metodología de Barrera *et al* (1993), Guharay (2000), Bustillo (2006) y ANACAFE (2015). Se utilizó la prueba Kruskal-Wallis con el programa estadístico R (2013), para comparar los porcentajes de infestación en los periodos de agosto a diciembre en dos años sucesivos (2015 – 2016).

Las prácticas consensuadas con el productor fueron:

a) **trampas de captura:** Las trampas de captura elaboradas de manera artesanal (Barrera *et al.*, 2006), se instalaron en abril del 2016, en los transectos, en árboles de café escogidos al azar, a una distancia entre sí de 25 metros para un total de tres trampas por sitio y 10 para media hectárea, a una altura de 1.5 metros. Se revisaron, contando la cantidad de adultos de broca colectados cada diez días, y cada 20 días se repuso el alcohol atrayente metanol:etanol en proporción 3:1 (Guharay 2000, Bustillo 2006, Queme 2012);

b) **eliminar los granos brocados mediante colecta manual.** Esta práctica se inició a partir de la afectación de los granos por la broca hasta el final de la cosecha (julio 2016 – diciembre 2016).



c) **aplicar hongos entomopatógenos nativos:** Los aislados de hongos entomopatógenos nativos DBb1400 y RSIj06 pertenecientes a los géneros *Beauveria* e *Isaria* respectivamente, se colectaron en el año 2015, de brocas infectadas naturalmente procedentes de la parcela experimental, estos fueron aislados, identificados y posteriormente reproducidos a partir de aislamientos puros en el laboratorio de Agentes Biocontroladores del IDIAP utilizando arroz como sustrato de crecimiento (Monzón, 2001); se hicieron dos aplicaciones en septiembre y octubre de 2016, a la concentración de 1×10^9 .

d) **eliminación de los granos café después de la cosecha:** En enero de 2016, se inició la colecta después de cosecha de los granos de café de los árboles y en el suelo.

Resultados y Discusión

El uso de la trampa registró una importante cantidad de brocas capturadas (5135) entre abril y diciembre de 2016 siendo los meses de abril-junio el periodo de mayor captura, registrándose el 83 por ciento del total de brocas capturadas (Figura 1). Corroborándose esta herramienta, como un medio importante para la determinación de la dinámica de vuelo de la broca y disminución de la infestación (Bustillo, 2006).

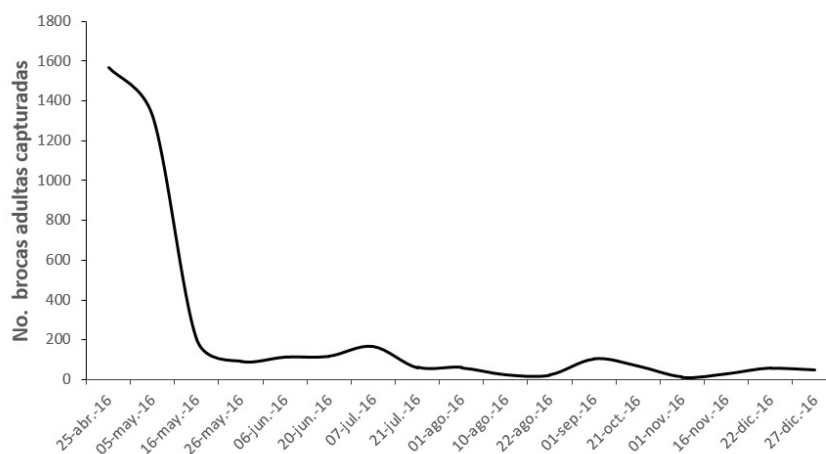


Figura 1. Número de brocas capturadas en trampas artesanales.

Considerando que el rango de postura de huevos de cada hembra es de 10 a 120 huevos (Guharay *et al.*, 2000), la captura de brocas en trampas redujo el potencial de producir una población alta de si estas no se hubieran removido y se mantuvieran en el campo. Reportes similares de reducción por trampeo han sido publicados por otros autores (Queme, 2013). Por otra parte, Bustillo (2005), indica que frutos en el suelo causan mayores posibilidades de sobrevivencia de la broca, mientras que su eliminación disminuye la disponibilidad de alimento y refugio del insecto.



Después de las aplicaciones de hongos entomopatógenos, se obtuvieron promedios de 29.15 y 32.4 por ciento de granos micelados con los aislados DBb1400 y RSIj06 respectivamente; lo cual confirma el potencial del uso de estos enemigos naturalmente presentes en los sistemas productivos de la CNB, como táctica de manejo agroecológico, luego de su multiplicación en laboratorio y reintroducción a su ambiente nativo, ya que las condiciones de microclima y biodiversidad funcional del ecosistema le fueron favorables.

La infestación por broca mostró disminuciones importantes, en la parcela experimental de Cerro Tula, donde disminuyó de 15.66 por ciento en promedio de los meses de agosto a diciembre de 2015, a 3.26 por ciento en promedio para el mismo periodo del 2016, lo cual contrasta con el registro para la parcela testigo que, en el mismo período, pasó de 15.52 a 13.49 por ciento. El análisis de comparación de medias muestra diferencias significativas ($p < 0.05$) en los promedios de la parcela experimental (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resumen de los porcentajes de infestación por broca del café en Cerro Tula.

Finca	Parcela	Área sembrada (m ²)	Altura (m.s.n.m.)	% infestación promedio ago-dic 2015	% infestación promedio ago-dic 2016
Cerro Tula	Experimental	5674.5	546	15.66 a	3.26 b
Cerro Tula	Testigo	4046	546	15.52 a	13.49 a

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

En la parcela experimental se consiguió disminuir los niveles de infestación y mantenerlos por debajo del 5 por ciento (Figura 2), lo cual en parcelas relativamente pequeñas (como las existentes en la CNB) es significativo para reducir los daños de la plaga y su afectación a los rendimientos e ingresos de los productores (Gurahay *et al.*, 2000) por el efecto combinado de las prácticas implementadas.

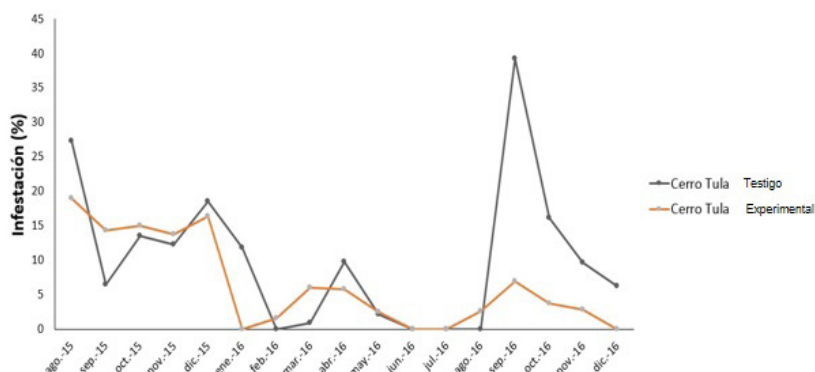


Figura 2. Porcentaje de infestación de broca por mes en parcelas de Cerro Tula, CNB.

Conclusiones y recomendaciones

El manejo de la broca mediante la integración de tácticas ecológicas (captura de adultos de *H. hampei* con trampas artesanales con la mezcla de alcoholes metanol:etanol en proporción 3:1 como atrayente; colecta de granos poscosecha, eliminación de granos brocados y aplicación de hongos entomopatógenos nativos) ha demostrado un grado importante de efectividad en la disminución de la infestación de la broca del café en el periodo evaluado.

Los hongos entomopatógenos nativos *Beauveria* e *Isaria* son enemigos naturalmente presentes a los sistemas productivos de la CNB y deben ser tomado en cuenta en programas de manejo agroecológico de la broca del café.

Agradecimiento

Al señor José Gallardo, propietario de la parcela Cerro Tula por la colaboración prestada en la ejecución de la actividad y por su participación entusiasta en las actividades de investigación y difusión.

Referencias Bibliográficas

ANACAFE, 2015. **Muestreo oportuno del café.** www.anacafe.org. Consultado abril 2015.

BARRERA, J.F.; INFANTE, F.; GÓMEZ, J.; CASTILLO, A.; DE LA ROSA, W. **Guía práctica: umbrales económicos para el control de la broca del café.** Centro de Investigaciones Ecológicas del Sureste. Tapachula-Chiapas, México. 54 p. 1993.



BARRERA, J. F.; HERRERA, J.; VILLACORTA, A.; GARCÍA, H.; CRUZ, L. **Trampas de metanol-etanol para detección, monitoreo y control de la broca del café** *Hypothenemus hampei*. Simposio sobre trampas y atrayentes en detección, monitoreo y control de plagas de importancia económica, Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Manzanillo, Colima, México, 2006, pp. 71-83.

BONILLA, A.; MIRANDA, A. **Caracterización de la Producción de Café en Boquete Y Renacimiento Provincia de Chiriquí**. Panamá. Programa Nacional de Café, Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA), Nivel Central. 60 p. 1994.

BUSTILLO PARDEY, A. E. **El papel del control biológico en el manejo integrado de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)**. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 29 (110): 55-68, 2005. ISSN: 0370-3908

_____. Una revisión sobre la broca del café, *Hypothenemus hampei*

(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en Colombia. Revista Colombiana de Entomología 32(2): 101-116. 2006.

CASTILLO, S.; BERNAL, J.; LEZCANO, J.; PIEPENBRING, M.; CÁCERES, O. **Hongos entomopatógenos asociados a insectos recolectados en plantaciones de café en el oeste de Panamá**. Tecnociencia vol. 15 (2): 29-39). 2013.

GUHARAY, F.; MONTERREY, J.; MONTERROSO, D.; STAVAR, C. **Manejo Integrado de Plagas en el cultivo de Café**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Serie Técnica. Manual Técnico No.44. Managua, Nicaragua. 272 p. 2000.

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ. **Plan General de Generación y Transferencia de Tecnología para la sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe-Buglé**. 39 p. 2011.

MIRANDA, A. **Caracterización de la Producción de Café en la Provincia de Chiriquí**, Ministerio de Desarrollo Agropecuario, Chiriquí, R1. 40 p. 2004.

MONZÓN, A. **Producción, uso y control de calidad de hongos entomopatógenos en Nicaragua**. Manejo Integrado de Plagas. Costa Rica. N°63: 95-103. 2001.



VI CONGRESSO LATINO-AMERICANO
X CONGRESSO BRASILEIRO
V SEMINÁRIO DO DF E ENTORNO

12-15 SETEMBRO 2017
BRASÍLIA- DF, BRASIL

Tema Gerador 9

Manejo de Agroecossistemas
e Agricultura Orgânica



PALACIO, E.; SANTAMARÍA GUERRA, J.; TORRES, L.; SÁNCHEZ, E.; GONZÁLEZ D., G.I. 2014. **Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del cultivo de café (Coffea arabica y Coffea canephora) en la Comarca Ngäbe Buglè.** Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. Memoria 2014, Informe Técnico Anual. Disco compacto, 8mm.

QUEME, J.P. **Control etológico de la broca (Hypothenemus hampei; Scolytinae) del café, Universidad San Rafael, Colomba Costa Cuca, Quetzaltenango 2010-2011.**

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing.** R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>. 2013.

SANTAMARIA-GUERRA, J.; GONZALEZ D., G.I. **The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. Agroecology and Sustainable Food Systems.** 41:3-4, 349-365, 2017. DOI: 1080/21683565.2017.1286281.

VÁSQUEZ, L.L. **Experiencia Cubana en el Manejo Agroecológico de Plagas en Cafeto y Avances en la Broca del Café.** Simposio sobre Situación Actual y Perspectivas de la Investigación y Manejo de la Broca del Café en Costa Rica, Cuba, Guatemala y México. J.F. Barrera (ed.). Sociedad Mexicana de Entomología y El Colegio de la Frontera Sur Tapachula Chiapas, México, 2005, p. 46-57. ISBN 970-9712-17-9.

Anexo 9

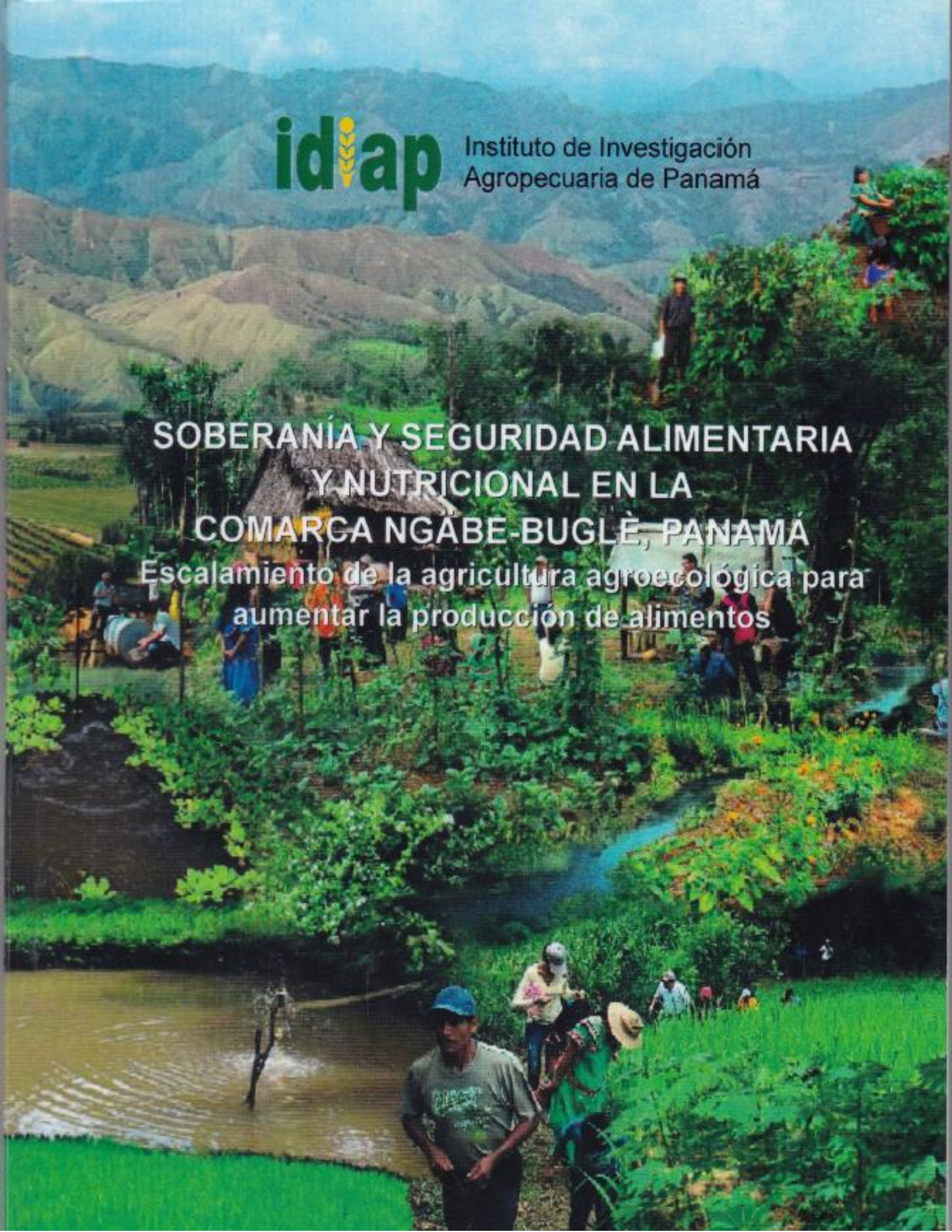
**SOBERANIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ,
PANAMÁ: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de
alimentos.**



Instituto de Investigación
Agropecuaria de Panamá

SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGABE-BUGLÉ, PANAMÁ

Escalamiento de la agricultura agroecológica para
aumentar la producción de alimentos





INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA DE PANAMÁ



**SOBERANÍA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ,
PANAMÁ**

Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos

**Gladys I. González Dufau
Julio Santamaría Guerra
Jairo Rojas Meza**

Panamá, agosto de 2019

Citación

González Dufau, G.I., Santamaría Guerra J., Rojas Meza J. SOBERANIA Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ: Escalamiento de la agricultura agroecológica para aumentar la producción de alimentos

G.I. González Dufau [et al]

Panamá: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá, 2019

41p; 15 cm

ISSBN 978-9962-677-47-5

1. Investigación agroecológica

2. Estrategia participativa

2. Título

3. Innovación agroecológica

Organizaciones que auspician la publicación:

Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP)

Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT)

Impreso en: Diseño e impresiones

Panamá, 2019

Tiraje: 500 ejemplares

El contenido de este libro es responsabilidad exclusiva de los autores.

Contenido

PRESENTACIÓN	4
INTRODUCCIÓN	5
CONCEPTOS, CATEGORÍAS Y ENFOQUES	6
PARA EL ABORDAJE DE LA SSAN	6
Relación entre agroecología y SSAN	10
Factores críticos que facilitan u obstaculizan.....	11
SITUACIÓN DE LA SSAN EN PANAMÁ	12
Evolución y perspectivas	14
Marco normativo	14
Planes, programas y proyectos	16
ESTRATEGIA PARA LA SSAN DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ	19
Problemática	22
Resultados de Investigación Agroecológica Participativa	24
Elementos Claves de la Estrategia	30
CONCLUSIONES	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

Abreviaturas y acrónimos

CGNB-Congreso General Ngäbe-Buglé
CIP-Comité Internacional para la Planificación de las ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria
CMA-Cumbre Mundial de la Alimentación
CNB-Comarca Ngäbe Buglé
DHA-Derecho Humano a la Alimentación
FAO-Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación
FIDA-Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola
FIS- Fondo de Inversión Social
FNUDC- Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización
IDIAP- Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá
IGNTG-Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”
IMA-Instituto de Mercadeo Agropecuario
INCAP-Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá
INEC- Instituto Nacional de Estadística y Censo
MEDUCA-Ministerio de Educación
MIAMBIENTE-Ministerio del Ambiente
MIDA-Ministerio de Desarrollo Agropecuario
MIDES-Ministerio de Desarrollo Social
MINSAL-Ministerio de Salud
OPS-Organización Panamericana de la Salud
OCDE-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico
PESA-Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica
PNB- Proyecto Ngäbe Buglé
PRONAN-Programa Nacional de Alimentación y Nutrición
SENACYT-Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación
SENAPAN-Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan-Alimentario Nacional
SOCLA-Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología
UNA-Universidad Agraria de Nicaragua
UNICEF-Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia

PRESENTACIÓN

La solución de problemas complejos demanda nuevos modos de intervención para comprender y transformar la realidad. El éxito y sostenibilidad de una estrategia de intervención para la Soberanía y Seguridad Alimentaria y Nutricional (SSAN), requiere de coherencia interna y correspondencia con las necesidades, demandas y aspiraciones de los pobladores del territorio, entendido este como resultado de la construcción social entre actores del desarrollo.

El presente trabajo es un esfuerzo institucional de contextualizar la problemática del SSAN y la contribución de la innovación agroecológica en la Comarca Ngäbe Buglé (CNB), como parte de la experiencia de intervención del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), en los últimos 10 años. Un espacio importante para la reflexión sobre esta temática lo constituyeron las actividades académicas en el marco del Doctorado en Agroecología que ofrece la Universidad Agraria de Nicaragua (UNA) en conjunto con la Universidad de Berkeley, USA y la Sociedad Científica latinoamericana de Agroecología (SOCLA).

En un esfuerzo de síntesis crítica, los autores pasan revista a los conceptos y pilares de la SSAN, a su situación actual en la región, en Panamá y en la CNB y proponen una estrategia para concertar desde abajo, un conjunto de acciones para mejorar la disponibilidad de alimentos aprovechando las experiencias de innovación agroecológica participativa desarrolladas por los equipos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) liderados por el núcleo de investigación agroecológica del IDIAP en la CNB.

Se aborda el tema de investigación como parte de las acciones estratégicas para la SSAN, para lo cual se requiere un esfuerzo negociado de organización de los actores que actúan en el territorio, a través de un conjunto de líneas de investigación como base para la negociación, entre las que se destacan: Prospección de la biodiversidad asociada a los agroecosistemas; Diseño, evaluación de sistemas agroecológicos integrales; Estudios básicos y eco ambientales de los servicios eco sistémicos y funciones ecológicas, entre otras. Es oportuno indicar que estas líneas de investigación son consistentes con las enunciadas en el Plan Estratégico Institucional del IDIAP 2017-2030.

Confiamos en que este esfuerzo, que se realiza en el marco del Proyecto Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático, cofinanciado por la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACyT), contribuya al escalamiento de la agroecología como una alternativa validada para avanzar en el logro de los objetivos de SSAN en beneficio del pueblo Ngäbe Buglé.

INTRODUCCIÓN

El presente documento explicita los principales conceptos y categorías utilizadas, describe los enfoques utilizados para su abordaje, así como sus pilares y factores claves que facilitan u obstaculizan su operacionalización. Como propuesta metodológica para la formulación de estrategias y políticas públicas para la SSAN se propone la aplicación complementaria de los enfoques de Desarrollo Territorial (DT) y de Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación (GICI), para incorporar a los actores locales, reconociendo su experiencia y saberes ancestrales para su reproducción social y en su relación con la naturaleza.

Por otra parte, se fundamenta la agroecología como ciencia y práctica socio productiva como la opción para diseñar de manera participativa sistemas de producción cuyo objetivo fundamental es la obtención de alimentos de máxima calidad nutritiva y sensorial, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra y la diversidad genética, mediante la utilización óptima de recursos renovables y sin el empleo de productos químicos sintéticos.

Seguidamente, de manera sucinta, se presenta la situación de la SSAN en el mundo, en América Latina y se describe el marco normativo (legal e institucional) las políticas, programas y proyectos para la SAN en Panamá. Según la FAO (2018, p. 2), de manera general tanto para África como para América Latina, en los últimos años, en términos regionales se registra un deterioro de los indicadores de seguridad alimentaria y un “aumento del hambre mundial en los últimos años, después de un período de disminución prolongado. Se estima que 821 millones de personas — aproximadamente, una de cada nueve personas en todo el mundo— están subalimentadas”.

A continuación, en un esfuerzo por aplicar el enfoque de desarrollo territorial en materia de SSAN, se contextualizan las variables geográficas, demográficas y socio económicas que caracterizan a la Región Occidental del país, a la CNB y a la Región Nedrini de la CNB y se describe la situación actual de la SAN en la CNB con énfasis en la problemática de la disponibilidad y acceso a los alimentos y la posibilidad de incrementar ambos componentes.

Con vastos recursos naturales, aunque limitados por la calidad de sus suelos, la orografía extrema, falta de vías de comunicación y excluidos de los principales procesos socio económicos, el pueblo originario Ngäbe Buglé muestra los peores indicadores de salud y SAN (disponibilidad, acceso y uso biológico) cuando se compara con el resto del país.

Se comparten los resultados de investigación agroecológica participativa desarrollado por el núcleo de investigación agroecológica del IDIAP en la CNB, en particular del proyecto Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático y se proponen acciones estratégicas territoriales en los componentes de la SSAN que contribuyan crear las condiciones para que se cumpla la premisa de que “todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias

y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica [PESA], 2011).

Guiados por la hipótesis de trabajo de que el éxito y sostenibilidad de una estrategia de intervención para la SSAN requiere de coherencia (consistencia interna) y correspondencia con las necesidades, demandas y aspiraciones de los pobladores del territorio, entendido como una construcción social entre actores del desarrollo, se delinear los elementos de la propuesta estratégica y las líneas y temas de investigación, y se enuncian las posibles contribuciones de la agroecología a la SSAN en la CNB bajo el marco conceptual y el modo de innovación (modo de interpretación e intervención para comprender y transformar la realidad) transdisciplinario, intercultural, contextual y agroecológico, que ofrece guías para la negociación de la propuesta, su implementación, seguimiento y evaluación de manera participativa (De Souza et al., 2005; Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico/Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización[FAO/OCDE/FNUDC], 2016; Rojas Meza, 2007)

Finalmente, con base a los desafíos derivados de la problemática de la SSAN en la CNB, se presentan líneas de investigación que sirvan de base de negociación con los actores de la innovación agroecológica participativa con la promesa de contribuir al incremento de la productividad, de la disponibilidad de alimentos, y mejorar la resiliencia socio ecológica de sus sistemas de producción (Sribires) y en general para incrementar la sostenibilidad de los modos de vida y la soberanía y seguridad alimentaria de las familias Ngäbe Buglé.

CONCEPTOS, CATEGORÍAS Y ENFOQUES

PARA EL ABORDAJE DE LA SSAN

La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) históricamente ha sido abordada desde diferentes perspectivas conceptuales y metodológicas, resultando en la actualidad en un concepto complejo, multidimensional y multifactorial, que incorpora los aportes de diferentes autores, actores y especialmente los resultados de los llamados “consensos” acordados bajo la tutela de organismos internacionales del sistema de las Naciones Unidas, y del sistema financiero internacional.

Las primeras aproximaciones a lo que conocemos hoy como SAN surgen de la Conferencia Mundial de la Alimentación en 1974 y las motivaciones instrumentales para resolver la crisis de producción y abastecimiento de alimentos que se expresaban en las hambrunas focalizadas en algunos países de la periferia del sistema de dominación colonial y neocolonial. En ese marco se acordaron medidas para “garantizar” de manera segura, a nivel global y nacional (de los países), los suministros de alimentos de acuerdo con el consumo *per capita*. Las crisis de inseguridad alimentaria se atribuían a fenómenos naturales, climáticos y demográficos. (López-Giraldo y Franco-Giraldo, 2015; Rivera Ferre y Soler Montiel, s.f.).

Para inicios de los 80 estaba claro que la SAN no dependía solamente de disponibilidad, sino que el poder adquisitivo diferenciado de las personas determinaba el acceso a los alimentos “disponibles”. Por otra parte, barreras físicas, culturales, de género impedían o mediatizaban los esfuerzos por atender las necesidades alimentarias de las poblaciones, en especial de las que se encontraban en condiciones de vulnerabilidad. La inseguridad alimentaria paso a mirarse como un asunto social y económico, superando el enfoque prevaleciente de entenderla como fenómeno natural y demográfico.

A finales del siglo pasado, en la medida de que la globalización neoliberal se fortalece con el fin del bipolarismo, producto de la disolución de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y del campo socialista europeo, surge en el seno del movimiento campesino contestatario, la reivindicación de la Soberanía Alimentaria (SA) y entre sectores de la sociedad civil, particularmente las Organizaciones No Gubernamentales la exigencia de reconocer el Derecho Humano a la Alimentación (DHA). En respuesta a estas presiones, los sectores hegemónicos optan por la cooptación de estas propuestas (sin su significado original), incorporándolas en la definición de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) bajo el enfoque de “política pública”.

Un aspecto importante que surge de la intención de mirar de manera integral los determinantes de la SAN es la seguridad de alimentos (Food Safety) que en algunos países constituye su enfoque normativo principal y que se incorpora en su definición consensuada como inocuidad y/o utilización biológica.

A continuación, veremos las definiciones generalmente aceptadas, que refleja la evolución de los conceptos Seguridad Alimentaria y Nutricional y Soberanía Alimentaria.

Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN)

Según el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP, 2012, p. 2), la Seguridad Alimentaria Nutricional:

es un estado en el cual todas las personas gozan, en forma oportuna y permanente, de acceso físico, económico y social a los alimentos que necesitan, en cantidad y calidad, para su adecuado consumo y utilización biológica, garantizándoles un estado de bienestar general que coadyuve al logro de su desarrollo.

Por otra parte, según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), desde la Cumbre Mundial de la Alimentación (CMA) de 1996, la SAN “a nivel de individuo, hogar, nación y global, se consigue cuando todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficiente alimento, seguro y nutritivo, para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias, con el objeto de llevar una vida activa y sana” (PESA , 2011).

Soberanía Alimentaria

El concepto de soberanía alimentaria fue formulado por La Vía Campesina (Movimiento

Campeño Internacional) y se llevó a debate público durante la Cumbre mundial sobre la alimentación en 1996. Desde entonces ha sido adoptado por una amplia variedad de organizaciones de la sociedad civil en todo el mundo.

Según Rivera Ferre y Soler Montiel, (s.f., p 7), la soberanía alimentaria fue definida en el Forum de ONG/OSC para la soberanía alimentaria celebrado en Roma en el 2002 con el asesoramiento y mediación del Comité Internacional de Planificación de las ONG/OSC para la Soberanía Alimentaria (CIP) como:

el derecho de los pueblos, comunidades y países a definir sus propias políticas agrícolas, laborales, pesqueras, alimentarias y de tierra de forma que sean ecológica, social, económica y culturalmente apropiadas a sus circunstancias únicas. Esto incluye el verdadero derecho a la alimentación y a la producción de alimentos, lo que significa que todos los pueblos tienen el derecho a una alimentación inocua, nutritiva y culturalmente apropiada, y a los recursos para la producción de alimentos y a la capacidad para mantenerse a sí mismos y a sus sociedades.

Pilares de la SAN

Como se ha indicado, la definición de la SAN incluye múltiples factores o determinantes que pueden verse como sus pilares o componentes principales. Estos son la disponibilidad, la estabilidad, el acceso, y la utilización biológica de alimentos a nivel local o nacional (Rojas Meza, 2018).

Disponibilidad: Suficiente cantidad de alimentos, a su vez compuesto por los elementos: producción, distribución e intercambio, las importaciones, el almacenamiento y la ayuda alimentaria (donaciones).

Estabilidad: Se refiere a la disponibilidad en todo momento y al acceso permanente de alimentos en cantidad y calidad. Es decir, se trata de mejorar los indicadores de SAN y garantizar su persistencia en el tiempo.

Acceso: Ocurre cuando las personas tienen los ingresos y los recursos productivos necesarios para acceder a los alimentos. La falta de acceso es frecuentemente la causa de la inseguridad alimentaria, y puede tener un origen físico (cantidad insuficiente de alimentos debido a varios factores, como son el aislamiento de la población, la falta de infraestructuras, entre otros) o económico (ausencia de recursos financieros para comprarlos debido a los elevados precios o a los bajos ingresos).

Utilización biológica: Es la capacidad de la persona para consumir y beneficiarse de la ingesta de alimentos. Compuesta por el valor nutricional, social, cultural y seguridad de alimentos (Food Safety). La utilización biológica está relacionada con el estado nutricional, como resultado del uso individual de los alimentos (ingestión, absorción y utilización).

Desarrollo territorial (DT) y políticas públicas

De acuerdo con Santamaría Guerra (2007, p. 1):

el desarrollo territorial concebido como la transformación productiva e institucional en un espacio geográfico, histórico y cultural, construido socialmente por actores individuales y colectivos, orientado al logro de objetivos negociados, requiere de modos de interpretación y teorías de acción inspirados en imágenes, conceptos, y enfoques sistémicos. Esto significa considerar el “lado blando” del desarrollo territorial, comprender su naturaleza compleja e interactiva, aceptar la innovación productiva e institucional como el resultado del aprendizaje social y entender la competitividad y sostenibilidad ambiental como propiedades emergentes de los sistemas de actividad humana y por lo tanto el resultado de negociaciones, acuerdos, aprendizaje, resolución de conflictos y acciones colectivas.

Por otra parte, organismos internacionales (FAO/OCDE/FNUDC, 2016, p.5) indican que:

las políticas actuales de SAN están caracterizadas por un enfoque sectorial, “top-down” y uniforme que no ha sido capaz de proporcionar una solución de largo plazo a los problemas de seguridad alimentaria. La naturaleza regional y las especificidades ligadas al contexto han sido ignoradas. Se requiere un nuevo paradigma para la formulación de políticas de SAN que sea multisectorial, “bottom-up” y que tome en cuenta las especificidades territoriales. Ello se puede realizar a través de un enfoque territorial a las políticas de SAN.

En este escrito entendemos el territorio como producto de la construcción social de los actores interesados en el desarrollo territorial, mediado por condicionantes históricos, culturales y estructurales, que determinan su visión de futuro, los límites del territorio, sus interacciones internas y con otros territorios con los cuales comparten recursos hidrográficos y la biodiversidad. Es en ese sentido que encaja la afirmación de Mançano Fernández (2016, p.7) cuando indica que:

Los sujetos producen sus propios territorios, y la destrucción de estos significa el final de aquellos; el despojo destruye sujetos, identidades, grupos y clases sociales. Sujetos, grupos y clases sociales no existen sin sus territorios; ese es el sentido último de la lucha por la tierra de campesinos y pueblos indígenas.

En cuanto a la operatividad del DT, siguiendo a Echeverri (2018), la aplicación del enfoque territorial requiere de cuatro elementos: 1. Delimitación geográfica; 2. Ordenamiento en competencias y recursos; 3. Articulación de políticas; y 4. Negociación de los actores del territorio para producir un Pacto Político Territorial o un Plan Estratégico Territorial.

Generación, apropiación y aplicación de conocimiento científico

En el más amplio sentido, el proceso de generación de conocimiento científico guarda relación con la lógica y el diseño del proceso de indagación. Mientras que la lógica de investigación refleja los compromisos del investigador con principios filosóficos básicos referidos la ontología, epistemología y axiología, el diseño de la indagación científica está ética y políticamente ligada a

la metodología del proceso, específicamente a la selección de los métodos y técnicas que utiliza (Santamaría Guerra, 2003).

Superar situaciones problemáticas complejas bajo el mismo modo de innovación que las generaron, es prácticamente imposible. Esto nos lleva a considerar la relevancia actual de los marcos filosóficos y conceptuales del paradigma tecnológico del industrialismo, bajo la hegemonía positivista, como guías confiables para orientar la generación y difusión del conocimiento científico. De acuerdo con Sarandón (2018), “la investigación “convencional” parece tener serias limitaciones para desarrollar y validar tecnologías ecológicamente apropiadas y socialmente inclusivas, es decir para abordar la complejidad ambiental”. Por tanto, se requiere reconceptualizar el desarrollo con diferentes enfoques y metodologías que incluyan la actuación concertada en el territorio y la innovación agroecológica participativa para reducir el hambre, facilitar el desarrollo inclusivo, y contribuir a la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura y la ganadería (Santamaría Guerra, 2015; Santamaría Guerra y González Dufau, 2017).

El modo de innovación del núcleo de agroecología del IDIAP en la CNB se fundamenta en la Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación (GICI) que se inspira en el Modo Contextual de Generación y Apropriación del Conocimiento para la Innovación, según el cual, innovaciones importantes emergen de procesos de interacción social, mediante los cuales el conocimiento socialmente relevante es generado en el contexto de su aplicación e implicaciones dentro de espacios democráticos (ágoras) donde interactúan talentos externos y locales (Álvarez et al. 2005; Santamaría Guerra 2003, 2004, 2005).

Según Pérez Guardia et al. (2004, p.6), la GICI consiste en:

la articulación coherente de los procesos de generación y apropiación del conocimiento socialmente relevante para la innovación, en sus diferentes dimensiones (social, económica, ambiental, política e institucional) en el contexto de su aplicación e implicaciones (local, nacional) y en correspondencia con los eventos, procesos y arreglos institucionales emergentes en el plano regional y global.

En la práctica de investigación e innovación, la GICI implica la integración de equipos multisectoriales, interinstitucionales e interdisciplinarios con actuación transdisciplinaria, es decir bajo un marco orientador compartido, que negocian preguntas relevantes para la investigación e innovación, participan, actúan y reflexionan colectivamente para obtener respuestas de manera sistemática. Las preguntas relevantes originan líneas entendidas como “un eje ordenador que le da direccionalidad al desarrollo teórico, práctico y metodológico de los problemas inherentes a un área” (Anzola de Parra y Jiménez Ortiz, 2010).

Relación entre Agroecología y SSAN

Una de las alternativas para enfrentar el desafío de reducir el hambre y la pobreza en el mundo rural es la agricultura agroecológica, como un sistema de producción cuyo objetivo fundamental

es la obtención de alimentos de máxima calidad nutritiva y sensorial, respetando el medio ambiente y conservando la fertilidad de la tierra y la diversidad genética, mediante la utilización óptima de recursos renovables y sin el empleo de productos químicos sintéticos.

Resultados de investigaciones muestran que las pequeñas explotaciones familiares ecológicas son tan productivas como las explotaciones campesinas convencionales, e incluso algunas estimaciones sugieren que la producción global de alimentos podría incrementarse más del 50 por ciento con agricultura ecológica (Altieri y Toledo, 2011).

Con la integración de principios agroecológicos se disminuye la dependencia de insumos externos al sistema, que la hace vulnerable a los impactos del cambio climático, al disminuir su sostenibilidad y resiliencia. La resiliencia es un concepto que articula tres tipos de soberanía; la alimentaria, energética y la tecnológica, en el marco de una estrategia de innovación agroecológica (Altieri y Nicholls, 2011).

La agroecología juega un papel importante para aumentar la resiliencia de los sistemas biológicos (Nicholls y Altieri, 2013). Los pequeños agricultores que utilizan modelos agroecológicos en sus sistemas de producción han podido afrontar mejor los efectos del cambio climático (principal causa que los sistemas sean menos resilientes). Por otra parte, se fortalece la resiliencia social, que es definida como la capacidad de un grupos o comunidades a resistir y recuperarse frente a elementos externos que causan estrés, sean sociales, económicos y/o políticos (Nicholls y Altieri, 2013).

Según Santamaría Guerra (2015), la Innovación Agroecológica Participativa (IAP) es la síntesis de la innovación institucional con la innovación tecnológica, obtenida bajo la premisa de que el conocimiento socialmente relevante para la innovación se genera en el contexto de su aplicación y de sus implicaciones. En lo institucional la IAP propone el cambio de las “reglas del juego” que han prevalecido en la relación entre investigadores, extensionistas y productores para la transformación de la agricultura, mientras que en lo tecnológico promete la construcción colectiva de tres soberanías: energética, tecnológica y alimentaria (Santamaría Guerra, 2015).

Mediante un proyecto de IAP en la CNB en Panamá, se generó un marco orientador para la investigación agroecológica participativa (Santamaría Guerra, 2015). El equipo de investigación, a través de grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) promueve la agricultura agroecológica a través de prácticas que disminuyen la dependencia de insumos externos, como la reutilización de los desechos orgánicos y la conservación de los recursos naturales, en la producción de abono orgánico mediante el cultivo de lombrices, en prácticas de conservación de suelo y en el manejo agroecológico de la producción de granos básicos, plátano, raíces y tubérculos.

Factores críticos que facilitan u obstaculizan

El principal factor crítico externo que limita la SSAN es el control de la cadena alimentaria por oligopolios en la provisión de insumos y monopolios en la compra de la producción y la

distribución de alimentos conformando un sistema agroalimentario corporativo, entendido como “una estructura de producción y consumo de alimentos de escala global, gobernada por reglas, basado en el petróleo y dominado por los monopolios globales con carácter-entre otras- de transgénicos, cadenas de proteína animal y grandes supermercados” (McMichael, 2009). El poder corporativo agroalimentario impone hábitos alimenticios y dependencia externa a productos súper procesados con el único objetivo de maximizar sus ganancias, lo cual obstaculiza los esfuerzos orientados a la SSAN.

Por otra parte, otro factor crítico externo es el predominio de la agricultura industrial productivista que produce alimentos contaminados con pesticidas, provocando erosión del suelo, contaminación ambiental y de acuíferos, y en general, pérdida de la biodiversidad y resurgimiento de plagas y enfermedades exóticas y emergentes, produciendo daños a la salud ambiental y humana. Como indican Nivia et al. (2009), hay preocupaciones crecientes, no sólo por la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos y sus efectos en la salud, sino también por el “efecto coctel” de múltiples residuos de ellos, junto con aditivos alimenticios, hormonas y antibióticos usados en la cría de ganado y aves de corral y por el uso de fertilizantes químicos.

La variabilidad climática es un factor crítico que aumenta la vulnerabilidad de la producción agropecuaria, exponiendo a los sistemas productivos agroalimentarios a eventos climáticos extremos con efectos devastadores que afectan especialmente a los pequeños y medianos agricultores familiares. A largo plazo el cambio climático se convierte en una amenaza a la SSAN si no se adoptan prácticas agroecológicas que aumenten la resiliencia de los sistemas agroalimentarios, para prevenir sus efectos adversos.

Aunque la producción de alimentos orgánicos y agroecológicos está aumentando, el acceso a los mismos en general, es limitado debido a sus altos precios, por lo cual los consumidores con mayor poder adquisitivo se benefician de su calidad e inocuidad.

Por último, la creciente concienciación de productores y consumidores sobre la necesidad de transformar el modo de intervención para la producción de alimentos y variar los patrones de consumo hacia hábitos más saludables, favorece la estabilidad de la SSAN y el establecimiento de una institucionalidad en correspondencia con la implementación de sus políticas y estrategias.

SITUACIÓN DE LA SSAN EN PANAMÁ

De acuerdo con el informe sobre el estado de la inseguridad alimentaria en el mundo:

los nuevos datos siguen indicando un aumento del hambre mundial en los últimos años, después de un período de disminución prolongado. Se estima que 821 millones de personas — aproximadamente, una de cada nueve personas en todo el mundo— están subalimentadas. La subalimentación y la inseguridad alimentaria grave, parecen estar aumentando en casi todas las regiones de África, así como en América del Sur, mientras que la situación de desnutrición se mantiene estable en la mayoría de las regiones de Asia. Los indicios del aumento del hambre y la

inseguridad alimentaria nos advierten de que es mucho lo que resta por hacer para asegurarnos de “no dejar a nadie atrás” en el camino hacia la consecución de un mundo con hambre cero (FAO, 2018, p. 15).

Se indica también en el citado informe que las mujeres tienen más probabilidades que los hombres de verse afectadas por inseguridad alimentaria grave en África, América Latina y Asia y que:

la proporción de personas subalimentadas entre la población mundial –la prevalencia de la subalimentación– puede haber alcanzado el 10,9 por ciento en 2017. La inestabilidad persistente en regiones devastadas por conflictos, los eventos climáticos adversos en muchas regiones del mundo y la desaceleración económica que ha afectado a zonas más pacíficas y empeorado la seguridad alimentaria, son todos ellos factores que ayuda a explicar este deterioro de la situación (FAO, 2018, p. 21).

El informe concluye que

en la mayoría de las regiones de África. Casi el 21 por ciento de la población (más de 256 millones de personas) están subalimentadas. La prevalencia de la subalimentación proyectada para Asia en 2017 es del 11,4 por ciento, lo que representa más de 515 millones de personas (FAO, 2018, p.22).

La región América Latina y el Caribe (ALyC) mantiene un buen desempeño en materia agrícola, lo que le permitiría contar con alimentos más que suficientes para la totalidad de su población. Sin embargo, esto no asegura una alimentación sana y nutritiva, ya que se requiere también de una disponibilidad de alimentos variados, de buena calidad nutricional e inocuos. Por otra parte, grandes extensiones de monocultivos de soya, maíz y palma aceitera se orientan a la exportación, principalmente, para alimentar la ganadería de otras regiones.

Según el informe arriba citado, la situación de la SAN “también se está deteriorando en América del Sur, donde la prevalencia de la subalimentación aumentó del 4,7 por ciento en 2014 al 5,0 por ciento proyectado en 2017” (FAO, 2018, p.22). Sin embargo, esta situación difiere entre países y subregiones, observándose distintos umbrales de producción doméstica.

El estancamiento del crecimiento económico de América Latina y el Caribe, y la menor velocidad de las dinámicas de reducción de la pobreza y pobreza extrema en los últimos años, dificultan la erradicación del hambre y la malnutrición. Del mismo modo, la persistencia de la desigualdad del ingreso, pone presiones en el acceso a los alimentos y, por consiguiente, en la SAN.

La población pobre destina una mayor proporción de sus ingresos a la adquisición de alimentos. En un contexto de desaceleración económica, de menores ingresos y capacidad de compra, la cantidad de alimentos de calidad a los que accede la población más vulnerable se ve amenazada, aumentando el consumo de alimentos más baratos, pero con mayor densidad calórica y menor aporte nutricional.

La cobertura de los servicios de agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe ha mejorado en los últimos 15 años, pero el acceso a fuentes seguras de agua todavía se encuentra por debajo del promedio global. Se observan importantes diferencias en el acceso a servicios básicos en América Latina y el Caribe, tanto entre países como al interior de ellos. Las zonas rurales y la población de menores ingresos tienen un acceso significativamente menor al agua potable y saneamiento en América Latina y el Caribe.

Los desastres relacionados con el clima impactan los medios de vida, con consecuencias severas para la seguridad alimentaria y nutricional. En los últimos años, han sido causantes de enormes daños económicos, así como de un aumento en el número de personas afectadas en América Latina y el Caribe, imponiendo un carácter de urgencia a las acciones necesarias para mejorar su resiliencia socio ecológica.

Evolución y perspectivas

Rehenes de sus donantes de campaña y de los grupos de poder económico y financiero, los gobiernos post invasión estadounidense de 1989, que restauró el poder oligárquico, han actuado contrario a sus propias promesas, implementando medidas neoliberales contenidas en planes y programas tutelados por las agencias internacionales que impulsan los cambios nacionales.

Las consecuencias más visibles de las políticas neoliberales son el empobrecimiento de la gran mayoría de los productores agropecuarios, la migración del campo a las ciudades, y la dependencia creciente de las importaciones de alimentos. El efecto de las políticas neoliberales para la agricultura se refleja en los indicadores macroeconómicos, ya que entre 1994 y 2016 el aporte de la agricultura al PIB pasó de 7.24 por ciento a 2.3 por ciento (Santamaría Guerra y González Dufau, 2017).

Panamá enfrenta una doble carga de malnutrición, por la coexistencia de la baja talla para la edad con el sobrepeso y la obesidad, un problema creciente que afecta al 56.4 por ciento y 21 por ciento de los adultos panameños respectivamente, mientras que su prevalencia en menores de cinco años a nivel nacional es del 7.6 por ciento y 3 por ciento, respectivamente (Morrel, 2006).

Marco normativo

El marco normativo institucional para la SAN en Panamá, aunque de manera general, muestra consistencia en términos conceptuales, siguiendo una orientación neoliberal tutelado por organismos internacionales, se ha estructurado atendiendo políticas gubernamentales (para un periodo de gobierno) y no de estado. Así, el Programa Nacional de Alimentación y Nutrición PRONAN creado en 1992 era coordinado por el entonces Ministerio de Planificación y Política Económica, pasó con el cambio de gobierno, a partir de 1996, al Ministerio de Salud. Por otra parte, la Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan Alimentario Nacional (SENAPAN) se crea en el 2004 como una entidad adscrita al despacho del presidente de la

República y en el 2012 bajo otro gobierno, la misma se incorpora al Ministerio de Desarrollo Social (MIDES).

Tanto la Comisión del PRONAN como la SENAPAN eran dirigidos por un Comité Técnico interinstitucional integrado por representantes de diferentes entidades gubernamentales y no gubernamentales, con asesoría de organismos internacionales (INCAP/OPS, UNICEF, FAO, entre otros).

La SENAPAN “es el organismo encargado de proponer, coordinar, supervisar y evaluar las acciones de promoción, prevención, reducción y habilitación de todos los programas estatales cuyo objetivo están encaminados a garantizar la seguridad alimentaria nutricional de la población panameña” (SENAPAN, s.f.).

El Comité Técnico conformado por representantes de cuatro ministerios (Salud, Economía y Finanzas, Desarrollo Agropecuario y Educación) de siete instituciones y dependencias públicas y de siete organizaciones no gubernamentales sin fines de lucro, que realizan labores en el campo de la seguridad alimentaria nutricional. El mismo actúa como ente técnico asesor de SENAPAN, en materia de nutrición y seguridad alimentaria, así como proponer las acciones necesarias para garantizar el cumplimiento de dichas políticas, planes y programas (SENAPAN, s.f.).

El marco normativo legal para la SAN en Panamá consta de la disposición constitucional que establece en el Título III, Capítulo 2º Artículo 56 que:

El Estado protege el matrimonio, la maternidad y la familia. La Ley determinará lo relativo al estado civil. El Estado protegerá la salud física, mental y moral de los menores y garantizará el derecho de éstos a la alimentación, la salud, la educación y la seguridad y previsión sociales. Igualmente, tendrán derecho a esta protección los ancianos y enfermos desvalidos.

Por otra parte, el artículo N° 110 de la Constitución de la República de Panamá, establece la obligación de “asegurar un óptimo estado nutricional para toda la población promoviendo disponibilidad, consumo y aprovechamiento biológico de alimentos adecuados”. Con rango constitucional son parte del marco legal de la SAN: la Declaración Universal de los Derechos Humanos desde su adopción en 1948 (Artículos 22, 23, 25) y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales del 1966 (PIDESC), ratificado mediante la Ley 13, del 27 octubre de 1976 (MIDES, 2017).

Los compromisos SAN vigentes en la República de Panamá para el 2025 y el 2030 se derivan de los compromisos internacionales adquiridos, desarrollados en el siguiente punto, como son la Iniciativa América Latina y Caribe sin Hambre 2025, el Plan para la Seguridad Alimentaria, Nutrición y Erradicación del Hambre de la CELAC 2025 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” (MIDES, 2017).

Este marco constitucional ha sido desarrollado por los siguientes actos legislativos:

- La Ley No.34 del 6 de julio de 1995 crea formalmente la Dirección Nacional de Nutrición y Salud Escolar como el ente responsable del programa de alimentación escolar (PACE).
- La Ley No. 35 de 1995 se establece el Programa de distribución del vaso de leche, la galleta nutricional y la “cremas enriquecidas” en todos los centros oficiales de educación inicial y primaria del país.
- Decreto Ejecutivo No. 306 del 20 de noviembre del 2000 que crea la Comisión para el Programa Nacional de Alimentación y Nutrición PRONAN.
- Decreto Ejecutivo No. 171 del 18 de octubre 2004 que Crea la Secretaría Nacional de Coordinación y Seguimiento del Plan Alimentario Nacional (PAN).
- Ley 36 de 2009 que crea la Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional, y dicta otra disposición.
- Decreto Ejecutivo 984 de 2009 por la cual se reglamenta la Ley 36 de 29 de junio de 2009, que crea la Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional.
- Ley 89 de 2012 que incorpora la Secretaría Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional al Ministerio de Desarrollo Social y modifica artículos de la Ley 36 de 2009.

Tal y como se presenta el marco institucional y legal pareciera lo suficientemente robusto como para garantizar el logro de la SAN, sin embargo, aunque las estadísticas oficiales muestran avances en la disminución de la pobreza de la población más vulnerable, lo cierto es que en términos de la SAN la situación parece complicarse cuando además de la disponibilidad y acceso evaluamos el uso biológico y estabilidad en el tiempo.

En particular la estabilidad se ve afectada por las prioridades gubernamentales. Un ejemplo, es lo sucedido con la SENAPAN, que se crea adscrita a la presidencia de la república lo cual es un indicativo de la prioridad que se le daba a la SAN en ese periodo de gobierno. Posteriormente, con la nueva administración gubernamental la SENAPAN es incorporada al Ministerio de Desarrollo Social, con lo cual su accionar queda sujeto a las prioridades de ese ministerio, donde además funcionan otras secretarías como SENADIS (Secretaría Nacional de Discapacidad), SENNIAF (Secretaría Nacional de Niñez Adolescencia y Familia) y otros programas (MIDES, 2017).

[Planes, programas y proyectos](#)

Con el establecimiento del marco normativo para la SAN en Panamá y su perfeccionamiento a través del tiempo, se formularon planes nacionales orientados a implementar las políticas gubernamentales (públicas) que respondían al modo de interpretación e intervención del bloque hegemónico que controlan el estado. Así se han formulado y ejecutado los siguientes Planes para la SAN:

- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 1998-2002;

- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 2003-2007;
- Plan Nacional para la Seguridad Alimentaria Nutricional 2009-2015;

Está en ejecución el Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021, con el propósito de “promover la seguridad alimentaria y nutricional mediante la coordinación intersectorial e interinstitucional de las acciones en materia de alimentación y nutrición que se desarrollan en el país para el disfrute del derecho a la alimentación de toda la población panameña” (MIDES, 2017).

El documento contiene lineamientos de una Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional y un Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PLAN SAN), cuya ejecución, seguimiento y evaluación están a cargo de la SENAPAN.

Según MIDES (2017, p. 44), el propósito fundamental del Plan es:

orientar la implementación de las acciones estratégicas siguiendo los lineamientos políticos de Seguridad Alimentaria y Nutricional en un periodo quinquenal. Consecuentemente, establece su marco conceptual, retoma los principios rectores de lineamientos de política y determina concretamente la población objetivo a la que se dirige en base a la identificación de las áreas prioritarias de actuación.

Los principales objetivos del Plan se basan en los compromisos suscritos por el Gobierno de la República de Panamá con la seguridad alimentaria y nutricional:

- Crear las condiciones para que en el año 2025 Panamá presente una prevalencia de subalimentación menor del cinco por ciento.
- Desarrollar acciones programáticas en el área del bienestar nutricional, acceso, disponibilidad y abastecimiento de alimentos para que en el año 2030 Panamá cumpla las metas incluidas en el Objetivo 2 de los ODS “Hambre Cero”.
- Promover acciones específicas para garantizar mejores condiciones de seguridad alimentaria y nutricional en las comarcas indígenas de Panamá.

EL PLAN SAN contempla un conjunto de políticas y acciones estratégicas organizadas por programas que responden a los pilares de la SAN. A continuación, se detallan los principales programas del PLAN SAN:

- Programas del pilar **bienestar nutricional (utilización biológica)**: abarca los aspectos considerados necesarios para que los alimentos permitan asegurar una vida saludable y el bienestar para los sectores poblacionales de todas las edades. Las acciones se agrupan atendiendo las siguientes temáticas: a) Baja talla para la edad en niños menores de 5 años; b) Control y prevención del sobrepeso y obesidad; c) Alimentación escolar; d) Educación alimentaria y nutricional.

- Programas del pilar **abastecimiento y disponibilidad de alimentos**: orientados a implementar estrategias que fomenten la producción nacional agropecuaria, unidas al apoyo de la agricultura familiar, reforzando así la seguridad alimentaria y nutricional de unas 900,000 personas que en distinto grado de intensidad sostienen sus medios de vida de la producción agropecuaria. Asimismo, es necesario mejorar las infraestructuras rurales, particularmente caminos productivos, centros de acopio, cosecha de agua y sistemas de riego, para impulsar la producción y la competitividad: a) Producción agropecuaria; b) Agricultura familiar para la mejora de la SAN.
- Programas del pilar acceso a los alimentos: pretenden mejorar la capacidad de acceso a los alimentos de las personas con mayores dificultades para garantizárselos, al menos inicialmente, por ellos mismos: a) Población que vive en pobreza extrema y sufre o puede sufrir alto riesgo de inseguridad alimentaria; b) Población pobre en riesgo de inseguridad alimentaria; c) Mejor información para la toma de decisiones.
- De estos programas se ha hecho énfasis en las transferencias monetarias condicionadas que consiste en la entrega de Bonos Familiares para la Compra de Alimentos. Cada libreta de bono está compuesta de 20 bonos por un valor de B/. 5.00 cada uno, para un total de B/. 100.00 que se entrega cada dos meses.

De acuerdo con el MIDES,

el apoyo económico en efectivo llega a las 72,563 beneficiarias registradas. La entrega se hace a las mujeres como jefas del hogar. Ese apoyo económico debe ser utilizado en los servicios básicos indispensables para potenciar el desarrollo humano de los miembros más jóvenes del hogar beneficiado. Se denomina condicionada porque la familia beneficiaria se compromete a: 1) Presentarse a las consultas de control de embarazo; 2) Mantener al día las vacunas de los niños y niñas menores de 5 años; 3) Garantizar la asistencia de los niños y niñas a clases; 4) Asistir a las reuniones de padres y madres de familia en la escuela; 5) A que un miembro del hogar participe en las capacitaciones para el fortalecimiento productivo y generación de capital social ofrecida por diferentes instituciones (MIDES, 2018, s.n).

Aunque no se tienen indicadores de resultados e impacto de las transferencias monetarias condicionadas en la SAN, la ejecución de este programa ha permitido a las autoridades gubernamentales presentar logros en la disminución de la pobreza y pobreza extrema en el país. Como se resalta en el PLAN SAN:

en el período comprendido entre 2001 y 2015 la población subalimentada pasó de 856,000 personas (un porcentaje de subalimentación del 27.6 por ciento) a unos 400,000 (9.5 por ciento). En total, cerca de 476,000 personas fueron sacadas de la subalimentación. La pobreza general también disminuyó, desde el 42.1 por ciento en 1991 y el 36.6 por ciento en 2005 hasta el 22.3 por ciento en 2015 (MIDES, 2017, p.10).

ESTRATEGIA PARA LA SSAN DE LA COMARCA NGÄBE-BUGLÉ, PANAMÁ

La Región Occidental (RO) de Panamá es el área que comprende la parte oeste del país que incluye las provincias de Chiriquí y Bocas del Toro y la Comarca Ngäbe-Buglé (CNB). Este territorio tiene una superficie de 18,159.6 km² dividido por la gran Cordillera de Talamanca cuya elevación más alta es el volcán Barú con 3,474 msnm. La economía de la RO se basa principalmente en la producción agrícola y ganadera, siendo los principales cultivos el banano, arroz, cacao, café y las hortalizas, especialmente en las tierras altas, que comprenden elevaciones superiores a los 1000 msnm.

La comarca Ngäbe Buglé (CNB) es el territorio que pertenece por ley, a los pueblos originarios Ngäbe y Buglé, ocupa un área de 13,100 Km², localizado geográficamente en la zona de confluencia de las provincias de Chiriquí, Veraguas y Bocas del Toro.

Está conformada por tres grandes regiones: **Ño Kribo**, extendida sobre la parte de la porción continental e insular de la provincia de Bocas del Toro, en el Caribe, con clima lluvioso durante todo el año; **Nidrini**, sobre la parte de la porción continental de la provincia de Chiriquí, en el pacífico, con suelos con capacidad agrológica media (Figura 1); y **Kädriri**, sobre parte de la provincia de Chiriquí y Veraguas, con suelos de baja capacidad agrológica.

Los suelos de la comarca son de origen ígneo (predominan lavas y tobas) y están ubicados en relieves montañosos o en colinas con pendientes de hasta 50 por ciento, con excesiva pedregosidad y alto grado de degradación, y un bajo contenido de materia orgánica; son suelos del tipo VI, VII y VIII (PAN-INRENARE-GTZ, 1997), es decir, no aptos para la agricultura arable, con severas limitaciones, con problemas de acidez y baja fertilidad, aptos para pastos, bosques y tierras de reserva o protección de cuencas hidrográficas.



Figura 1. Ubicación de la Comarca Ngäbe Buglé.

Fuente: Instituto Geográfico Nacional "Tommy Guardia" (IGNTG, 2013). Mapas Topográficos.

Según la clasificación climática de W. Köppen (Köppen y Geiger, 1928), en la CNB prevalecen tres tipos fundamentales de clima a saber: Clima tropical muy húmedo (Afi), clima templado muy húmedo de altura (Cfh), y clima tropical húmedo (Ami).

Se identificaron y cartografiaron seis zonas ecológicas bien diferenciadas, contenidas dentro de cuatro fajas altitudinales siguientes: Faja Tropical Basal: Bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical. Faja Premontano Tropical: Bosque muy húmedo premontano, bosque pluvial premontano. Faja Montano Bajo Tropical: Bosque pluvial montano bajo. Faja Montano Tropical: Bosque pluvial montano bajo, bosque pluvial montano. La precipitación anual oscila entre 4,500 mm y 7,000 mm, con una gran variedad de especies de árboles, arbustos, gramíneas y epífitas.

En el territorio comarcal habita un total de 156,747 personas. De este total 139,950 son Ngäbe (68, 799 hombres y 71,151 mujeres, con un índice de masculinidad de 96.7). Mientras que 9,178 Buglé habitan en la comarca (4,559 hombres y 4, 619 mujeres); el resto de los habitantes son de otros grupos indígenas y no indígenas. La población crece a una tasa de 3.6 por ciento anual, menor a la del país que es de 1.84 por ciento anual. La densidad poblacional es de 23 hab./km², mientras que para el país esta es de 45.6 hab./km². La población de la comarca es joven, siendo el porcentaje de edad menor de 15 años del 51.72 por ciento. La población menor de 18 años representa el 58.5 por ciento, muy por debajo del promedio nacional. El porcentaje de analfabetismo es de un 30.82 por ciento, contrastando con el nacional que es de 5.5 por ciento (Congreso General de la Comarca Ngäbe-Buglé [CGNB], 2015).

El sustento de vida del pueblo Ngäbe-Buglé se basa en la agricultura familiar tradicional, su condición de vida ha empeorado drásticamente a causa de la progresiva deforestación y de la degradación de sus suelos; ambos debidos, a la práctica de la agricultura de roza y quema, y al aprovechamiento inapropiados de los recursos naturales (ANAM-GTZ, 2003). Esta situación hoy día ha contribuido a que las bases naturales de su vida empeoren críticamente. Los Ngäbe Buglé actuales no manejan el suelo para controlar la fertilidad, sino que reaccionan a los cambios naturales de ésta por medio de su desplazamiento espacial horizontal, en una agricultura itinerante.

En la CNB, la dieta familiar se compone principalmente de arroz, maíz, frijoles, yuca, ñame, y café, que son productos que se siembran en pequeñas parcelas, con plantas bastantes débiles y muy bajos rendimientos. Otros alimentos cuyo consumo depende de la temporada del año, son el bodá (*Chamaedorea tepejilote*), el membrillo y frutales como guineo, mango, naranja, aguacate, pixbae (*Bactris gasipae*) y marañón (*Anacardium occidentale*).

Las técnicas utilizadas en la explotación de la tierra son muy rudimentarias, practicando el método de roza, corte o desmonte y quema, para luego sembrar y cosechar, más para el consumo que para la venta, con un ciclo de rotación de cuatro años, en la medida en que se pierde la fertilidad del suelo, ocurre la migración a otras parcelas. Las parcelas familiares pueden ser de 1.0 a 1,5 ha

y la mano de obra utilizada es del tipo familiar. Además, el rendimiento no cubre la necesidad alimentaria de la población (IDIAP/PNB/FIS/FIDA, 2009).

En cuanto a la importancia de los cultivos temporales en la CNB, el arroz, principal rubro de la dieta de los Ngäbe-Buglé, mantiene un rendimiento inferior a la cantidad necesaria para mantener una familia de ocho personas (Tabla 1). Se comercializa hasta el 10 por ciento de los cultivos temporales y el resto se guarda para el consumo familiar. La mayor cantidad de explotaciones o familias dedicadas a la producción, cultivan principalmente los rubros arroz, maíz y yuca.

Tabla 1. Explotaciones, superficie sembrada, cantidad cosechada y venta de los cultivos temporales en la Comarca Ngäbe Buglé.

Rubros	Explotaciones	Superficie sembrada (ha)	Cosecha (qq) ¹	Venta (qq)
Arroz a chuzo	10 906	9 168,91	94 205	8 527
Maíz	10 885	5 077,11	-	-
Yuca	10 010	879,59	41 009	4 454
Ñame	5 841	385,97	13 878	1 624
Guandú	5 527	1 141,11	7 860	950
Frijol de bejuco	4 299	2 365	8 844	1 258
Poroto	1 094	1 311,26	2 941	668
Otoe-Dachin	4 488	1 088,75	19 871	1 371
Ñampí	3 785	268,16	6 057	1 1255,5
Caña de Azúcar	1 714	93,14	1 824	14

Los cultivos permanentes de mayor importancia económica para la población de la CNB son el guineo, café y cacao, en cuanto al número de explotaciones que se dedican a producir estos rubros (Tabla 2). El café es uno de los rubros que más recursos provee. Por otra parte, la producción de café en Panamá, según datos del MIDA (2017), involucra a 7576 productores, que cultivan 19,364 ha⁻¹ a nivel nacional.

La superficie del cultivo de café es en promedio de 2.38 ha⁻¹ con un rango de 0.25 a 5.5 ha⁻¹. La producción promedio de café en pergamino seco por productor es de 104 kg y un rango de 8 a 464 kg. El 91 por ciento de los productores no usa fertilizante y el 96 por ciento no usa plaguicidas. El 74 por ciento de los productores consideran que la afectación del cultivo de café por plagas y enfermedades es alta. El monitoreo de dos fincas representativas de producción de café en la CNB permitió detectar la incidencia de Ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y Roya (*Hemileia vastatrix*), Broca (*Hypothenemus hampei*) cercóspora (*Cercospora coffeicola*), minador de hojas (*Leucoptera coffeella*), moho de hilacha (*Pellicularia koleroga*) y antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). Se ha registrado infestación de broca del café en cafetales hasta de 29 por ciento con una tendencia a incrementarse si no se toman las medidas apropiadas (Palacio et al., 2014).

Tabla 2. Explotaciones, número de árboles, cosecha y venta de los cultivos permanentes en la Comarca Ngäbe Buglé.

Rubros	Explotaciones	Número de plantas		Cosecha	
		Total	Que producen	Cantidad	Venta
Plátano	3 216	151 853	58 225	135 345 (c)	2 172
Guineo	10 417	1 936 351	998 325	623 182 (r)	5 304
Cacao	3 524	494 660	230 590	128 269 (l)	21 438
Coco	2 868	92 141	31 666	180 585 (u)	19 799
Café	5 167	3 486 425	1 780 789	16 129 (qq)	3 960
Aguacate	4 280	50 438	20 971	500 830 (u)	131 622
Naranja	6 529	117 227	55 669	51 410 (c)	3 408
Pixbae	5 815	229 929	118 121	149 704 (r)	3 583
Mango	3 478	29 934	-	-	-
Piña	2 210	146 206	-	-	-

En cuanto a la actividad pecuaria, es relevante la cría de bovinos y aves; las gallinas y cerdos se crían generalmente sueltos y el manejo sanitario se practica poco. En aves es frecuente la viruela y el moquillo (New Castle) lo que causa grandes pérdidas. Los bovinos están presentes en algunas fincas, con productores de mayores recursos. Las áreas de pastoreo están en pendientes superiores a 30 por ciento donde la faragua (*Hyparrhenia rufa*), la especie más difundida, crece en macollos lo que hace que el suelo sea propenso a la erosión.

La Región Nidrini cuenta con una producción variada que incluye granos: arroz, maíz, frijoles, plantas medicinales y el café orgánico, principal rubro que genera ingresos familiares y que ha disminuido su producción de 30 qq (1984) a 7 qq en el 2006, debido a la presencia de plagas y ausencia de manejo agronómico adecuado de las plantaciones; árboles frutales: guineo, plátano, piña, pixbae, aguacate, mango, limón, naranja, aguacate; hortalizas: repollo, tomate, lechuga y zapallo; raíces y tubérculos: otoo, ñame, yuca, ñampí; recursos forestales como el cedro, caoba, pita, palma de cogollo (para hacer jabas) y plantas para hacer tintes.

Problemática

En la CNB, de acuerdo con cifras oficiales, la población bajo la línea de pobreza alcanza el 93.4 por ciento y la población en condiciones de pobreza extrema es de 91.5 por ciento (INEC, 2011).

El principal sustento de la población Ngäbe Buglé se basa en la agricultura familiar, que le aporta el 60 por ciento de su alimentación y 50 por ciento de sus ingresos, sin considerar las transferencias monetarias directas (subsidios). La vulnerabilidad de las poblaciones originarias se agrava por ubicarse en tierras agrícolas marginadas y ecológicamente sensibles. Aunque las estadísticas oficiales muestran avances en la disminución de la pobreza de la población más

vulnerable, lo cierto es que en términos de la SAN la situación parece agravarse, cuando, además de la disponibilidad y acceso evaluamos el uso biológico y estabilidad en el tiempo.

De los datos de la Tabla 3, llama la atención la desnutrición infantil de niñas y niños menores de 5 años que alcanza el 62 por ciento en la CNB, mientras que a nivel nacional este indicador es de 19.1 por ciento. El propio ente encargado de la SAN en el país reconoce que:

en población escolar, el último censo de talla en escolares de primer grado, realizado en 2013 por el MINSA y el MEDUCA, refleja que la baja talla para la edad afectaba al 15.9 por ciento de los estudiantes. Sin embargo, en la comarca indígena de Guna Yala alcanzaba al 61.4 por ciento y en la Comarca Ngäbe Buglé al 53.4 por ciento de los estudiantes (MIDES, 2017, p.17).

La implementación de planes y programas de SAN no muestran mejoría de las condiciones de salud y alimentación, muy por el contrario, los indicadores empeoran, mientras los sucesivos gobiernos sumen a los ngäbes en el clientelismo y se proponen despojarlos de sus recursos hídricos y minerales.

Tabla 3. Indicadores de SAN en la Comarca Ngäbe Buglé comparados con los del resto del país.

INDICADORES	COMARCA NGÄBE-BUGLÉ	NACIONAL
Población (Censo-2010)	156,747	3,495,813
Nacido vivo con asistencia profesional (por ciento)	51.3	93.5
Mortalidad infantil Menores de 5 años/mil/n.v.	43.4	16.4
Desnutrición infantil Menores de 5 años	62.0	19.1
PEA, mayores de 10 años (por ciento)	24.6	51.8
Vivienda sin acueducto	61.3	0.7
Vivienda sin letrina	59.4	1.1
Vivienda sin luz eléctrica	94.7	1.3
Esperanza de vida	69.3	76.2
Ingreso per cápita	Menos de B/. 639.00	B/. 13,090.00
IDH	0.447	0.780

* nv- nacimientos vivos; PEA-Población Económicamente Activa; IDH-Índice de desarrollo humano. Fuente: CGNB, 2013.

Estudios recientes sobre la efectividad de los programas asociados a la SAN muestran similares resultados para otros indicadores. Por ejemplo, el estudio de Him (2017, p.217) concluye que “no se ha hallado un efecto positivo de la participación en la Red de Oportunidades sobre la asistencia a la escuela de los niños cuyas familias forman parte del Programa”. Por otra parte, al analizar la incidencia del Programa Red de Oportunidades en la reducción del trabajo infantil, concluye que las transferencias monetarias condicionadas otorgada a los hogares, esta autora (Him, 2017, p. 218) indica que:

no es un incentivo suficiente para cambiar el comportamiento de las familias de insertar a sus hijos menores en el mercado laboral y el efecto protector del Programa no es determinante para reducir el trabajo infantil en niños y niñas de 10 a 17 años.

Resultados de Investigación Agroecológica Participativa

Mediante un proyecto de investigación participativa en la CNB en Panamá, se generó un marco orientador para la investigación agroecológica participativa (Santamaría Guerra et al., 2015) El equipo de investigación, a través de grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) promueve la agricultura agroecológica a través de prácticas que disminuyen la dependencia de insumos externos, como la reutilización de desechos orgánicos y la conservación de los recursos naturales, en la producción de abono orgánico mediante el cultivo de lombrices, en prácticas de conservación de suelo y en el manejo agroecológico de la producción de granos básicos, plátano, raíces y tubérculos.

El IDIAP ha generado tecnologías adaptadas a los sistemas, con el enfoque de una gestión integrada del conocimiento e innovación que incluye e Intercambio de experiencia (diálogo de saberes), conceptualización reflexiva, operacionalización para uso práctico, aplicación-validación, sistematización y reconfiguración-diseminación. Desarrollando así un proceso de participación, acción–reflexión de los actores locales con investigadores agrícolas de sistemas de producción de la agricultura familiar (IDIAP, 2012).

Mientras las familias ngäbes en sus actividades productivas agrarias producen para satisfacer sus necesidades calóricas en promedio para 122 días del año (mínimo 50 y máximo 222 días), se han reportado incrementos de en la disponibilidad de alimentos de 62 por ciento a 115 por ciento (Torres et al., s.f.), y hasta 300 por ciento (Santamaría Guerra et al., 2015) en el valor bruto de la producción de los sistemas que incorporaron prácticas agroecológicas. Adicional, en el caso del Manejo Agroecológico de la broca del café se reporta una reducción de la infestación de la broca hasta en un 80 por ciento, lo que permite recuperar y mejorar el rendimiento con un impacto importante en el ingreso por venta del grano (González Dufau et al., 2018).

La implementación de estos proyectos ha contribuido a fortalecer y organizar a las comunidades formando asociaciones y grupos de trabajo que facilitan la incorporación de tecnologías, teniendo en cuenta el aspecto socio cultural. Los esfuerzos de las diferentes instituciones que se proponen innovar la agricultura familiar Ngäbe Buglé, han puesto a disposición de los sistemas de

producción, agro tecnologías como: casas de vegetación de bambú y plásticos con sistemas de riego por goteo a gravedad, manejo agroecológico de cultivos de plátano, papa, camote, cacao, poroto, maíz, arroz, boda, producción de moringa, plantas medicinales y fibras naturales, uso de semillas saneadas de raíces y tubérculos, y cultivos biofortificados (arroz, camote, frijol y yuca). Estas tecnologías favorecen la sostenibilidad de la agricultura familiar para garantizar la soberanía alimentaria y hacer más resilientes los sistemas al cambio climático (Santamaría Guerra, 2015).

Si bien ya se cuenta con agrotecnologías para implementar en los sistemas, la difusión de esta tecnología en muchos de los casos ha sido limitada por la falta de recursos, siendo esta una de la principal limitante para mejorar la producción y productividad de estas áreas. Para difundir las agrotecnologías disponibles y que han sido validadas y en su mayoría adaptadas a las condiciones agroecológicas de la CNB se implementó el proyecto “Investigación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad y Resiliencia Ecológica de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglé al Cambio Climático financiado por la Secretaria Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación (SENACyT).

El proyecto se guio por la premisa de que el conocimiento socialmente relevante para la innovación se genera en el contexto de su aplicación e implicación. De esta manera, los grupos de Participación-Acción-Reflexión (PAR) integrados por los productores co ejecutores, los investigadores, los promotores y extensionistas locales, contextualizaron los principales conceptos y consensuaron los enfoques teóricos y metodológicos que viabilizaran el logro de los objetivos del proyecto.

El principal enfoque adoptado por los grupos PAR fue la Agroecología, por considerar que como síntesis de la ciencia y la práctica se ajusta a la orientación orgánica y ecológica, y a los principios bajo los cuales se crearon sus organizaciones. El propósito de la agroecología no es la sostenibilidad de la agricultura, sino de los modos de vida de los que la agricultura es constitutiva (Figura 2).



Figura 2. Sostenibilidad de los modos de vida

Si la agricultura fue inventada por el ser humano como un medio para la sostenibilidad de las comunidades emergentes, no como un fin en sí mismo, la transición agroecológica de la agricultura familiar tradicional a la agricultura familiar agroecológica, debe estar orientada a contribuir a la felicidad de las comunidades rurales y a la sostenibilidad de sus modos de vida, no a la sostenibilidad del desarrollo rural, que es una alternativa de desarrollo. La agroecología puede contribuir a la construcción del buen vivir en el campo, una alternativa al desarrollo, en el que la vida es la fuente, centro y fin de todo pensamiento y acción humana (De Souza Silva, 2014; Santamaría Guerra et al., 2018).

Para contextualizar el concepto de sostenibilidad, se consideró que la misma no es un objetivo sino una propiedad emergente de los sistemas de actividad humana (Engel, 1997; Rölíng y Wagemaker, 1998; Santamaría Guerra, 2003) durante el proceso de lograr: a) satisfacer necesidades actuales de alimentos, fibras y biomasa; b) producir amigablemente con el ambiente; y c) garantizar la persistencia de su modo de vida considerando los límites biofísicos del agro ecosistema.

De manera que la biodiversidad y los medios de producción son los principales determinantes de la sostenibilidad de los modos de vida que dependen de la agricultura. Al determinar el grado de sostenibilidad debemos considerar el estado de los indicadores al menos en las siguientes dimensiones: Socio cultural, Ecológico ambiental, Tecnológico productiva y Económico financiera. Este planteamiento es consistente con lo planteado por otros autores (Altieri, 2013; Sarandón et al., 2014; Vázquez, 2013).

Este proyecto se propuso mejorar la productividad, la rentabilidad, de la agricultura familiar Ngäbe Buglé y evaluar sus efectos en la sostenibilidad ambiental y resiliencia al cambio climático, aumentando los niveles productivos de los cultivos y pequeñas especies animales, a través del desarrollo de capacidades para el diseño de estructuras (casas de vegetación) y la utilización de prácticas agroecológicas de manera que las y los productores ngäbes puedan en el futuro replicarlas y compartir la información dentro de sus asociaciones y con los miembros de las comunidades, contribuyendo así a la seguridad alimentaria de sus poblaciones vulnerables.

Las actividades del proyecto se realizaron con el objetivo de adaptar, validar y difundir las agrotecnologías que incrementen la seguridad alimentaria y nutricional de las familias, la productividad, rentabilidad y sostenibilidad de la agricultura familiar Ngäbe Buglé. Específicamente se quiso:

1. Incorporar mediante la innovación agroecológica participativa, tecnologías y prácticas de manejo en seis sistemas productivos (Sribires) de la agricultura familiar Ngäbe Buglé.
2. Evaluar la contribución de la innovación agroecológica participativa a la seguridad alimentaria, a la sostenibilidad ambiental y a la resiliencia socioambiental de los sistemas productivos al cambio climático.

El proyecto se ejecutó en dos localidades: Hato Horcón, en el corregimiento de Lajero, distrito de Nole Duima y en Salto Dupi, corregimiento de Hato Pilón, distrito de Mironó. En estas localidades existen organizaciones de productores que participaron desde la concepción del proyecto hasta su ejecución y evaluación.

En Hato Horcón se co-ejecutó el proyecto con la Asociación Mixta de Productores Orgánico Ngäbe-Buglé (AMPONB), que tiene más de 13 años de formación y agrupa a más de 35 familias. Las actividades del proyecto, por decisión de la organización se focalizaron en tres *Sribires*, cada uno bajo la gestión de los jefes de familia, a saber, Bonifacio y Norma, Leandro y Maura y Martin y Aurelia (Figura 3).



Figura 3. Entrega de plántones de plátano y moringa a las familias de Hato Horcón.

En la comunidad de Salto Dupi los co-ejecutores del proyecto son miembros de la organización de Productores Agrícolas con Métodos Orgánicos (OPAMO), fundada en 2007 y que agrupa a 20 familias. Por acuerdo de la organización el proyecto se enfocó en tres *Sribires* liderados por los jefes de familia: Alvaro y Enedina, Osvaldo y Adelaida y Antonio y Yolanda (Figura 4).



Figura 4. Reunión con familias co ejecutoras en la comunidad de Salto Dupí.

El proyecto consistió en la incorporación de prácticas agroecológicas de manejo de los cultivos, incorporación de cultivos y rubros que a los productores les interesaban, pero no contaban con semillas, producción y uso de abonos orgánicos a partir de sus propios recursos, uso de prácticas de conservación del suelo. Un aspecto importante fue el manejo del agua a través de su cosecha, almacenamiento y uso en sistemas de riego por goteo a gravedad.

El proyecto apoyó a las familias en la construcción de pequeñas infraestructuras como casas de vegetación, gallineros, porquerizas e instalaciones para las actividades de lombricultura. Cada familia desarrollo su propio plan de trabajo para acercar su *Sribire* a las condiciones que aspiran, plasmados en mapas parlantes actual y futuro de su sistema de producción.

Al finalizar el proyecto se reportaron resultados relativos a la SAN, que sustentan una importante contribución de la incorporación de prácticas agroecológicas en los sistemas de producción, en especial a la disponibilidad de alimentos para las familias. El proyecto logró incrementar la disponibilidad de alimentos de un promedio de abastecimiento calórico de 93.84 días por familia a 317.39 días por familia, con base en el aumento de la producción de alimentos en el *Sribire* (Figura 5).

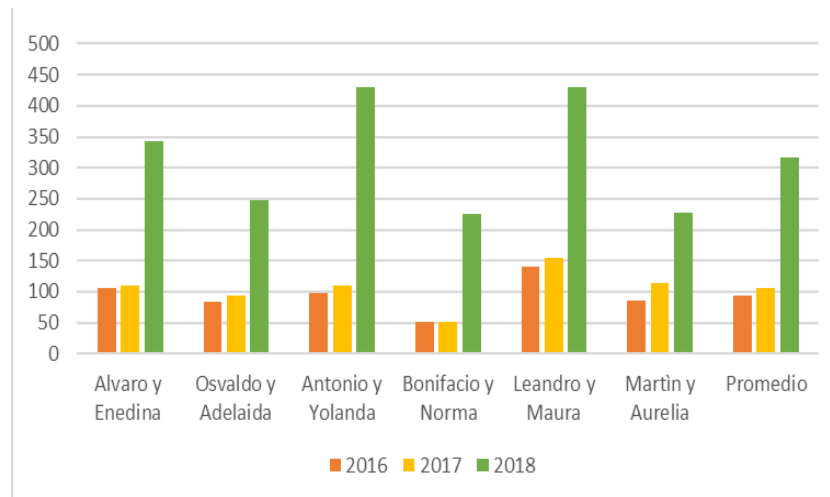


Figura 5. Días abastecidos en Kcal en seis *Sribires*, según necesidades de las familias participantes (IDIAP, 2019).

Por otra parte, respecto al abastecimiento de proteínas, como resultado de la combinación de la producción agrícola y animal (pequeñas especies), se logró incrementar la disponibilidad de proteínas, tanto en términos relativos (días abastecidos por familia) como absolutos (kilogramos de proteína producidos por el *Sribire*).

De acuerdo a la disponibilidad de proteína, se paso de abastecer en promedio de 153.71 días/familia a 453.93 días/familia en los dos años de implementación del proyecto. En términos absolutos la producción de proteína se triplico, pasando de 60.57 kg a 180.48 kg en promedio de los seis *Sribires* durante la ejecución del proyecto (Figura 6).

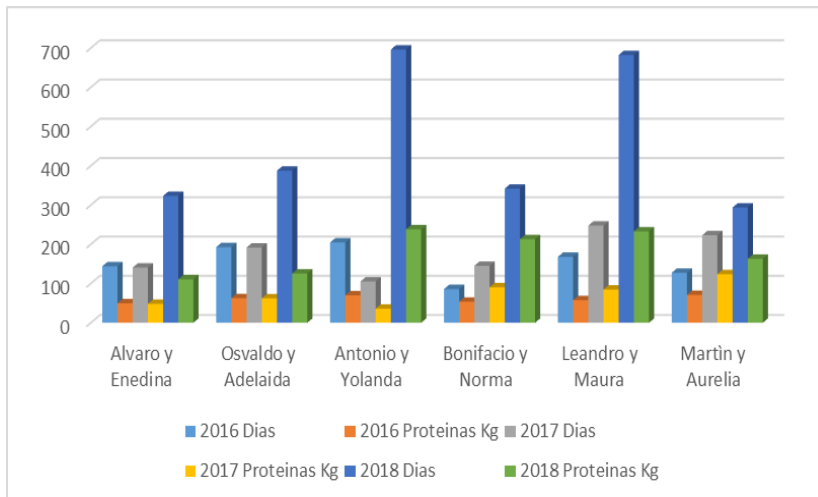


Figura 6. Incremento de la producción y disponibilidad de proteína. IDIAP, 2019.

Cuando se transforma la cantidad de alimentos producidos a Valor Bruto de la Producción (VBP), según precios del mercado local, por las familias ngäbes que participaron del proyecto, también se observa un incremento importante (Figura 7).

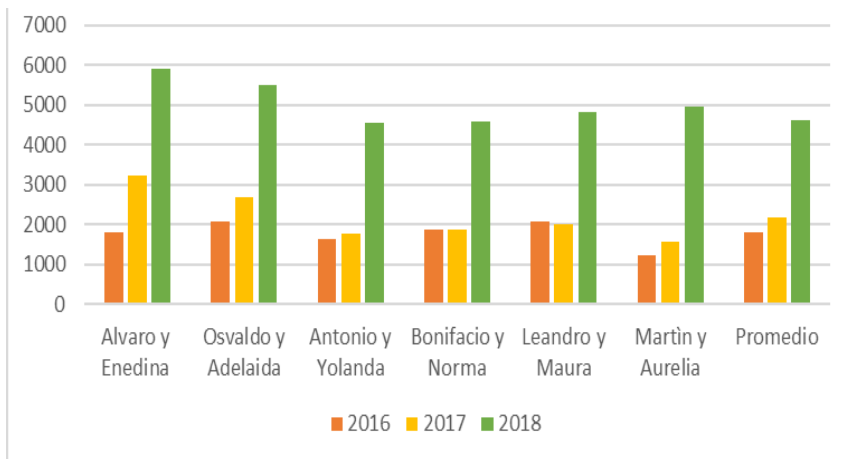


Figura 7. Incremento del VBP en los seis Sribires, atribuibles al proyecto IDIAP-SENACyT (IDIAP, 2019)

Se incrementó en promedio a 154.2 por ciento el VBP de los seis *Sribires*, con lo cual se aumentaron los ingresos familiares, lo que les permitió un mayor acceso a productos alimenticios no producidos internamente.

Los datos aquí presentados, son similares a los reportados localmente en otras publicaciones (Santamaría Guerra et al., 2015; 2016; Santamaría Guerra y González Dufau, 2017; Torres et al., 2018), los cuales apuntan al potencial que representa la agroecología en su contribución a la SSAN.

Por otra parte, el tema de la masificación o escalamiento de la agroecología ha sido tratado por varios autores, desde diferentes perspectivas (Parmentier, 2014; Rosset y Altieri, 2017; Mier y Terán et al., 2018). Sin embargo, las dificultades propias que impone la aplicación de políticas públicas neoliberales, especialmente en la producción de alimentos, consideramos que el escalamiento de la agroecología es una alternativa para aumentar la disponibilidad, diversidad e inocuidad de los alimentos producidos por la agricultura familiar Ngäbe-Buglé. Las intervenciones del núcleo de investigación agroecológica del IDIAP a través de la conformación de grupos de Participación-Acción-Reflexión muestra que es posible mejorar la producción de alimentos para satisfacer las necesidades familiares a partir de procesos de restauración y transición agroecológica.

En cultivos como el café el manejo agroecológico de plagas (MAP), puede generar ingresos adicionales que mejorarían la capacidad de las familias ngäbes de acceder a los alimentos que no pueden producir o que su producción es insuficiente para satisfacer sus necesidades. Por otra parte, el fortalecimiento institucional de las organizaciones de productores de la agricultura familiar puede contribuir a generar los consensos necesarios a nivel local para producir acciones locales colectivas para la SSAN.

Elementos claves de la estrategia

Como se indicado anteriormente los programas para la SAN en el país, han hecho énfasis en las transferencias monetarias directas, que consiste en la entrega de bonos familiares para la compra de alimentos y otros subsidios monetarios como beca universal y el programa 170 a los 65, con lo cual se espera mejorar el acceso a los alimentos. En realidad, nada asegura que el dinero sea utilizado en la compra de alimentos y, por otra parte, como se indicó antes, aunque compren alimentos está por verse la calidad nutritiva de los mismos y su inocuidad dado que en su mayoría provienen del sistema agroalimentario corporativo que produce mercancías no alimentos.

Visto lo anterior, ¿en qué consistiría una estrategia para la SSAN en la CNB? ¿Cuáles son las posibilidades de su implementación y de que los recursos materiales y financieros y los talentos humanos necesarios para su implementación seguimiento y evaluación estén disponibles y puedan ejecutarse según lo programado?

Dado que no parece probable el apoyo gubernamental estable, para un proceso genuinamente participativo para la formulación e implementación de una Estrategia de SSAN, se requiere iniciar con un proyecto estratégico piloto en uno de los distritos de la región Nedrini. Existe experiencia en el distrito de Nole Duima para acciones comunes de diferentes actores interesados en la SSAN.

A continuación, se propone un objetivo y las acciones estratégicas que sirvan de punto de partida para el proceso de concertación/negociación de la estrategia de SSAN para la región Nedrini y en particular para el Proyecto Estratégico Piloto para la SSAN del Municipio de Nole Duima en la CNB.

El Objetivo:

Desarrollar capacidades conceptuales, metodológicas e instrumentales de las organizaciones de productores de la agricultura familiar Ngãbe Buglé de la región Nedrini, de las instituciones estatales y organizaciones no gubernamentales y de las autoridades tradicionales y administrativas para concertar, implementar, dar seguimiento y evaluar planes comunitarios de SSAN que incluyan, aumentar la producción de alimentos sanos, nutritivos y diversos, facilitar acceso a los alimentos en comedores escolares y comunitarios, mejorar los servicios básicos y el uso biológico de los alimentos disponibles.

Acciones estratégicas:

Las acciones que se presentan no constituyen una receta, sino un punto de partida para que la negociación entre actores de la SAN que actúan desde diferentes premisas, perspectivas, atribuciones y enfoques.

Acciones organizativas:

1. Negociación de un marco común de referencia para la SSAN en el distrito de Nole Duima, con los actores que actúan en uno de los municipios de la región Nedrini a través de la convocatoria a un seminario taller con ese propósito;
2. Instalación de una mesa de diálogo para la SSAN en el distrito de Nole Duima con la participación de los principales actores interesados y que actúan en el distrito desde diferentes perspectivas e intereses;
3. Negociación de los desafíos de la SSAN, relativos a la Producción agroecológica, la conservación de la biodiversidad en general y de la biodiversidad funcional en los sistemas de producción, generar circuitos locales de comercialización y la integración de las diferentes instituciones, organizaciones y promotores alrededor del objetivo estratégico para la SSAN;
4. Acordar la estructura de gestión de la Estrategia SAN que cuente al menos con un Comité de Gestión Política y un Comité de Gestión Técnica con la participación de representantes de las autoridades tradicionales y administrativas comarcales, de entidades del gobierno (MIDES, MIDA, MINSA, MIAMBIENTE, IDIAP, IMA, entre otros), de organizaciones no gubernamentales presentes en el distrito Nole Duima (Patronato de Nutrición, Cuerpo de Paz, entre otros) y de las organizaciones de productores del distrito.
5. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Producción agroecológica de alimentos

1. Negociación de planes concretos de producción agroecológica con compromisos de los productores individuales, las organizaciones de productores, las organizaciones no gubernamentales y las entidades estatales;

2. Establecimiento de huertos agroecológicos caseros, escolares y comunitarios en todo el distrito Nole Duima, los cuales además funcionen como Escuelas de Campo y faros agroecológicos municipales;
3. Capacitación (preferiblemente de Ngäbe a Ngäbe) de productores, estudiantes y servidores públicos del distrito en la producción de abonos orgánicos, bio preparados y manejo de enemigos naturales de plagas de cultivos hortícolas (parasitoides, hongos entomopatógenos, depredadores entre otros);
4. Capacitación (preferiblemente de Ngäbe a Ngäbe) de productores, estudiantes y servidores públicos del distrito en la conservación de suelos, corredores biológicos, cortinas rompevientos, y reforestación de cuencas hidrográficas;
5. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Procesamiento de alimentos

1. Introducción de cultivos biofortificados como el camote, yuca, entre otros, y promover su cultivo e incorporación en la dieta mediante su procesamiento post cosecha en conservas, encurtidos y harinas de alto contenido nutricional. Lo mismo aplica a cultivos tradicionales como el pixbae, mango, entre otros, que se encuentra disponible en algunos meses del año y su transformación y conservación garantizaría su aprovechamiento a más largo plazo;
2. Capacitación a quienes manipulan alimentos en las casas, en las escuelas y otros sitios de consumo para aprender y utilizar medidas higiénicas básicas que mejoren la calidad nutricional de los alimentos;
3. Otras acciones que se propongan y acuerden.

Otro conjunto de acciones como mejorar las vías de acceso y la provisión de servicios básicos deberán ser acordadas, así como las medidas de presión ciudadana, movilización, negociación y autogestión comunitarias que han probado efectividad en la búsqueda de atención gubernamental y consolidación de las organizaciones de producción y comunitarias.

Líneas de Investigación

En el marco de la estrategia propuesta, la investigación agroecológica participativa ocupa un lugar destacado para comprender los sistemas productivos de la agricultura familiar Ngäbe Buglé y generar información y conocimientos contexto específicos, relevantes para la disminución del hambre y la pobreza en ese territorio.

Se propone abordar el tema de investigación como parte de las acciones estratégicas para la SSAN, para lo cual se sugieren algunas líneas de investigación que servirán de base para la negociación:

- Prospección de la biodiversidad asociada a los agroecosistemas y de sus interacciones multitróficas para comprender los sistemas agroforestales de la CNB y mejorar su desempeño para aumentar la disponibilidad y variedad de alimentos;

- Conservación *in situ* y *ex situ* de la biodiversidad endémica y su uso con fines experimentales;
- Prospección y valoración de enemigos naturales de organismos nocivos y de germoplasma animal y vegetal;
- Evaluación e incorporación de material genético de alto valor nutricional y nutraceuticos en los sistemas agroforestales de la CNB, mediante procesos de concertación tecnológica.
- Diseño, implementación y evaluación de sistemas agroecológicos integrales para mejorar la SAN y superar la vulnerabilidad ambiental y socio ecológica;
 - Comprensión del funcionamiento de los agroecosistemas, por ejemplo, biodiversidad de la biología del suelo y sus funciones, mecanismos de auto regulación de plagas, entre otros;
 - Evaluación del efecto de aplicación de prácticas agroecológicas para mejorar el desempeño de los sistemas de producción;
 - Evaluación económica, ambiental e institucional de prácticas de manejo y conservación de suelos;
 - Estudios básicos para aplicación de hidroponía y agricultura en ambiente protegido para manejo eficiente de la nutrición de los cultivos y del recurso hídrico.
- Estudios básicos y eco ambientales de los servicios ecosistémicos, funciones ecológicas y su integración a los agroecosistemas para mejorar su desempeño.
- Estudios aplicados sobre manejo y gestión integrada de cuencas y microcuencas hidrográficas desde la perspectiva de Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación y la construcción social del territorio.
- Investigación e innovación tecnológica para mitigar las afectaciones que el cambio climático tenga sobre rubros de soberanía alimentaria (granos, musáceas, raíces y tubérculos, carne y leche, especies menores, entre otros).
- Diseño y validación de modos de intervención que generen tecnologías que incorporen el saber local y tradicional en la búsqueda de la sostenibilidad de los modos de vida, el manejo de la complejidad y de la incertidumbre.

CONCLUSIONES

Las siguientes conclusiones se derivan del análisis de los resultados del estudio y la puesta a prueba de la hipótesis de trabajo planteada:

- ✓ Entendidas las políticas públicas como las decisiones y acciones gubernamentales que se orientan al logro de objetivos que responden a las necesidades, demandas y aspiraciones de la sociedad de resolver problemas que afectan a la mayoría de la población, las políticas públicas para la SAN en Panamá siguen siendo una quimera, un espejismo, que solo contribuyen a la legitimación de las acciones gubernamentales y al cumplimiento de los

consensos alcanzados en cumbres y encuentros internacionales, sin lograr resolver los graves problemas que representa el sistema agroalimentario corporativo, el empobrecimiento de los productores agropecuarios, la pauperización de los sectores de capas medias y la marginación de los afectados por las condiciones de pobreza y pobreza extrema.

- ✓ En todos los instrumentos de políticas públicas alimentarias de Panamá, está ausente el enfoque de Soberanía Alimentaria, por lo que se mantiene como una reivindicación de los productores, que se expresa en la defensa de la producción nacional, en el llamado a consumir los productos nacionales y al control de las importaciones de alimentos.
- ✓ Es posible avanzar en el logro de la SSAN “desde abajo”, con acciones concertadas de los actores locales interesados en la construcción social de su territorio y en la sostenibilidad de sus modos de vida.
- ✓ La investigación agroecológica participativa y el escalamiento de la agroecología en el contexto de su aplicación e implicaciones es una alternativa para avanzar en el logro de los objetivos de SSAN.
- ✓ Las Universidades y los Institutos Nacionales de Investigación deben liderar los esfuerzos de desarrollo de capacidades para la SSAN, en especial en el establecimiento de líneas de investigación agroecológica, la formación de investigadores agroecólogos y en la asignación de recursos y talentos a la formulación de estrategias territoriales para la SSAN.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Altieri, M.A. (2013). Construyendo resiliencia socio-ecológica en agroecosistemas: algunas consideraciones conceptuales y metodológicas. *En: Agroecología y resiliencia socioecológica: adaptándose al cambio climático*. Clara I. Nicholls, Leonardo A. Estrada, Alberto Ríos Osorio y Miguel Altieri, editores. REDAGRES, Medellín, Colombia. 94-104. 2013. ISBN 978-958-8790-32-9.
- *Álvarez, F., Mato Bode, M. A., Santamaría-Guerra, J., Cheaz, J., y De Souza Silva, J. (2005). *El Arte de Cambiar las Personas que Cambian las Cosas: El cambio conceptual del ser humano desde su contexto cambiante*. Red Nuevo Paradigma; Quito, (ISBN-9978-44-622-2).
- *ANAM-GTZ. 2003. ANAM-GTZ (Autoridad Nacional del Ambiente-Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (2003). Proyecto Agroforestal Ngäbe. San Félix, Comarca Ngäbe Buglé (CNB), Panamá.
- *Altieri, M. A. y Nicholls, Cl. (2011). Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el Siglo XXI. *Agroecología*, ISSN 1887-1941, ISSN-e 1989-4686, N^o. 6, 2 págs. 28-37.
- *Altieri, M. A., y Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution of Latin America: rescuing nature, securing food sovereignty and empowering peasants. *The Journal of Peasant Studies* Vol. 38(3): 587–612.

- *Anzola de Parra, D., y Jiménez Ortiz, R. (2010). Referente conceptual y operativo para la estructuración de líneas de investigación. *Revista Ciencias de la Educación* Vol. 20(36): 226-246.
- *Congreso General de la Comarca Ngäbe-Buglé [CGNB]. (2013, agosto). Plan Estratégico de Desarrollo Integral de la Comarca Ngäbe-Buglé 2014-2029. Informe Principal. Documento de Compromiso entre la Dirigencia Indígena de las Comunidades Ngäbe Buglé y el Estado Panameño en la Mesa del Diálogo. San Félix.
- *De Souza Silva, J., Cheaz, J., Santamaría Guerra, J., Mato Bode, M. A., Valle Lima, S., Gomes De Castro, A. M., Álvarez-González, F. J. (2005). *La Innovación de la Innovación Institucional: de lo universal, mecánico y neutral a lo contextual, interactivo y ético desde una perspectiva latinoamericana*. Quito: Artes Gráficas Silva ISBN-9978-44-632-X.
- *De Souza Silva, J. (2014). *Agroecología: Uma ciência para a vida e não para o desenvolvimento*. Resenha del libro AGROECOLOGIA: princípios e reflexões conceituais. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 245 p. (Coleção Transição agroecológica, 1). *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, Brasília, v. 31, 1:163-168
- *Echeverry, R. (2012). Pactos territoriales para el desarrollo rural. Dirección: Guillermo Solarte Lindo, Cámara y edición: Edwin Daniel Díaz. Recuperado de Corporación Latinoamericana Misión Rural – Misión Tierra Territorios. <https://www.youtube.com/watch?v=33-GOrej5CU>.
- *Engel, P.G.H. (1997). *The social organization of innovation: A focus on stakeholder interaction*. Royal Tropical Institute (KIT) Publishers, Amsterdam, The Netherlands.
- OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations/United Nations Capital Development Fund. (2016) "A territorial approach to food security and nutrition policy: The case of Peru", En *Adopting a Territorial Approach to Food Security and Nutrition Policy*, OECD Publishing, Paris.
- *FAO/OCDE/FNUDC (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación-Fondo de las Naciones Unidas para el Desarrollo de la Capitalización-Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico). (2016). *Adopting a territorial approach to food security and nutrition policy*. <https://doi.org/10.1787/9789264257108-en>
- *FAO (14 de diciembre de 2018). *El Estado de la Inseguridad Alimentaria y la Nutrición en el Mundo: Fomentando la resiliencia climática en aras de la Seguridad Alimentaria y la Nutrición*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de <http://www.fao.org/3/I9553ES/i9553es.pdf>
- Ferre, M., y Soler Montiel, M. (s.f.). *El enfoque de la soberanía alimentaria: más allá de la seguridad alimentaria*. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <http://www.fes-sociologia.com/files/congress/10/grupos-trabajo/ponencias/892.pdf>

- *González Dufau, G. I., Santamaría Guerra, J., Torres, L., Santos, U., y Sanjur, M. (2018). Manejo ecológico de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) en Cerro Tula, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá. *Cadernos de Agroecología. Anais do VI Congresso Latino-americano de Agroecologia*.
- *Him, M.I. (2017). *Las transferencias monetarias condicionadas como instrumento de reducción de la pobreza: incidencia sobre la formación de capital humano del programa red de oportunidades (2010-2014) en Panamá*. Tesis doctoral para optar por el grado de doctora. Universidad de Valladolid, España. 15 de junio de 2017.
- *IDIAP/PNB/FIS/FIDA (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá-Proyecto Ngäbe Buglé-Fondo de Inversión Social-Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola). (2009). *Plan General de Generación y Transferencia de Tecnología para la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción de la Agricultura Ngäbe-Buglé*. San Félix, Comarca Ngäbe-Buglé, Panamá.
- IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2012). *Metodología IDIAP para la Innovación Tecnológica de los Sistemas de Producción de la Agricultura Familiar* (1 Película 15 min. 19 seg., son. color.). <https://www.idiap.gob.pa/publicaciones/videos>. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=wWHWuiRssOo>
- *IDIAP (Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá). (2019). *Investigación agroecológica participativa en la Comarca Ngäbe Buglé*. [1 Película 16 min. 19 seg., son. color.].
- *IGNTG (Instituto Geográfico Nacional “Tommy Guardia”, Panamá). (2013). República de Panamá, Panamá. Esc. 1:5,8000,000. 1 h. Color. (Mapas Topográficos. Panamá, República de Panamá).
- *INCAP (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá). (2012). Obtenido de Política de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y República Dominicana 2012 – 2032.: <http://www.incap.int/index.php/es/acerca-de-san/san-en-breve>
- *INEC. (2011). Séptimo Censo Nacional Agropecuario. Resultados Básicos. Volumen IV: Cultivos anuales o Temporales. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Contraloría General de la República de Panamá. Contraloría General de la República de Panamá. <https://www.contraloria.gob.pa/inec/>
- *Köppen, W.; Geiger, R. (1928). *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150 cm x 200 cm.
- *McMichael, P. (2009). A food regime genealogy. *The Journal of Peasant Studies*, 36(1), 139-169. doi:10.1080/03066150902820354
- *MIDES. (2017). Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021. Ministerio de Desarrollo Social, SENAPAN (Secretaría Nacional para el Plan Alimentario y

Nutricional), Panamá. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <https://www.mides.gob.pa/wp-content/uploads/2017/03/Plan-SAN-Panamá-2017>.

MIDES. (s.f.). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021*. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <https://www.mides.gob.pa/wp-content/uploads/2017/03/Plan-SAN-Panamá-2017.pdf>

MIDES (Ministerio de Desarrollo Social, PA). (s.f.). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Panamá 2017-2021*. Red de Oportunidades Recuperado el 13 de diciembre de 2018 de <https://www.mides.gob.pa/programas/red-de-oportunidades/>

*Mier y Terán, M., Giraldo, O., Aldasoro, M., y Mora, H. (2018). Bringing agroecology to scale: Key drivers and emblematic cases. *Agroecology and Sustainable Food System*, 42(6), 637–665. Doi.org/10.1080/21683565.2018.14433

*Morrel, M. (2006). Estado de la Seguridad Alimentaria y Nutricional en Panamá. FAO, Guatemala.

*Mançano Fernández, B. (2016). Territorios y Soberanía Alimentaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Rurales*, 28-38.

*Palacio, E., Santamaría Guerra, J., Torres, L., Sánchez, E., y González D., G. I. (2014). Manejo agroecológico de plagas y enfermedades del Cultivo de café (*Coffea arabica* y *Coffea canephora*) en la Comarca Ngäbe Buglé.

Pérez Guardia, R., J. Santamaría G., R. Tarté, D. Concepción, C. Guerra, M. De Gracia, J.L. Pacheco y C. Taylor. (2004). Marco Orientador de las Políticas y Estrategias de Investigación-Innovación Agropecuaria 2004-2020 en Panamá. Panamá Agosto, 2004.

*Nicholls, C. I., y Altieri, M. A. (2013). Agroecología y resiliencia al cambio climático. En M. A. Altieri, y C. I. Nicholls, *Agroecología y cambio climático: metodologías para evaluar la resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales* (págs. 7-20). Lima-Perú.

*Nivia, E., Perfecto, I., Ahumada, M., Luz, K., Pérez, R., y Santamaría, J. (2009). La Agricultura en América Latina y el Caribe: Contexto, Evolución y Situación Actual. En IAASTD, *Evaluación Internacioanal del Conocimineto, Ciencia y Tecnología en el Desarrollo Agrícola* (Vol. III, págs. 1-76). Washington, D.C.: Island Press.

*Parmentier, S. (2014). *Scaling-up agroecological approaches: What, why and how?* Belgium: Oxfam Solidarity.

*PAN-INRENARE-GTZ (Proyecto Agroforestal Ngäbe Buglé, Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables, Agencia de Cooperación Técnica Alemana). (1997). Diagnóstico de la situación política, legal, institucional y administrativa concerniente al manejo de los recursos naturales renovables en el área de la Comarca Ngöbe Buglé. San Félix, Panamá.

- *Pérez Guardia, R., Santamaría Guerra, J., Tarté, R., Concepción, D., Guerra, C., De Gracia, M., Taylor, C. (2004). Marco Orientador de las políticas y estrategias de investigación-innovación agropecuaria 2004-2020 en Panamá. Panamá: IDIAP.
- *Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica [PESA]. (2011). Seguridad Alimentaria y Nutricional. Conceptos Básicos. Recuperado el 13 de diciembre de 2018, de <http://www.fao.org/3/a-at772s.pdf>
- *Rojas Meza, J. E. (2007). Cooperativismo y desarrollo humano: análisis comparativo entre socios y no socios de la cooperativa Tosepan Titatanniske, Puebla, México. Puebla, México: Colegio de Post Graduados. Rivera.
- *Rojas Meza, J. E. (13 diciembre de 2018). *Bases conceptuales y metodológicas de la SSAN*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria. Programa de Doctorado en Agroecología, Entorno Virtual de Aprendizaje, Ponencia; Archivo subido el 5 de diciembre 2018. <https://eva.una.edu.ni/course/view.php?id=599>. Consultado 5 de diciembre 2018.
- *Röling, N y Wagemakers, M.A.E. (1998). A new practice: Facilitating sustainable agriculture, *En*: Röling, N.; Wagemakers, M.A.E. Eds: Facilitating sustainable agriculture. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1998. 348 p.
- *Rosset, P.M. y Altieri, M. A. (2017). Agroecology: Science and politics. Manitoba, Canada: Fernwood Publishing.: <http://www.fao.org/3/a-i4729e>
- *Santamaría Guerra, J. (2003). Institutional innovation for sustainable agriculture and rural resources management: Changing the rules of the game. Ph.D. Thesis. Wageningen, The Netherlands. Wageningen University. 215 p.
- *Santamaría Guerra, J. (2004). Theories of action for institutional innovation of rural research and development organizations. ISNAR Briefing Paper 74. International Service for National Agricultural Research, The Hague, The Netherlands. 12 p.
- *Santamaría Guerra, J. (2005). Gestión Integrada del Conocimiento y la Innovación: El enfoque contexto céntrico para la investigación y el desarrollo rural (en línea). Taller Alianzas de Aprendizaje, ICRA, SETEDER y CATIE, Santo Domingo de Heredia, del 18 al 20 de abril del 2005. <http://www.icra-edu.org/page.cfm?pageid=publicengworkshop>. Santamaría Guerra 2003, 2004, 2005;
- *Santamaría Guerra, J. (2007). Innovación Institucional y Desarrollo Territorial: La teoría de acción contextual para la sostenibilidad del desarrollo territorial. Memoria del III Encuentro Latinoamericano, Retos del Desarrollo Local: "Gestión innovadora de territorios: descentralización, competitividad, participación". Quito, Ecuador.

- *Santamaría Guerra, J.; Palacio R., E; González D.; Mariano, I. 2015. Innovación tecnológica de sistemas de producción de la agricultura familiar en Hato Horcón, Comarca Ngäbe-Buglè, Panamá *Revista Ciencia Agropecuaria Panamá* 23, 1-19.
- *Santamaría Guerra, J. (2015, agosto). Innovación Agroecológica Participativa para la Sostenibilidad de la Agricultura Familiar Ngäbe Buglè, Panamá. Conferencia. En Memoria del Congreso Científico Internacional del Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP), Panamá.
- *Santamaría Guerra, J., y González Dufau, G. I. (2017). The contribution of agroecology to the persistence of family agriculture in Panama. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3-4), 349-365. doi: org/10.1080/21683565.2017.1286281
- *Sarandón, S. J. (2018, octubre). Potencialidades, limitaciones y desafíos de la investigación en Agroecología. Conferencia en VII Congreso Latinoamericano de Agroecología. Mesas Redondas: www.agroecología.2018.com
- *Sarandón, S.J.; Flores, C.C.; Gargoloff, A.; Blandi, M.L. (2014). Análisis y evaluación de agroecosistemas: construcción y aplicación de indicadores. *En: Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables /Santiago Javier Sarandón, S.J; Flores, C.C. (coord.) - 1a ed. - La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2014, p. 375-410. E-Book: ISBN 978-950-34-1107-0*
- *SENAPAN. (s.f.). SENAPAN. Recuperado el 19 de diciembre de 2018, de Secretaria Nacional para el Plan de Seguridad Alimentaria y Nutricional: <http://www.senapan.gob.pa/quienes-somos/>
- *Torres, L., Santamaría Guerra, J., Santos, U., Salmerón, F. y Montezuma, V. (s.f.). Agro-ecological innovation of agroforestry systems of the Comarca Ngäbe-Buglé. Sometido a *Revista Agroecologia de la Universidad de Ciencias Agrarias. UNCuyo-Mendoza.Argentina* (en revisión).
- Vásquez, L.L. (2013). Diagnóstico de la complejidad y de los diseños y manejo de la biodiversidad en sistemas de producción agropecuaria en transición hacia la sostenibilidad y resiliencia. *Agroecología*, v. 8, n.1, p. 33-42.

Créditos

Edición: Neysa Garrido

Julio Santamaría G.

Diagramación: Gregoria Hurtado

Portada: Emiliano Velarde

Gregoria Hurtado

Derechos reservados: IDIAP 2019

Ciudad del Saber,