

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

Revista Centroamericana de Investigación y Postgrado  
Universidad de San Carlos de Guatemala

ISSN: 2409-3459

Volumen 6 Número 2

julio / diciembre 2019

Artículos científicos

Artículos de revisión

Ensayos científicos

Resúmenes de congresos

Reporte de casos

Reseñas



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala



**DG** Dirección General  
de Investigación  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**CG-sep**  
Coordinadora General  
Sistema de Estudios de Postgrado





Ciencia, Tecnología y Salud es una publicación de la Dirección General de Investigación (Digi), con la colaboración de la Coordinadora General del Sistema de Estudios de Postgrado (CG-SEP), de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt). Está orientada a divulgar investigaciones originales en las áreas de ciencias, tecnologías y salud humana y animal. Constituye una publicación en formato digital Open Journal System (OJS) en línea, y semestral en forma impresa. Los manuscritos aceptados para publicación son sometidos a procesos de arbitraje por revisores externos, lo que garantiza al lector y autores un alto nivel y rigor académico. Aprobada en el punto Séptimo, Inciso 7.1 del Acta No. 20-2014 de la sesión ordinaria celebrada por el Consejo Superior Universitario, el día miércoles 12 de noviembre de 2014.

500

C569 Ciencia, Tecnología y Salud / Revista Centroamericana de Investigación y Postgrado.  
-- Volumen 6, número 2. (julio / diciembre 2019). -- Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, Coordinadora General del Sistema de Estudios de Postgrado, Unidad de Publicaciones y Divulgación, 2019.  
volumenes : ilustraciones ; 27 cm.

Semestral

ISSN impreso: 2409-3459  
ISSN electrónico: 2410-6356

Disponible en: <http://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas>

1. Alimentación 2. Agronomía 3. Biología 4. Conservación de los recursos naturales  
5. Física 6. Industrias 7. Matemática 8. Medicina 9. Medio ambiente natural  
10. Recursos naturales 11. Salud pública 12. Química I. Dirección General de Investigación II. Coordinadora General del Sistema de Estudios de Postgrado

## Universidad de San Carlos de Guatemala

**Murphy O. Paiz Recinos**  
Rector

**Carlos E. Valladares Cerezo**  
Secretario General

**Félix Aguilar Carrera**  
Director General de Investigación, Digi

**Julio R. Salazar Pérez**  
Coordinador General de Programas, Digi

**Jorge Ruano Estrada**  
Coordinador General, SEP

La correspondencia debe ser dirigida a:

**Armando Cáceres Estrada**  
Edificio S-11, 3<sup>er</sup>. Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12  
Teléfono: 2418 7950  
Correo: [cts@digi.usac.edu.gt](mailto:cts@digi.usac.edu.gt)



**Fotografía de portada:** Helmer Ayala.

**Descripción de la fotografía de portada:** Árbol de Crecencia alata Kunth, con frutos para ser transformados. Tomada en Rabinal, Baja Verapaz en 2016.

La reproducción total o parcial del contenido e imágenes de esta publicación se rige de acuerdo a normas internacionales sobre protección a los derechos de autor, con criterios especificados en la licencia Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0)

©Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación, 2019  
Los textos publicados en este documento son responsabilidad exclusiva de sus autores.

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

---

## Directorio / Board-Staff

---

---

### Director de la revista

---

**Félix Aguilar-Carrera**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Editor en jefe

---

**Félix Aguilar-Carrera**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Editor Adjunto

---

**Armando Cáceres**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Co-editores y Editora Ejecutiva

---

**Augusto S. Guerra-Gutiérrez**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**María R. Godínez**

Sistema de Estudios de Postgrado, Usac, Guatemala

**Andrea E. Rodas-Morán**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala  
Asistente de Editores

---

### Comité Editorial

---

**Liuba M. Cabrera-Ovalle**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**Oscar M. Cobar-Pinto**

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología

**José A. Franco**

Universidad del Norte de la Florida

**Dennis Guerra-Centeno**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Usac, Guatemala

**Hugo R. Muñoz-Roldán**

Facultad de Odontología, Usac, Guatemala

**Oscar F. Nave**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,  
Usac, Guatemala

**Julio R. Salazar-Pérez**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**Hilda E. Valencia-Marroquín**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**Erick J. Velásquez-Castillo**

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología

**Patricia Velez-Möller**

Facultad de Ciencias Médicas, Usac, Guatemala

---

### Consejo Editorial

---

**Ania Torres**

Centro Nacional Coordinador de Ensayos Clínicos  
(Cencec), Cuba

**Mary Almanzar Santos**

Universidad Autónoma de Santo Domingo,  
República Dominicana

**Carolina Arévalo Valdéz**

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Guatemala

**Byron Calgua**

Naciones Unidas, Suiza

**Silvia Duran**

Universidad Autónoma de Nicaragua (Unan-Leon),  
Nicaragua

**Fernando García-Santamaría**

Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica

**Cristian Kraker-Castañeda**

Colegio de la Frontera Sur, México

**Eduardo López-Bastida**

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cuba

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

## Directorio / Board-Staff

---

**Carmen E. Madriz**

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

**María C. Monroy**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Usac, Guatemala

**Leonardo Mendoza-Blanco**

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Unan-León),  
Nicaragua

**Enrique Pazos**

Escuela de Física y Matemáticas, Usac, Guatemala

**José L. Plazao-Prado**

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

**María G. Reyes**

Universidad Marítima Internacional de Panamá, Panamá

**Francisco Romero-Royo**

Universidad Tecnológica Nacional, Costa Rica

**Benjamin A. Rosales-Rivera**

Universidad Nacional de Ingeniería (Uni), Nicaragua

**Igor I. Slowing-Umaña**

Iowa State University, United States of America

**Janzel Villalaz**

Universidad de Panamá, Panamá

---

**Unidad de Publicaciones y Divulgación**

---

**Marlene P. Pérez-Muñoz**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**M. Alexander Alegria-Monterroso**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

**Asesores de edición**

---

**Dara S. Higueros-Pellecer**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**José D. Marroquín**

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala



---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

---

## Contenido / Contents

---

### Presentación/ Presentation

Félix Aguilar-Carrera.....89

### Editorial / Editorial .....90

### Artículo Científico / Scientific Article

#### **Bovine freeze-dried blood as alternative for feeding of screwworm larvae**

*Sangre liofilizada bovina como alternativa para la alimentación de larvas del gusano barrenador del ganado*

Diego Medina-Arellano .....91

#### **Enemigos naturales nativos de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de ejote francés en Chimaltenango, Guatemala**

*Native natural enemies of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) in French bean crop in Chimaltenango, Guatemala*

Claudia E. Toledo-Perdomo .....98

#### **Aporte al conocimiento de la conectividad del manglar de Las Lisas-La Barrona, Guatemala**

*Contribution to knowledge of mangrove connectivity of Las Lisas-La Barrona, Guatemala*

Celia V. Dávila-Pérez, Manolo J. García, Pilar M. Velásquez-Jofre .....107

#### **Primera aproximación al uso de la ocupación del tapir (*Tapirella bairdii* Gill, 1865) como indicador de la integridad ecológica en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala**

*First approach to the use of Baird's Tapir (*Tapirella bairdii* Gill, 1865) occupancy as an indicator of ecological integrity in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala*

Manolo J. García, Raquel S. Leonardo, Vivian R. González-Castillo, Gerber D. Guzman-Flores, Nery Jurado, Mynor A. Sandoval, Carlos A. Gaitán, Adriana Rivera, Andrea L. Aguilera, María G. Cajbon-Vivar, Cristel M. Pineda, Ana L. Lobos .....120

#### **Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica**

*Content of trace elements and antinutritional factors in edible leaves native to Mesoamerica*

Armando Cáceres, Vicente Martínez-Arévalo, Max S. Mérida-Reyes, Anibal Sacbajá, Alejandra López y Sully M. Cruz .....132

#### **Uso de plasma rico en fibrina comparado con colágeno en el tratamiento de recesión gingival utilizando la técnica estenopéica. Ensayo clínico aleatorizado**

*Use of fibrin-rich plasma compared to collagen in the treatment of gingival recession using the stenopic technique. Randomized clinical trial*

José M. López-Robledo, Leonel A. Roldán .....149

#### **Dengue outbreaks pattern in southern Guatemala**

*Patrón de brotes de dengue en la región sur de Guatemala*

Juan A. Ponciano, William Polanco, Marlon Barrios .....158

### Artículo de Revisión / Review Article

#### **Acceso y participación justa y equitativa en los beneficios que derivan de la utilización de los recursos genéticos (APB): estado actual en Guatemala**

*Access and fair and equitable benefits sharing in the derived from the use of genetic resources (ABS): current status in Guatemala*

José V. Martínez-Arévalo, Zonia Zacarias, Mercedes Barrios, Helmer Ayala .....171

### Instrucciones para autores

*Instructions for authors* .....189

### Revisores de este volumen

*Reviewers of this issue* .....191





---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

## Presentación / Presentation

---

Hace cinco años un grupo de profesionales de la Tricentennial Universidad de San Carlos de Guatemala, asumen el reto de impulsar dos revistas que permitan visibilizar las investigaciones científicas que se realizan en la Universidad. No pasaría mucho tiempo para que estas dos revistas de la Universidad, se trazaran como meta ser un referente en Centro América en el ámbito de las publicaciones científicas, meta que hoy en día a trascendido estas fronteras con la participación de científicos de toda América, quienes han confiado sus manuscritos para ser publicados en las revistas *Ciencia, Tecnología y Salud* y *Ciencias Sociales y Humanidades*.

Para las Universidades es importante contar con estos mecanismos que facilitan la divulgación de los resultados de la investigación científica a nivel regional, fomentando con ello la creación de redes de investigadores, evaluadores y lectores que rompen con la endogamia que evita que los conocimientos generados puedan ser sometidos a validación y transferidos para beneficio de la humanidad.

A través de estas dos revistas científicas, la Dirección General de Investigación ha podido fomentar

una cultura de divulgación de los resultados de la investigación científica en el Sistema de Investigación Universitario, dando soporte a otras revistas de la Universidad que incursionan en este mundo de las revistas científicas de investigación.

Dentro de este proceso de fortalecimiento, la actual administración rectoral adquirió el Digital Object Identifier (doi) de la Universidad de San Carlos, con el cual se espera potenciar el factor de impacto de las revistas de investigación, con el objetivo de universalizar el conocimiento científico que aportan las revistas universitarias.

Desde la Dirección General de Investigación, deseo patentizar un reconocimiento a todas las personas que intervienen en el proceso editorial y de logística de estas revistas, dado que sin el apoyo decidido que le han dado a este proceso, estas revistas no tendrían el reconocimiento alcanzado.

Finalmente, presento al lector, este número de la revista *Ciencia, Tecnología y Salud*, el cual aborda una serie de problemáticas analizadas e investigadas a través de metodologías propias de las ciencias técnicas.

Félix Aguilar-Carrera  
Director General de Investigación

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

---

## Editorial / Editorial

---

El desarrollo social está estrechamente relacionado con la producción, difusión y aplicación equitativa del conocimiento científico y tecnológico. Los países que más invierten en la producción de conocimiento e innovación tecnológica, también presentan los mejores indicadores de desarrollo humano. La misma dinámica muestran las instituciones y empresas que permanentemente están innovando sus procesos productivos. *Ciencia, Tecnología y Salud*, es una revista científica centroamericana, digital, indexada en varias bases, disponible en línea, de distribución gratuita, con periodicidad semestral, la cual se edita en la Dirección General de Investigación (Digi) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac). Desde este espacio académico se busca vincular el conocimiento científico con tomadores de decisión política que procuran el bienestar común y también se pretende enlazar resultados académicos de interés para sectores productivos.

La revista *Ciencia, Tecnología y Salud* tiene como propósito fundamental contribuir al progreso social y al bien común, a través de ella se socializa conocimiento producido en los diversos estudios de Postgrado, en el Sistema de Investigación de la Usac y de otros espacios donde se genere investigación científica.

El contenido de este volumen ofrece al lector artículos científicos y artículos de revisión, con el siguiente contenido: “Sangre liofilizada bovina como alternativa para la alimentación de larvas del gusano barrenador del ganado”, es un interesante artículo que presenta una alternativa biológica para el control de exoparásitos en bovinos. “Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica”; este artículo nos muestra el valor nutricional de las plantas silvestres o cultivadas comestibles nativas de las poblaciones que han habitado Mesoamérica, particularmente la cultura maya. “Patrón de brotes de dengue en la región sur de Guatemala”; un documento revelador que con bases matemáticas nos muestra la dinámica del clima tropical y su efecto en los pobladores en regiones endémicas del dengue. “Uso de plasma rico en fibrina comparado con colágeno en el tratamiento de recesión gingival utilizando la técnica este-

nopéica, ensayo clínico aleatorizado”; este artículo muestra una solución a la recesión gingival que afecta la salud bucal, y que al aumentar con la edad, acarrea hipersensibilidad dental, antiestética y caries radicular. “Primera aproximación al uso de la ocupación del tapir (*Tapirella bairdii* Gill, 1865) como indicador de la integridad ecológica en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala”; este artículo evidencia el valor de las especies de mamíferos mayores para la conservación de los ecosistemas tropicales, especialmente en una región frágil como la Biosfera Maya en el departamento de Petén. “Enemigos naturales nativos de mosca blanca (*Hemiptera: Aleyrodidae*) en el cultivo de ejote francés en Chimaltenango, Guatemala”; un dato importante para el control biológico de un insecto que durante los últimos años ha evolucionado con altos niveles de resistencia a los agroquímicos y se busca su control biológico en resguardo de los ecosistemas y de la salud de los consumidores. “Aporte al conocimiento de la conectividad del manglar de Las Lisas-La Barrona, Guatemala”; este artículo hace un interesante enfoque ecosistémico, con el fin de contribuir a conservar los corredores biológicos tropicales.

Asimismo, tenemos el agrado de presentar a la comunidad científica un interesante artículo de revisión relacionado con el uso equitativo de los recursos filogenéticos de una importante región mesoamericana, mismo que se recomienda una lectura detenida, dado que el sujeto de estudio es parte del patrimonio natural de la fitósfera maya, el mismo se titula: “Acceso y participación justa y equitativa en los beneficios que derivan de la utilización de los recursos genéticos (ABS): estado actual en Guatemala”.

Finalmente instamos a científicos, profesionales y lectores a usar esta fuente de creciente interés para la visibilización de las investigaciones científicas en Centroamérica y mantener abierto el diálogo entre los diversos académicos y público de la región.

Augusto S. Guerra-Gutiérrez  
Co-editor

## Bovine freeze-dried blood as alternative for feeding of screwworm larvae

Sangre liofilizada bovina como alternativa para la alimentación  
de larvas del gusano barrenador del ganado

Diego Medina-Arellano\*

Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá

\*Autor al que se dirige la correspondencia: iddiego1989@hotmail.com

Recibido: 16 de mayo 2019 / Revisión: 19 de septiembre 2019 / Aceptado: 07 de octubre 2019

### Abstract

The myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) or screwworm is considered one of the most traumatic and relevant to the region due to its economic implications and its importance in public health. The purpose of this study was to compare the reproductive and developmental indexes of screwworm using citrated and freeze-dried bovine blood, spray-dried bovine blood (currently used by Panama-United States Commission for the Eradication and Prevention of Screwworm -acronym in spanish [Copeg]) and bovine citrated liquid blood. The use of freeze-dried arises through the premise that, due to its process of elaboration constitutes an alternative of better quality for the feeding of the screwworm in function of the integrity of sanguine proteins during its processing. For the comparison of the different diets, the following parameters were used: pH, total pupae weight, pupae size, total pupae volume, emergency percentage, oviposition percentage and hatching percentage. In the case of freeze-dried blood, it showed better mean (standard deviation) indexes of emergence, 83.42 (11.45), and 73.11 (15.97) ( $p = .01$ ); and hatching, 89.70 (8.88), and 84.08 (8.29), ( $p = .004$ ) compared to the diet based on spray-dried blood. By virtue of the above, freeze-dried blood proved to be a source of protein with potential to develop insect breeding programs.

Keywords: *Cochliomyia hominivorax*, insects rearing, reproductive and developmental indexes, larval diet.

### Resumen

La miasis causada por *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) o gusano barrenador del ganado (GBG) es considerada una de las más traumáticas y relevantes para la región debido a sus implicaciones económicas y su importancia en la salud pública. El propósito de este estudio fue comparar los índices reproductivos y de desarrollo del GBG con sangre bovina liofilizada citratada, sangre bovina secada por pulverización (actualmente utilizada por la Comisión Panamá-Estados Unidos para la Erradicación y Prevención del Gusano Barrenador del Ganado [Copeg]) y sangre líquida bovina citrada. El uso de liofilizado surge bajo la premisa de que, debido a su proceso de elaboración, constituye una alternativa de mejor calidad para la alimentación del GBG en función de la integridad de las proteínas sanguíneas durante su procesamiento. Para la comparación de las diferentes dietas, se utilizaron los siguientes parámetros: pH, peso total de las pupas, tamaño de pupas, volumen total de pupas, porcentaje de emergencia, porcentaje de oviposición y porcentaje de eclosión. En el caso de la sangre liofilizada, mostró mejores promedios (desviación estándar) de índices de emergencia, 83.42 (11.45) y 73.11 (15.97) ( $p = .01$ ), y eclosión, 89.70 (8.88) y 84.08 (8.29) ( $p = .004$ ) en comparación con la dieta basada en sangre secada por pulverización. En virtud de lo anterior, la sangre bovina liofilizada demostró ser una fuente de proteína con potencial para desarrollar programas de crianza de insectos.

Palabras claves: *Cochliomyia hominivorax*, crianza de insectos, índices reproductivos y de desarrollo, dieta larvaria.



## Introduction

The myiasis caused by *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel) or screwworm is considered one of the most traumatic and relevant to the region, due to its economic impact due to treatment costs, inspections and daily management in livestock farms (Pitti et al., 2011). On the other hand, the reduction in livestock production and mortality has direct effects on food security in the region, as well as implications for public health (Vargas-Terán, Hofmann, & Tweddle, 2005). Due to these factors, during the 1950 decade several studies were carried out that led to the development of the sterile insect technique, through the populations of this parasite were eradicated from wide geographical areas, avoiding economic losses of approximately USD\$300 million only in the state of Texas and USD\$588 million in Central America (Wyss & Galvin, 1996). In the other hand, Grisi and others, (2014) reported losses caused by *C. hominivorax* that ascends to USD\$0.34 billion each year in Brazil related to cattle productivity.

Since 2006 the Commission for the Eradication and Prevention of Screwworms (Copeg) is the institution in charge of producing and dispersing sterile flies, activities that together with epidemiological surveillance guarantee the maintenance of the permanent biological barrier to prevent this parasite. Currently, Copeg uses bovine whole blood powder, dehydrated hen whole egg and dehydrated soy milk for the feeding of screwworm larvae (Chaudhury, Chen, Sagel, & Skoda, 2015) combined with cellulose fiber that fulfills function of breeding medium (Chaudhury & Skoda, 2007). This combination provides a suitable environment for the development of individuals. However, the supply of powdered bovine blood due to the high cost and irregularity to obtain it, is one of the problems of the institution (Chaudhury et al., 2015).

In the screwworm breeding program, larval feeding is the most represented in operating costs (Mas-trangelo, Bezerra, & Fernandes 2014). The inputs used to develop the screwworm larvae diet constitute a cost of USD\$0.19-0.22 per 1,000 larvae produced. Therefore, the development of practical, effective and economic diets conforms a constant target (Forero, Cortés, & Vilamil, 2007). Low-cost and locally available protein provides a solution for formulating diets at lower costs (Chen, Chaudhury, Sagel, Phillips, & Skoda, 2014).

Additionally, the use of powdered and dehydrated blood at high temperatures (~ 175°C) -spray drying- (currently used by Copeg) decreases the nutritive value

of plasma proteins (Delaney, 1975) due to the damage of their covalent bonds when exposed to temperatures higher than 100°C (Somero, 1995).

According to U.S. Patent No. 5,690,963 (1997), the term lyophilization -freeze-drying- corresponds to the freezing of a substance, then to reduce the concentration of one of the solvents through sublimation, desorption, and vacuum. Lyophilization is a potential approach for the preservation of blood cells in the long term (Yu et al., 2004), since this process prevents chemical and morphological changes in erythrocytes, specifically in the surface-volume range, internal viscosity and membrane rigidity (Han et al., 2005; Scott, Lecak, & Acker, 2005; Sowewimo-Coker, Goodrich, Zerez, & Tanaka, 1993). On the other hand, the viability for its subsequent storage is given by maintaining the integrity of the blood for ten months at room temperature, while its reconstitution with water provides a stability of two weeks (Subramanian, Mérangerm, & Connor, 1985; Yu et al., 2004).

The search for alternatives for the inputs used in formulating specialized diets in insect eradication programs is a constant activity and does not only mean achieving the efficiency of their activities, but also constitutes the sustainability of the projects and the development of specimens with better physical and reproductive characteristics compared to their competitors in the field. Therefore, this study consisted of evaluating bovine freeze-dried blood as an alternative for feeding screwworm larvae and determining its impact on the reproductive and development indexes of this insect.

Given the circumstances, this study aims to evaluate freeze-dried blood as a substitute for the preparation of screwworm larvae diets comparing it with spray dried blood and fresh blood. Freeze-dried blood constitutes a local and available raw material. In addition the lyophilized process guarantees that the blood components do not undergo morphological/chemical changes. Therefore, the ingested protein is of higher quality, translating into obtaining better developmental and reproductive indexes for the screwworm breeding program.

## Materials and methods

### Dietary ingredients and insects

Fresh bovine blood was obtained from a local abattoir and mixed with sodium citrate (Sigma-Aldrich; 4 g/100 ml of blood) (Chaudhury, Skoda, & Sa-

gel, 2011). Spray-dried whole bovine blood and spray-dried poultry eggs were purchased from the California Spray Dry Co. (Stockton, CA), and powdered milk was from the Calva Products Inc. (Acampo, CA). Tests were conducted on the Panama-J06 strain of screwworm developed from screwworm flies collected from Jamaica in 2006. This study was conducted at the Agricultural Research Service (ARS) facilities (BSL-3) of Copeg, located in the community of Pacora, Panama.

The freeze-drying process was carried out using citrated bovine blood (Chaudhury et al., 2011) and frozen at  $-20^{\circ}\text{C}$  (Quan et al., 2004), in a lyophilizer Labconco® model 7750020, where a temperature of  $-45^{\circ}\text{C}$  (Han et al., 2005) and a pressure of 0.77 mbar were constant (U.S. Patent No. 5,690,963, 1997). With regard to lyophilized time, it took 48 h non-continuous to process batches of  $\sim 2$  kg, having a loss of  $\sim 72\%$  of the total volume, similar as presented by Rindler, Lüneberger, Schwindke, Heschel, and Rau (1999).

### Preparation of diets

Three diets were tested using a different type of bovine processed blood. The standard rearing medium (Production Diet) served as Control 1, which was prepared by mixing cellulose fiber (5.25 %) (Chaudhury & Skoda, 2007), spray dried blood (4.5 %), spray-dried poultry eggs (5.0 %), powdered milk (4.5 %), formaldehyde (0.10 %) (Sagel, Phillips, Chaudhury, & Skoda, 2015) and hot water (80.65 %). The ARS Diet (Control 2) consisted in cellulose fiber (5.25 %), fresh and citrated liquid bovine blood (16.0 %), spray-dried poultry eggs (5.0 %), powdered milk (4.5 %), formaldehyde (0.10 %) and hot water (69.15 %). Freeze-dried blood diet was prepared using cellulose fiber (5.25 %), citrated freeze-dried blood (4.5 %), spray-dried poultry eggs (5.0 %), powdered milk (4.5 %), formaldehyde (0.10 %) and hot water (80.65 %).

### Comparison of diets

Three trays per each type of diet were settled (nine in total) and four replicates were performed. Each larval rearing tray (capacity 1.6 l) received 75 mg of eggs ( $\sim 1,500$  eggs) placed on a  $2 \times 2$  cm moist paper towel on top of 100 ml of diet. Each time new diet was added, pH was measured. The tray remained closed with hole cap and incubated at  $41^{\circ}\text{C}$  and 80 % relative

humidity (RH). After 24 h, the trays were transferred to another room ( $37^{\circ}\text{C}$  and 55 % RH). After 48 h since the incubation (Day 3), 300 ml of diet were added on the tray, which was left half open. In day 4, 800 ml of new diet were added over the old one. The trays were removed and a new rotation of room was performed ( $31^{\circ}\text{C}$  and 60 % RH). The trays remained in the growth room for 96 h, in order to initiate the descent and pupation of larvae over 1.27 cm of sawdust.

### Recording of life-history parameters

After six days since incubation, pupal sifting was carried out in order to obtain biological performance values of the reared larvae. Data of the following parameters were recorded: Total volume of pupae obtained per tray, total weight of pupae obtained per tray, number of pupae in 25 ml of the total collected and weight of pupae in 25 ml of the total collected. The last two parameters served as the basis for calculating the size of the individuals collected (Chaudhury et al., 2015). To determine emergency, four little cups with hole cap, sawdust and 100 pupae were placed for each diet tray (12 in total). To determine fecundity, nine cages for each diet type (27 in total) containing little cups with sawdust and 25 mg of pupae were settled. During the 16th day, distilled water and diet for adults in sufficient quantity were placed in these cages. The adult diet consisted of 225 g spray-dried poultry egg, 1,800 g of sugar, 45 g of carrageenan and 2,430 ml of water. At seven days old, a device was placed for oviposition of females, consisting of a plastic container with lid containing hot water, on which were placed approximately 3 g of bovine ground meat with attractive liquid (Chaudhury, Sagel, & Skoda, 2012). Later the cages were taken to a dark area for 3 h to facilitate oviposition. To determine hatching, in a Petri dish with black filter paper and paper towels moistened with distilled water, 100 eggs from each cage were aligned to determine the hatch rate at a temperature of  $38^{\circ}\text{C}$  for 24 h. Prior to the alignment of the eggs, they were separated from the queresas using 4 % potassium hydroxide (Berkebile & Skoda, 2002) for 2 min in a test tube. Only a single generation was analyzed in each replica.

Statistical analysis (Kruskal-Wallis test  $p < .05$  and post-hoc Dunn test  $p < .05$ ) was realized using the software R (v.3.6.1) with “Dunn.test” package (v.1.3.5).

## Results

For the comparison of three different screwworm larvae diets, the following parameters were used: pH, total pupae weight, pupae size, total pupae volume, emergency percentage, oviposition percentage and hatching percentage. Three trays per each type of diet were settled (nine in total) and four replicates were realized. To determine difference between treatments, Kruskal-Wallis test was realized at a significant level of  $p > .05$ .

The results obtained (Table 1) and Kruskal-Wallis test, demonstrated the weight, volume and size of the pupae were not significantly different between the treatments ( $p > .05$ ).

According the Kruskal-Wallis test, there is a difference ( $p = .01$ ) in the emergency percentage. ARS control diet and freeze-dried blood were not significantly different ( $p = .166$ ). Also, production diet and the ARS control diet were not significantly different ( $p = .097$ ). Finally, the test indicates that there is also a difference between the production diet and the freeze-dried blood-based diet ( $p = .002$ ).

In relation to the oviposition data, Kruskal-Wallis test indicates differences between treatments ( $p = .03$ ), where freeze-dried diet has higher number of eggs laid

in comparison with ARS Diet, according to Table 1 and Dunn Test ( $p = .011$ ). Production diet and the ARS control diet were not significantly different ( $p = .046$ ).

Regarding hatching, ARS control diet and Freeze-dried blood-based diet were not significantly different ( $p = .14$ ). Likewise, were not significantly different between Production diet and ARS control diet ( $p = .075$ ). On the other hand, Production diet and Freeze-dried blood diet were significantly different ( $p = .001$ ).

Related to pH data, there is a difference ( $p = .001$ ) between treatments. ARS control diet and Freeze-dried Diet were not significantly different ( $p = .98$ ). On the other hand, Production diet was significantly different to ARS diet ( $p = .001$ ) and Freeze-dried blood diet ( $p = .001$ ).

## Discussion

It is important to consider that the analysis made refer to the number of pupae obtained, but not to the total of individuals present (pupae and larvae). Hightower, Spates, and García (1971) point out that the critical stage for pupating of screwworm is reached when it has grown about 50 % of its potential weight. Observations made during the study showed that insects fed

Table 1

*Biological parameters of screwworm reared on diets using spray-dried blood (Control 1), fresh bovine blood (Control 2) and freeze-dried blood*

| Treatments                  | Pupal vol (ml)          | Pupal wt (mg)           | Size (mg)               | Adult emergence (%)         | Oviposition (mg)           | Hatching (%)               | pH                        |
|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Production Diet (Control 1) | 222 (30) <sup>a</sup>   | 207 (51.7) <sup>a</sup> | 64.5 (1.8) <sup>a</sup> | 73.11 (15.97) <sup>a</sup>  | 513 (391.66) <sup>ab</sup> | 84.08 (8.29) <sup>b</sup>  | 7.43 (0.824) <sup>b</sup> |
| ARS Diet (Control 2)        | 207 (51.7) <sup>a</sup> | 96 (22.6) <sup>a</sup>  | 68.8 (3.1) <sup>a</sup> | 81.14 (9.46) <sup>ab</sup>  | 423 (314.53) <sup>a</sup>  | 88.66 (4.55) <sup>ab</sup> | 6.72 (0.697) <sup>a</sup> |
| Freeze-dried blood Diet     | 200 (45.1) <sup>a</sup> | 97 (18.8) <sup>a</sup>  | 69.1 (4.9) <sup>a</sup> | 83.42 (11.45) <sup>bc</sup> | 668 (298.48) <sup>bc</sup> | 89.70 (8.88) <sup>ac</sup> | 6.75 (0.673) <sup>a</sup> |

*Note:* Means under the same parameter of the diets not followed by the same letter were significantly different from each other based on Dunn's Test ( $p < .05$ ).



the Freeze-dried blood based diet (as this raw material from small and non-homogeneous lots) showed heterogeneity during larval development (different larval stages). The number of pupae present was lower in comparison to the rest; however, the size of the pupae of the group fed with Freeze-dried blood was observed within the range acceptable for desired quality effects. The mean of all treatments is above the minimum limit recommended by Hightower, Spates, and García (1972) of 60.5 mg.

Although the results of the statistical analysis in relation to pupal size does not reflect differences, there is a trend in which the Freeze-dried blood based diet presents higher values in comparison to the rest, which is congruent with Spates and Hightower (1970), who indicate that differences in size and weight may be due to increased feeding time in the larval stage.

According to Gingrich, Graham, and Hightower (1971), there is a direct correlation between larval weight and adult size. Pastor, Cicková, Martínez-Sánchez, Takác, and Rojo (2011) point out that the potential of fecundity and body size in insects are intrinsically related, where large females oviposit more compared to smaller ones. The authors refer that, to greater abdominal space, consequently more ovarioles and eggs produced. In relation to the results obtained, the high egg production is strongly influenced by several factors, one of them being a high-quality protein-based diet, which is congruent with that presented by Spradbery and Sands (1981), who suggest that in the case of *Chrysomya bezziana*, the amount of fat body acts as a reservoir of protein, which directly affects the maturation of the ovaries. Likewise, Sagel, Berkebile, Foster, and Skoda (2002) refer that the amino acids contained in the blood have positive effects on the oogenesis of *C. hominivorax*. These statements could be related to the larvae fed with Freeze-dried blood, since when they had larger size due to the greater amount of protein in diet (and of better quality), they obtained better indexes.

On the other hand, larger males have an advantage over smaller males competing for wild females (Alley & Hightower, 1966; Pitti et al., 2011), which is important to consider in insect eradication programs (Ekanayake, Clarke, & Schutze, 2017). For example, in the case of *Phormia regina*, larger males are capable to mate with a wider size variety of females and inseminate them successfully, which suggests a larger body and therefore a larger aedeagi, has reproductive advantages in comparison with smaller males (Stoffolano et al., 2000).

With regard to pupal weight, the percentage of survival and fecundity are parameters mainly affected by the concentration of milk, egg and blood (Brown & Snow, 1979; Taylor, 1988), being the last one critical in larval development, since concentrations greater than 12 % have a negative effect and decrease the amount of individuals produced due to the activity of some enzymes, such as: lipases, liposomes, oxygenases, proteases, catalases and peroxidases that may have adverse effects on the diet (Cohen, 2015), which could be related to the low oviposition index obtained by the ARS control diet. Chaudhury and others, (2011) suggest that developmental problems in the larval or pupal stage possibly involve synthesis, release, or both of ecdysteroids in larvae feed with citrated liquid bovine blood, that could have lower egg weight due low pupal weight.

According with the results of this study, the use of non-traditional blood sources for feeding larvae of *C. hominivorax* has demonstrated its viability in terms of developmental and reproductive parameters. In the case of Freeze-dried blood, it has demonstrated better indexes of size, emergence and hatching compared to the diet based on spray-dried blood. According to this results, the use of Freeze-dried has potential to insect breeding programs, due to characteristics in its procedure that no constitutes physical or chemical changes in raw materials.

## Acknowledgments

Thanks to all team of ARS-Copeg, specially Agustín Sagel, Nicolás, Domitildo and Rodolfo. Thanks to German Academic Exchange Service (DAAD) for the opportunity to elaborate this research.

## References

- Alley, D. A., & Hightower, B. G. (1966). Mating behavior of the screw-worm fly as affected by differences in strain and size. *Journal of Economic Entomology*, 59(6), 1499-1502. doi:10.1093/jee/59.6.1499
- Berkebile, D. R., & Skoda, S. (2002). Chemicals useful for separating egg masses of the screwworm. *SouthWestern Entomologist Scientific Note*, 27(3/4), 297-299.
- Brown, H. E., & Snow, J. W. (1979). Screwworms (Diptera: Calliphoridae): A new liquid medium for rearing screwworm larvae. *Journal of Medi-*

- cal Entomology*, 16(1), 29-32. doi:10.1093/jmedent/16.1.29
- Chaudhury, M. F., Chen, H., Sagel, A., & Skoda, S. R. (2015). Effects of new dietary ingredients used in artificial diet for screwworm larvae (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Economic Entomology*, 108(3), 1429-1434. doi:10.1093/jee/tov039
- Chaudhury, M. F., Sagel, A., & Skoda, S. R. (2012). Evaluation of artificial larval rearing media waste as oviposition attractant for new world screwworms (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, 49(2), 293-298. doi:10.1603/ME11194
- Chaudhury, M. F., & Skoda, S. R. (2007). A cellulose fiber-based diet for screwworm (Diptera: Calliphoridae) larvae. *Journal of Economic Entomology*, 100(1), 241-245. doi:10.1093/jee/100.1.241
- Chaudhury, M. F., Skoda, S. R., & Sagel, A. (2011). Solidifying agent and processing of blood used for the larval diet affect screwworm (Diptera: Calliphoridae) life-history parameters. *Journal of Economic Entomology*, 104(3), 1103-1107. doi:10.1603/ec10375
- Chen, H., Chaudhury, M. F., Sagel, A., Phillips, P. L., & Skoda, S. R. (2014). Artificial diets used in mass production of the New World screwworm, *Cochliomyia hominivorax*. *Journal of Applied Entomology*, 708-714. doi:10.1111/jen.12112
- Cohen, A. C. (2015). *Insects Diets: Science and Technology* (2<sup>nd</sup> ed.). Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group.
- Ekanayake, E.W.M.T.D. Clarke, A. R., & Schutze, M. K. (2017). Effect of body size, age, and premating experience on male mating in *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(5), 2278-2281. doi:10.1093/jee/tox186.
- Forero, E. G., Cortés, J. A., & Vilamil, L. C. (2007). Ecología y epidemiología del gusano barrenador del ganado, *Cochliomyia hominivorax* (Coquerel, 1858). *Revista de Medicina Veterinaria*, 14, 37-49. doi:10.19052/mv.1800
- Gingrich, R. E., Graham, A. J., & Hightower, B. G. (1971). Media containing liquefied nutrients for mass-rearing larvae of the screw-worm. *Journal of Economic Entomology*, 64(3), 678-683. doi:10.1093/jee/64.3.678
- Grisi, L., Leite, R. C., Martins, J. R. S., Barros, A. T. M., Andreotti, R., Duarte, P. H., ... & Villela, H. S. (2014). Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária*, 23(2), 150-156. doi:10.1590/S1984-29612014042
- Han, Y., Quan, G. B., Liu, X. Z., Ma, E. P., Liu, A., Jin, P., & Cao, W. (2005). Improved preservation of human red blood cells by lyophilization. *Cryobiology*, 51, 152-164. doi:10.1016/j.cryobiol.2005.06.002
- Hightower, B. G., Spates, G. E., & García, J. J. (1971). Growth and critical size at pupation for larvae of the screwworm developing in fresh wounds. *Journal of Economic Entomology*, 65(5), 1349-1352. doi:10.1093/jee/65.5.1349
- Hightower, B. G., Spates, G. E., & García, J. J. (1972). Relationship between weight of mature larvae, size of adults, and mating capability in medium-reared male screwworms. *Journal of Economic Entomology*, 65(5), 1527-1528. doi:10.1093/jee/65.5.1527
- Mastrangelo, T., Bezerra, F., & Fernandes, T. (2014). Dietas larvais alternativas para criação massal da mosca da bicheira, *Cochliomyia hominivorax*. *Ciência Rural*, 44(4), 672-677. doi:10.1590/S0103-84782014000400016.
- Quan, G. B., Han, Y., Liu, X.-Z., Ma, E.-P., Liu, A., Jin, P., & Cao, W. (2004). Effect of pre-freezing temperature and lyophilizer shelf temperature on recovery of red blood cells after lyophilization. *Journal of Experimental Hematology*, 12(3), 368-371.
- Pastor, B., Cicková, H., Martínez-Sánchez, A., Takác, P., & Rojo, S. (2011). Effect of the size of the pupae, adult diet, oviposition substrate and adult population density on egg production in *Musca domestica* (Diptera: Muscidae). *European Journal of Entomology*, 108, 587-596.
- Pitti, A., Skoda, S. R., Kneeland, K. M., Berkebile, D. R., Molina-Ochoa, J., Chaudhury, M. F., ... Foster, J. E. (2011). Effect of adult screwworm male size on mating competence. *Southwestern Entomologist*, 36(1), 47-60. doi:10.3958/059.036.0105
- Rindler, V., Lüneberger, S., Schwindke, P., Heschel, I., & Rau, G. (1999). Freeze-drying of red blood

- cells at ultra-low temperatures. *Cryobiology*, 38, 2-15. doi:10.1006/cryo.1998.2143
- Delaney R. A. M. (1974). The nutritive value of porcine blood plasma concentrates prepared by ultrafiltration and spray drying. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 26(3), 303-310. doi:10.1002/jsfa.2740260310
- Sagel, A., Berkebile, D. R., Foster, J. E., & Skoda, S. R. (2002). The optimum diet of spray-dried animal blood cells as protein source for adult screwworms (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Entomological Science*, 37(4), 353-362.
- Sagel, A., Phillips, P., Chaudhury, M., & Skoda, S. (2015). Managing ammonia emissions from screwworm larval rearing media. *Journal of Economic Entomology*, 109(1), 478-483. doi:10.1093/jee/fov291
- Scott, K. L., Lecak, J., & Acker, J. P. (2005). Biopreservation of red blood cells: Past, present, and future. *Transfusion Medicine Review*, 19(2), 127-142.
- Somero, G. N. (1995). Proteins and emperature. *Annual Review of Physiology*, 57, 43-68. doi:10.1146/annurev.ph.57.030195.000355
- Sowewimo-Coker, S. O., Goodrich, R. P., Zerez, C. R., & Tanaka, K. R. (1993). Refrigerated storage of lyophilized and rehydrated, lyophilized human red cells. *Transfusion*, 33(4), 322-329.
- Spargo, B. J., Rudolph, A. S., Chang, B. S., & Thomas, R. G. I. (1997). *US Patent No. 5,690,963*. Washington, DC: US Patent and Trademark Office.
- Spates, G. E., & Hightower, B. G. (1970). Variations in the size and reproductive capacity of wild-type and laboratory-adapted populations of the screw-worm fly. *Journal of Economic Entomology*, 63(5), 1381-1385. doi:10.1093/jee/63.5.1381
- Spradbery, J. P., & Sands, D. P. A. (1981). Larval fat body and it's relationship to protein storage and ovarian development in adults of the screw-worm *Chrysomya bezziana*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 30(2), 116-122. doi:10.1111/j.1570-7458.1981.tb03084.x
- Stoffolano, J. G., Gonzalez, E. Y., Sanchez, M., Kane, J., Velázquez, K., Oquendo, A. L., ... & Yin, C. M. (2000). Relationship between size and mating success in the blow fly *Phormia regina* (Diptera: Calliphoridae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(3), 673-677. doi:10.1603/0013-8746(2000)093[0673:RBSAMS]2.0.CO;2
- Subramanian, K. S., Mérangerm, J. C., & Connor, J. (1985). Hemolyzed, lyophilized bovine blood for quality control of lead determination of human whole blood. *Bulletin of Enviromental Contamination and Toxicology*, 35(1), 380-385. doi:10.1007/BF01636526
- Taylor, D. B. (1988). Response of screwworms (diptera: calliphoridae) to changes in the concentration of blood, egg, and milk in the larval diet. *Journal of Economic Entomology*, 81(2), 562-567. doi:10.1093/jee/81.2.562
- Vargas-Terán, M., Hofmann, H. C., & Tweddle, N. E. (2005). Impact of screwworm eradication programmes using the sterile insect technique. In V. A. Hendrichs J. & A. Robinson (Eds.), *Sterile Insect Technique* (pp. 629-650). Ciudad: Springer.
- Wyss, J. H., & Galvin, T. J. (1996). Central America Regional Screwworm Eradication Program (Benefit/Cost Study). *Annals of The New York Academy of Sciences*, 791(1), 241-247. doi:10.1111/j.1749-6632.1996.tb53531.x
- Yu, J., Liu, J. H., Pu, L. L.-Q., Cui, X., Wang, C., Ouyang, S. L., & Gao, D. (2004). Freeze-drying of human red blood cells: Influence of carbohydrates and their concentrations. *Cell Preservation Technology*, 2(4), 270-275. doi:10.1089/cpt.2004.2.270

## Enemigos naturales nativos de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de ejote francés en Chimaltenango, Guatemala

*Native natural enemies of whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) in French bean crop in Chimaltenango, Guatemala*

Claudia E. Toledo-Perdomo

Centro Universitario de Santa Rosa, Cuilapa, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: toledo.perdomo@gmail.com

Recibido: 21 de junio 2019 / Revisión: 24 de septiembre 2019 / Aceptado: 07 de noviembre 2019

### Resumen

El complejo de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) incluye algunas de las principales plagas del ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.). Dentro de las cuales, *Bemisia tabaci* es vector del virus del mosaico dorado que afecta la calidad y rendimiento del cultivo, con pérdidas hasta del 100 % y un control difícil debido a la resistencia adquirida por las plagas hacia algunos agroquímicos. El ejote francés ocupa el segundo lugar entre de los productos no tradicionales de exportación de Guatemala. Su manejo agronómico ha sido principalmente a través del control químico, el cual afecta insectos y otros organismos que no son el objetivo del control, tales como: polinizadores, insectos benéficos, humanos y fauna silvestre. Los objetivos del estudio fueron: determinar la presencia de enemigos naturales nativos de la mosca blanca e identificar las especies de mosca blanca presentes en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango. Para el estudio se establecieron cuatro parcelas de 300 m<sup>2</sup>, se realizaron muestreos semanales durante dos ciclos del cultivo. En cada parcela se muestrearon cinco sitios y en cada sitio cinco plantas. Las especies de parasitoides nativos encontrados fueron: *Encarsia formosa* Gahan, *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich y *Amitus fuscipennis* MacGown & Nebeker, la especie más abundante fue *A. fuscipennis*. Los depredadores identificados fueron *Chrysoperla carnea* (Stephens) e *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville. La especie más abundante fue *H. convergens*. Estas especies podrían ser herramientas valiosas para ser empleadas en programas de control biológico, producciones orgánicas o en programas de manejo integrado de plagas.

**Palabras claves:** *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Phaseolus vulgaris*, *Amitus fuscipennis*, *Hippodamia convergens*

### Abstract

The whitefly complex (Hemiptera: Aleyrodidae) includes some of the main pests of the French green bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Among which, *Bemisia tabaci* is a vector of the golden mosaic virus that affects the quality and yield of the crop, with losses up to 100 % and difficult control due to the resistance acquired by pests towards some agrochemicals. The French green bean ranks second among the non-traditional export products of Guatemala. Its agronomic management has been mainly through chemical control, which affects insects and other organisms that are not the objective of the control, such as: pollinators, beneficial insects, humans and wildlife. The objectives of the study were: to determine the presence of natural enemies native to the whitefly and identify the species of whitefly present in the cultivation of the French bean in Chimaltenango. For the study, four 300 m<sup>2</sup> plots were established, weekly sampling was carried out during two crop cycles. Five sites were sampled on each plot and five plants on each site. The native parasitoid species found were: *Encarsia formosa* Gahan, *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich and *Amitus fuscipennis* MacGown & Nebeker, the most abundant species was *A. fuscipennis*. The predators identified were *Chrysoperla carnea* (Stephens) and *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville. The most abundant species was *H. convergens*. These species could be valuable tools to be used in biological control programs, organic productions or in integrated pest management programs.

**Keywords:** *Trialeurodes vaporariorum*, *Bemisia tabaci*, *Phaseolus vulgaris*, *Amitus fuscipennis*, *Hippodamia convergens*



## Introducción

En Guatemala los cultivos de arvejas y otros vegetales generan alrededor de 45,000 empleos y más de 3.7 millones de jornales al año que se desempeñan en las prácticas agrícolas desde la siembra hasta la cosecha, además del procesamiento post-cosecha de estos productos. En el área de productos no tradicionales en Guatemala, estos contribuyen a un gran desarrollo que beneficia directamente a las familias del área rural, principalmente en las regiones del altiplano central, occidental y los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Jalapa (Asociación Guatemalteca de Exportadores, 2013).

Dentro de las principales plagas que atacan al cultivo del ejote francés están las moscas blancas *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) y *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) que han sido desde las últimas décadas una importante plaga en los cultivos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), chile (*Capsicum annum* L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), y otras hortalizas, ocasionando grandes daños a los cultivos debido a que son vectores de varios virus. Siendo *B. tabaci* vector de los begomovirus y los crinivirus transmitidos por *Trialeurodes vaporariorum* (Czosnek, Hariton-Shalev, Sobol, Gorovits, & Ghanim, 2017; Wisler, Duffus, Liu, & Li, 1998).

Las especies de mosca blanca *B. tabaci* y *T. vaporariorum* son plagas importantes en diversos cultivos. Están ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales del mundo donde afectan más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres. Los daños que causan se deben tanto al efecto del insecto en las plantas atacadas y a su papel como vectores de enfermedades virales. En su alimentación, la mosca blanca provoca un debilitamiento en la planta por la extracción de nutrientes, afectan el crecimiento y producción del cultivo, desórdenes fisiológicos y la transmisión de virus (Cuéllar & Morales, 2006; Morales, 2006). En el ejote francés los virus del mosaico dorado y el mosaico dorado amarillo causan pérdidas en rendimiento hasta del 100 % (Cuéllar & Morales, 2006; González Bez, Muñiz Cuenca, & García Sánchez, 2002; Morales & Anderson, 2001; Myartseva, Ruiz-Cancino, Coronado-Blanco, & Corona-Lopez, 2010; Perring, 2001; Villar Sánchez, López Salinas, & Acosta Gallegos, 2003).

Estudios realizados han demostrado que la mosca blanca biotipo Q se alimenta mejor que el biotipo B en plantas de tomate y algodón, aunque este segundo produce desórdenes fisiológicos en las plantas hospede-

dantes. El biotipo B prefiere repollo y pepino (Liu et al., 2012). Los principales cultivos afectados por los begomovirus, los cuales son transmitidos por *B. tabaci* en América Latina, han sido: frijol común, tomate y los pimientos dulces y picantes. Las pérdidas económicas causadas por diferentes begomovirus en estos cultivos superan ampliamente las pérdidas económicas reportadas para otros cultivos. La importancia, distribución e incidencia de begomovirus en América Latina está directamente asociada a la distribución y dinámica poblacional de su vector *B. tabaci* y sus biotipos. A pesar de los esfuerzos para el control de la mosca blanca, esta plaga continúa causando pérdidas significativas de rendimiento y afectando a más regiones agrícolas de América Latina (Jones, 2003; Morales, 2006). Los begomovirus son transmitidos únicamente por *B. tabaci*, biotipos A, B y Q. Los crinivirus pueden ser transmitidos por especies de moscas blancas como *Trialeurodes vaporariorum* y *T. abutiloneus*. En la especie *T. vaporariorum* begomovirus puede ser ingerido por esta, pero es transmitido exclusivamente por *B. tabaci* de manera persistente y circulativa (Czosnek et al., 2017; Orfani-dou, Pappi, Efthimiou, Katis, & Maliogka, 2016; Wisler et al., 1998).

El mal uso de los plaguicidas para el control de la mosca blanca ha dificultado su manejo (Campuzano-Martínez et al., 2010; Macías-Flores, Santillán-Ortega, Robles-Bermúdez, Ortiz-Cantón, & Cambero-Campos, 2013; Naveen et al., 2017). Hay reportes de resistencia adquirida en la mosca blanca de moléculas de organofosforados, neonicotinoides, piretroides y organoclorados (Cuéllar & Morales, 2006; García Valencia, Mesa Cobo, Estrada, & Mena, 2013; Kandil, Saleh, El Dief, & Farghaly, 2008) o disminución del efecto de estos para el control de la mosca blanca (Smith, Nagle, MacVean, & McKenzie, 2016), esto podría ser la causa de que estas moléculas necesiten de dosis muy altas para su control, afectando a insectos benéficos en los cultivos, donde se ha observado en campo la disminución de la diversidad de enemigos naturales nativos de la mosca blanca en Chimaltenango.

Debido al posible impacto negativo de los agroquímicos sobre la fauna benéfica, seres humanos y fauna silvestre, es necesario realizar un diagnóstico inventario de los enemigos naturales nativos de la mosca blanca presentes en Chimaltenango, esto permitirá además de conocer las especies presentes, aportar información para tomar decisiones en futuros programas de control biológico e implementación de prácticas para la conservación y protección de estos enemigos naturales.

El propósito de esta investigación fue realizar un inventario de los enemigos naturales nativos en las principales especies de mosca blanca presentes en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

## Materiales y métodos

La evaluación se realizó durante los meses de febrero a diciembre de 2018. Las parcelas se establecieron en el municipio de Parramos, departamento de Chimaltenango, Guatemala. Las parcelas estaban localizadas en las coordenadas latitud norte 14°34'58.3 y longitud oeste 90°48'56.1. El municipio se encuentra a una altitud de 1,760 msnm (Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán, 2005). Las parcelas del ejote francés (*P. vulgaris* var. *Serengeti*) de 300 m<sup>2</sup> cada una, fueron seleccionadas en plantaciones comerciales para la exportación.

Haciendo una adaptación de las metodologías sugeridas para el estudio de las poblaciones de mosca blanca de Bueno, Cardona y Chacón (2005) y Bernal, Pesca, Rodríguez, Cantor y Cure (2008) se estableció la metodología para el muestreo de la presente evaluación. Se evaluaron en cada parcela cinco puntos seleccionados al azar y en cada punto cinco plantas al azar. El muestreo se realizó semanalmente durante dos ciclos del cultivo. Mediante boletas de campo se tomaron los datos de las muestras de las poblaciones de mosca blanca en cada tratamiento. Se evaluaron dos ciclos del cultivo, se tomaron datos climatológicos: temperatura, humedad relativa y precipitación. La temperatura fue tomada con un termómetro de pared analógico para temperatura ambiente con registro de máxima y escala en °C. La precipitación pluvial se registró con un pluviómetro convencional plástico.

Los especímenes se colectaron manualmente, utilizando un pincel humedecido con etanol al 70 %, mediante una colecta manual. Para evitar el vuelo de los insectos presentes en las plantas de muestreo, estas fueron manipuladas cuidadosa y lentamente.

También se realizó una colecta con trampas que consistieron en platos amarillos, que contenían agua con jabón líquido. Estos fueron colocados en cada punto de muestreo de las parcelas y permanecieron en el sitio de muestreo por 24 h, posteriormente fueron revisados y se colectaron los especímenes presentes en las trampas. Todos los insectos colectados se preservaron en frascos de vidrio con etanol al 70 % v:v.

## Identificación de especímenes colectados

Los especímenes colectados se examinaron en un estereoscopio con aumento 40X y duplicador 2X. Para la identificación de las especies de mosca blanca que fueron colectadas se emplearon las claves taxonómicas de Caballero (1992) y Carapia-Ruiz y Castillo-Gutiérrez (2013) y descriptores de las especies de mosca blanca de Salas y Mendoza (1995).

Para la identificación de los enemigos naturales se emplearon las claves de Myartseva, Ruiz-Cancino, y Coronado-Blanco (2012), MacGown y Nebeker (1978), Viggiani y Evans (1992), Hernández-Suarez y colaboradores, (2003), Larson (2013), Penny, Tauber y Leon de (2000) y Stange (2018).

## Resultados

Se determinaron dos especies de mosca blanca: *B. tabaci* y *T. vaporariorum*. Se colectaron en total 315 especímenes. La especie más abundante fue *T. vaporariorum* con un porcentaje del 95 % (299 especímenes) del total de las especies de mosca blanca colectadas, y el 5 % (16 especímenes) correspondieron a la especie *B. tabaci*.

Los parasitoides colectados fueron: *Encarsia formosa* (Gahan, 1924) (cuatro especímenes), *Eretmocerus eremicus* (Rose & Zolnerowich, 1997) (siete especímenes) y *Amitus fuscipennis* (576 especímenes) (MacGown & Nebeker, 1978). La especie más abundante fue *A. fuscipennis*, con el 98 % de los especímenes de total de parasitoides colectados. Los depredadores identificados fueron *Chrysoperla carnea* (Stephens, 1836) (cuatro especímenes) e *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville, 1842) (23 especímenes). La especie más abundante de los depredadores fue *H. convergens* (Tabla 1), representando el 89 % de depredadores de mosca blanca colectados.

Al relacionar la colecta de los parasitoides y depredadores con las condiciones climáticas de temperaturas máximas, mínimas y precipitación pluvial, se observó que *H. convergens* fue encontrada principalmente durante la época seca, durante el mes de abril y cuando empezaron las lluvias. En mayo, la temperatura máxima llegó hasta un grado mayor (23 °C) que en el periodo de colecta de los otros enemigos naturales y la temperatura mínima fue constante para todas las colectas. El otro depredador, *C. carnea* y los parasitoides *E. formosa*, *E. eremicus* y *A. fuscipennis*.

Tabla 1

*Enemigos naturales de las moscas blancas Bemisia tabaci y Trialeurodes vaporariorum y condiciones climáticas en el cultivo del ejote francés en el departamento de Chimaltenango, 2018*

|             | Orden:<br>Familia               | Especie                      | Cantidad | T°min | T°max | PP(mm)<br>(acumulado) |
|-------------|---------------------------------|------------------------------|----------|-------|-------|-----------------------|
| Parasitoide | Hymenoptera:<br>Aphelinidae     | <i>Encarsia formosa</i>      | 4        | 10-11 | 22    | 372                   |
| Parasitoide | Hymenoptera:<br>Aphelinidae     | <i>Eretmocerus eremicus</i>  | 7        | 10-11 | 22    | 372                   |
| Parasitoide | Hymenoptera:<br>Platygasteridae | <i>Amitus fuscipennis</i>    | 576      | 10-11 | 22    | 372                   |
| Depredador  | Coleoptera:<br>Coccinellidae    | <i>Hippodamia convergens</i> | 23       | 10-11 | 22-23 | 159                   |
| Depredador  | Neuroptera:<br>Chrysopidae      | <i>Chrysoperla carnea</i>    | 4        | 10-11 | 21-22 | 372                   |

*pennis* fueron colectados durante los meses de mayo y junio, cuando se presentó mayor precipitación pluvial (Figura 1).

## Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio sobre las especies presentes de mosca blanca en el cultivo de ejote francés son consistentes con lo que se reporta en la literatura científica. La mosca blanca *B. tabaci* se alimenta de más de 600 especies de plantas cultivadas y silvestres, es una especie ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales del mundo. Actualmente las dos especies de mayor importancia económica son *B. tabaci* y *T. vaporariorum* (Carapia Ruiz & Castillo-Gutiérrez, 2013; Lorenção, Alves, Fugí, & Matos, 2008), estas dos especies fueron identificadas en el cultivo del ejote francés en Chimaltenango.

Dentro del muestreo de mosca blanca la especie predominante fue *T. vaporariorum*, tomado en cuenta que *T. vaporariorum* no es vector de Begomovirus (Czosnek et al., 2017; Wisler et al., 1998) dentro de este grupo se encuentran los virus del mosaico dorado y el mosaico dorado amarillo, esto podría ser la causa de la baja presencia de estos virus durante los dos ciclos del ejote francés evaluados.

Conocer la especie predominante en una región, como en este caso, que fue *T. vaporariorum*, es relevante porque la presencia y abundancia de una especie podría influir en la presencia y abundancia de sus enemigos

naturales. Otros factores que influyen en la abundancia de una especie es la disponibilidad de alimentos, en el caso de las especies fitófagas podría influir la relación planta-insecto.

Otros factores influyentes en la distribución geográfica de las poblaciones de insectos dependerán también en las condiciones climáticas que favorecen la reproducción de las especies. Por ejemplo, las temperaturas cálidas, humedad relativa moderada y precipitaciones relativamente bajas a moderadas (Castillo & González, 2008). La planta hospedante es determinante para el comportamiento de la mosca blanca, como la oviposición, el desarrollo del insecto y la supervivencia. También hay estudios que han reportado la preferencia de las especies de mosca blanca a diversos cultivos (Greenberg, Jones, & Tong-Xian, 2009; Shah, Zhang, & Liu, 2015).

Las tres especies determinadas en este estudio: *A. fuscipennis*, *E. formosa* y *E. eremicus*, son parasitoides reportados para las especies de *B. tabaci* y *T. vaporariorum* (Gerling, Alomar, & Arnó, 2001; Lahey, & Stansly, 2015; Liu, Stansly, & Gerling, 2015). Las Tres especies son parasitoides de las ninfas de mosca blanca, *E. eremicus* oviposita entre la ninfa de la mosca blanca y la superficie de la hoja, mientras que *Encarsia* y *Amitus* ovipositan dentro de la ninfa (Liu et al., 2015). Los cuatro instares ninfales pueden ser parasitados, aunque la preferencia por un instar particular difiere según la especie de parasitoide. En *Amitus* se ha reportado preferencia por ovipositar en los primeros dos instar (Drost, Qiu, Posthuman-Doodeman, & van Lenteren, 1999).

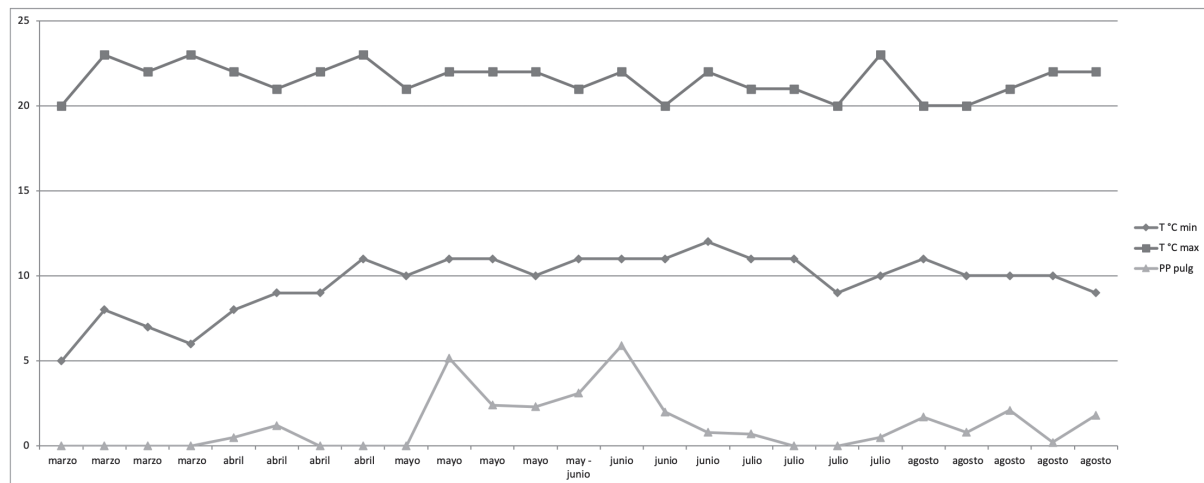


Figura 1. Temperaturas máximas y mínimas, precipitación pluvial durante el periodo de muestreo de los enemigos naturales de las moscas blancas *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo del ejote francés en el departamento de Chimaltenango, 2018.

El enemigo natural de la mosca blanca que presentó mayor abundancia en la colecta fue *A. fuscipennis*. Desde hace muchos años esta especie ha sido identificada en otros estudios realizados en el municipio de Acatenango, Chimaltenango a 2,400 msnm y también es reportada en Colombia, República Dominicana y México (MacGown & Nebeker, 1978). El área de estudio de la presente investigación también fue en el departamento de Chimaltenango, municipio de Parraños, aproximadamente a 20 km de distancia entre estos municipios. Esto indica que, a pesar de las frecuentes aplicaciones de agroquímicos en estas zonas productoras de hortalizas en Guatemala, *A. fuscipennis* ha logrado mantener sus poblaciones. Tomando en cuenta esto, *A. fuscipennis* podría ser una herramienta para emplearla como control biológico dentro de un programa de manejo integrado de plagas en esta región para el control de la mosca blanca.

Además de la relación del parasitoide *A. fuscipennis* con la mosca blanca, también podría haber una relación y preferencia de este parasitoide con las plantas de *P. vulgaris*, en relación con otras plantas (Hernández-Suarez et al., 2003). Otras características de *A. fuscipennis* es su capacidad de dispersión, estudios realizados por Hernández y Manzano (2016) demostraron que su capacidad de dispersión supera los 12 m además de recibir la ayuda del viento, aprovechando su

diminuto tamaño que contribuye en hacer más fácil su dispersión. Esta ventaja contribuye a que *A. fuscipennis* pueda llegar a otras regiones y cultivos.

A pesar que hay estudios que han reportado como algunos agroquímicos, especialmente los insecticidas pueden causar la mortalidad de parasitoides de mosca blanca (Sugiyama & Saito, 2011). *A. fuscipennis* se encontró ampliamente distribuido en el cultivo del ejote francés en las parcelas evaluadas. Se encontró en una abundancia relacionada a la abundancia de *T. vaporariorum*.

Otro parasitoide encontrado fue *E. formosa*, esta especie es muy conocida porque ha sido empleada en programas de control biológico para el control del complejo mosca blanca *B. tabaci* y *T. vaporariorum* (Rodríguez, Rodríguez, Florido, & Hernández, 1997).

Es posible que parte de la escasa población de *E. formosa* sea debido al efecto de los plaguicidas empleados para el manejo de plagas del ejote francés y otros cultivos vecinos como el brócoli (*Brassica oleracea* var. *italica* Plenck), arveja china y dulce (*Pisum sativum* L.), zanahoria (*Daucus carota* L.), zucchini (*Cucurbita pepo* L.), etc. Algunos estudios donde se reporta la alta susceptibilidad de *E. formosa* a moléculas de agroquímicos, indican una mortalidad superior del 98 % después de las 6 h de haber aplicado el tratamiento químico de neonicotinoides como: el imidacloprid, acetamiprid,



tiametoxan, las cuales son empleadas en la producción de hortalizas de la región. Otras moléculas empleadas en la región que también han sido reportadas como dañinas para *E. formosa* son: abamectina, cyantraniliprole y sulfoxaflor (Wang et al., 2019). El empleo de estos podría estar afectando las poblaciones nativas de *E. formosa* reduciendo considerablemente sus poblaciones. Otra posibilidad es que la abundancia relativa de las especies de enemigos naturales cambie con los meses del año o que tengan diferente distribución altitudinal, por lo que los resultados aquí obtenidos son válidos sólo para los meses y condiciones del estudio.

*Encarsia* y *Eretmocerus* son especies consideradas cosmopolitas, con amplia distribución a nivel mundial (Arnó, Gabarra, Liu, Simmons, & Gerling, 2010), esta característica podría ser una ventaja para estas especies donde su amplio rango de distribución le permita una fácil adaptación a los distintos cambios climáticos y nichos ecológicos que se presentan en la región.

Tomado en cuenta que los parasitoides *E. formosa* y *E. eremicus* fueron encontrados en menor cantidad, es importante considerar principalmente que además del factor de toxicidad de agroquímicos sobre estos parasitoides, existe el factor de competencia entre parasitoides, que es importante considerar. Collier y Hunter (2001), estudiaron la interferencia de competición entre los parasitoides de la mosca blanca *E. eremicus* y *E. sophia* (Girault & Dodd), a través de dos mecanismos que consisten en la usurpación del hospedero por multiparasitismo y a través de alimentarse del huésped, donde ambas especies podrían suprimir la progenie que está compitiendo con ellas. El estudio identificó a *E. eremicus* sobre *E. sophia* un multiparasitismo y a *E. sophia* sobre *E. eremicus* la combinación de multiparasitismo y alimentación del huésped en hospederos parasitados.

Estos factores son importantes considerarlos en un programa de manejo integrado de plagas, porque demuestra que es muy importante la elección del controlador biológico que se empleará y el efecto que puede causar cuando se utilizan otros agentes de control biológico al mismo tiempo.

La necesidad de implementar nuevas estrategias para el manejo de plagas y enfermedades es muy importante si se quiere entrar o permanecer en mercados de exportación, donde la demanda de la calidad e inocuidad de la cosecha son requisito indispensable. Por otra parte, también es importante orientar la producción agrícola hacia una producción sostenible y rentable para los productores de la región.

Con los resultados obtenidos se puede considerar la protección de especies nativas que pueden ser consideradas como control biológico para la mosca blanca en Chimaltenango. Es necesaria la reducción de la carga química en la producción agrícola y realizar prácticas culturales en los cultivos para la protección de los enemigos naturales.

## Agradecimiento

Esta investigación fue cofinanciada por Digi-Usac-2018, Proyecto: 4.8.63.4.07. También se agradece a los productores de ejote francés del municipio de Parramos, Chimaltenango que colaboraron con la presente investigación.

## Referencias

- Arnó, J., Gabarra, R., Liu, T-X., Simmons, A. M., & Gerling, D. (2010). Natural enemies of *Bemisia tabaci*: Predators and parasitoids. En P. Stansly, & S. Naranjo (Eds.), *Bemisia: Bionomics and Management of a Global Pest* (pp. 385-421). Dordrecht, Netherlands: Springer.
- Asociación Guatemalteca de Exportadores. (2013). Comité de Arvejas y vegetales. Recuperado de <http://agexporthoy.export.com.gt/agexport/en-los-ultimos-5-anos-guatemala-anualmente-ha-exportado-80-millones-de-libras-de-arveja-y-ejote/>
- Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca de Lago de Amatitlán. (2005). Monografía del Municipio de Parramos. Guatemala: José Pineda Ibarra.
- Bernal, L., Pesca, L., Rodríguez, D., Cantor, F., & Cure, J. (2008). Plan de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos comerciales de tomate. *Agro-nomía Colombiana*, 26(2), 266-276.
- Bueno, J. M., Cardona, C., & Chacón, P. (2005). Fenología, distribución espacial y desarrollo de métodos de muestreo para *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae) en habichuela y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) *Revista Colombiana de Entomología*, 31(2), 161-170.

- Caballero, R. (1992). Whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) from Central America and Colombia field keys including slide-mounted pupal and field keys for identification, field characteristics, hosts, distribution, natural enemies and economic importance. (Tesis de maestría). Kansas State University, Kansas.
- Campuzano-Martínez, A., Rodríguez-Maciel, J. C., Lagunes-Tejeda, A., Llanderal-Cázares, C., Teran-Vargas, A. P., Vera-Graziano, J., ... Silva-Aguayo, G. (2010). Aptitud biológica de poblaciones de *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) con diferente susceptibilidad al insecticida thiametoxam. *Neotropical Entomology*, 39(3), 430-435. doi:10.1590/S1519-566X2010000300018
- Carapia Ruiz, V. E., & Castillo-Gutiérrez, A. (2013). Estudio comparativo sobre la morfología de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) y *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 29, 178-193
- Castillo, N., & González, C. (2008). Comportamiento poblacional de insectos fitófagos en el monocultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y en la asociación con maíz (*Zea mays* L.). *Revista de Protección Vegetal*, 23(3), 154-159.
- Collier, R. T., & Hunter, M. S. (2001). Lethal interference competition in the whitefly parasitoids *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia sophia*. *Oecologia*, 129, 147-154. doi:10.1007/s004420100706
- Czosnek, H., Hariton-Shalev, A., Sobol, I., Gorovits, R., & Ghanim, M. (2017) The incredible journey of begomoviruses in their whitefly vector. *Viruses*, 9(10), 273-291. doi:10.3390/v9100273
- Cuéllar, M. E., & Morales, F. J. (2006). La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 1-9.
- Drost, Y. C., Qiu, Y. T., Posthuma-Doodeman, C. J. A. M., & van Lenteren, J. C. (1999). Life-history and oviposition behaviour of *Amitus bennetti*, a parasitoid of *Bemisia argentifolii*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 90, 183-189. doi:10.1046/j.1570-7458.1999.00437.x
- García Valencia, Y., Mesa Cobo, N. C., Estrada, E. I., & Mena, Y. (2013). Estudio de la resistencia a *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) en germoplasma cultivado y silvestre de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Acta Agronómica*, 62(4), 361-369.
- Gerling, D., Alomar, O., & Arnó, J. (2001). Biological control of *Bemisia tabaci* using predators and parasitoids. *Crop Protection*, 20(9), 779-799.
- González Bez, M., Muñiz Cuenca, J., & García Sánchez, E. (2002). Cultivos asociados y uso de arropes para el manejo de *Bemisia tabaci* y el virus del mosaico dorado en frijol. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 66, 39-44.
- Greenberg, S. M., Jones, W. A., & Tong-Xian L. (2009). Tritrophic interactions among host plants, whiteflies and parasitoids. *Southwestern Entomologist*, 34(4), 431-445. doi:10.3958/059.034.0407
- Hernández-Suarez, E., Carnero, A., Aguilar, A., Prinsloo, G., LaSalle, J., & Polaszek, A. (2003). Parasitoids of whiteflies (Hymenoptera: Aphelinidae, Eulophidae, Platygasteridae; Hemiptera: Aleyrodidae) from the Macaronesian archipelagos of the Canary Islands, Madeira and the Azores. *Systematics and Biodiversity*, 1(19), 55-108. doi:10.1017/S1477200002001007
- Hernández Mahecha, L. M., & Manzano, M. R. (2016). Efecto del viento en la dispersión a corta distancia del parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de frijol y habichuela. *Acta Agronómica*, 6(1), 80-86. doi: 10.15446/acag.v65n1.48816
- Jones, D. R. (2003). Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*, 109(3), 195-219. doi:10.1023/A:1022846630513
- Kandil M. A., Saleh A. Y., El Dief. W. H., & Farghaly, S. F. (2008). Resistance mechanisms of whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) to thiamethoxam and propenofos. *Asian Journal of Biological Sciences*, 1, 33-38. doi: 10.3923/ajbs.2008.33.38
- Larson, J. K. (2013). Key to lady beetles (Coleoptera: Coccinellidae) of Saskatchewan. Recuperado de [http://www.entsocsask.ca/documents/insect\\_lists/Coccinellidae\\_key.pdf](http://www.entsocsask.ca/documents/insect_lists/Coccinellidae_key.pdf)
- Lahey, Z., & Stansly, P. (2015). An updated list of parasitoid Hymenoptera reared from the *Bemisia tabaci* species complex (Hemiptera: Aleyrodidae). *Florida Entomologist*, 98(2), 456-463.

- Liu, T-X., Stansly, P. A., & Gerling, D. (2015). Whitefly parasitoids: Distribution, life history, bionomics, and utilization. *Annual Review of Entomology*, 60, 273-292. doi: 10.1146/annurev-ento-010814-021101
- Liu, B., Yan, F., Chu, D., Pan, H., Jiao, X., Xie, W., ... Zang, Y. (2012). Difference in feeding behaviors of two invasive whiteflies on host plants with different suitability: Implication for competitive displacement. *International Journal Sciences*, 8(5), 697-706. doi: 10.7150/ijbs.4108
- Lorenção, A. L., Alves, A. C., Fugì, C. G. Q., & Matos, E. S. (2008). Outbreaks of *Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hemiptera: Aleyrodidae) under field conditions in the state of São Paulo, Brazil. *Neotropical Entomology*, 37(1), 089-091.
- MacGown, M. W., & Nebeker T. E. (1978). Taxonomic review of Amitus (Hymenoptera: Proctotrupidae, Platygasteridae) of the western hemisphere. *The Canadian Entomologist*, 110(3), 275-283. doi: 10.4039/Ent110275-3
- Macías-Flores, A., Santillán-Ortega, C., Robles-Bermudez, A., Ortiz-Cantón, M., & Cambero-Campos, O. (2013). Selected events of resistance to insecticides in whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) in the world. *BioCiencias*, 2(2), 4-16.
- Morales, F. J. (2006). History and current distribution of begomoviruses in Latin America. *Advances in Virus Research*, 67, 127-162. doi: 10.1016/S0065-3527(06)67004-8
- Morales, F. J., & Anderson, P. K. (2001). The emergence and dissemination of whitefly-transmitted geminiviruses in Latin America. *Archives of Virology*, 146(3), 415-441. doi:10.1016/S0065-3527(06)67004-8
- Myartseva, S. N., Ruiz-Cancino, E., & Coronado-Blanco, J. M. (2012). Aphelinidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de importancia agrícola en México. Revisión y claves. Tamaulipas, México: Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Myartseva, S. N., Ruiz-Cancino, E., Coronado-Blanco, J. M., & 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.
- Naveen, N. C., Chaubey, R., Kumar, D., Rebijith, K. B., Rajagopal, R., Subrahmanyam, B., & Subramanian, S. (2017). Insecticide resistance status in the whitefly, *Bemisia tabaci* genetic groups Asia-I, Asia-II-1 and Asia-II-7 on the Indian sub-continent. *Cientific Reports*, 7(40634), 1-15. doi: 10.1038/srep40634
- Orfanidou, C. G., Pappi, P. G., Efthimiou, K. E., Katis, N. I., & Maliogka, V. I. (2016). Transmission of Tomato chlorosis virus (ToCV) by *Bemisia tabaci* Biotype Q and evaluation of four weed species as viral sources. *Plant Disease*, 100(10), 2043-2049. doi: 10.1094/PDIS-01-16-0054-RE
- Penny, N. D., Tauber, C. A., & Leon de, C. A. T. (2000). A new species of *Chrysopa* from western North America with a key to North American species (Neuroptera: Chrysopidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93(4), 776-784. doi:10.1603/0013-8746
- Perring, T. M. (2001). The *Bemisia tabaci* species complex. *Crop Protection*, 20(9), S725-737. doi: 10.1016/S0261-2194(01)00109-0
- Rodríguez, J. M., Rodríguez, R., Florido, A., & Hernández, R. (1997). Integrated pest management on tomatoes in Gran Canaria. (Canary Islands). *Bulletin de l'oilb-srop*, 20(4), 39-44.
- Shah, M. M., Zhang, S., & Liu, T. (2015). Whitefly, host plant and parasitoid: A review on their Interactions. *Asian Journal of Applied Science and Engineering*, 4, 48-61.
- Smith, H. A., Nagle, C. A., MacVean, C. A., & McKenzie, C. L. (2016). Susceptibility of *Bemisia tabaci* MEAM1 (Hemiptera: Aleyrodidae) to imidacloprid, thiamethoxam, dinotefuran and flupyradifurone in south Florida. *Insects*, 7(57), 1-12. doi:10.3390/I.2016-7040057.
- Salas, J., & Mendoza, O. (1995). Biology of the Sweet-potato Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on Tomato. *The Florida Entomologist*, 78(1), 154-160 doi: 10.2307/3495680
- Stange, L. (2018). Green lacewings (of Florida) (Insecta: Neuroptera: Chrysopidae). Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN96500.pdf>
- Sugiyama, K., Katayama, H., & Saito, T. (2011). Effect of insecticides on the mortalities of three whitefly parasitoid species *Eretmocerus mundus*, *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia formosa* Hy-

- menoptera: Aphelinidae. *Applied Entomology and Zoology*, 46(3), 311-317. doi: 10.1007/s13355-011-0044-z
- Viggiani, G., & Evans, G. A. (1992). Descriptions of three new species of *Amitus* Haldeman (Hymenoptera: Platygasteridae), parasitoids of known whiteflies from the New World. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri Portici*, 49, 189-194.
- Villar Sánchez, B., López Salinas, E., & Acosta Gallegos, J. (2003). Selección de genotipos de frijol por rendimiento y resistencia al mosaico dorado y suelos ácidos. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 26(2), 109-114.
- Wang, Z., Dai, P., Yang, X., Ruan, C. C., Biondi, A., Desneux, N., & Zang, L. S. (2019). Selectivity of novel and traditional insecticides used for management of whiteflies on the parasitoid *Encarsia formosa*. *Pest Management Science*, 75(10), 2716-2724. doi:10.1002/ps.5380
- Wisler, G. C., Duffus, J. E., Liu, H. -Y., & Li, R. H. (1998). Ecology and epidemiology of whitefly-transmitted closteroviruses. *Plant Disease*, 82(3), 270-280. doi: 10.1094/PDIS.1998.82.3.270



## Aporte al conocimiento de la conectividad del manglar de Las Lisas-La Barrona, Guatemala

*Contribution to knowledge of mangrove connectivity of Las Lisas-La Barrona, Guatemala*

Celia V. Dávila-Pérez<sup>1</sup>, Manolo J. García<sup>2</sup>, Pilar M. Velásquez-Jofre<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, <sup>2</sup>Centro de Estudios Conservacionistas,  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia:

Recibido: 09 de octubre 2018 / 1era. Revisión: 18 de marzo 2019 / 2da. Revisión: 23 de septiembre 2019 / Aceptado: 31 de octubre 2019

### Resumen

El presente estudio es una primera aproximación al conocimiento de la conectividad del ecosistema manglar de Las Lisas-La Barrona, departamentos de Santa Rosa y Jutiapa. La conectividad es la característica del paisaje que facilita la dispersión de las especies a través del hábitat, la pérdida de esta conectividad, podría poner en peligro la sobrevivencia de las poblaciones de aves. El objetivo de este estudio fue determinar la conectividad del manglar a través de análisis basados en las teorías de grafos y circuitos. Se incluyó en el análisis la conectividad en sus componentes estructural y funcional. El componente estructural se determinó mediante el Análisis del Patrón Espacial Morfológico (MSPA por sus siglas en inglés). El componente funcional fue evaluado con el Diferencial del Índice Integral de Conectividad (dIIC), evaluando el aporte de cada parche a la conectividad del manglar. Se encontró que la conectividad del área está determinada por parches núcleo con alto aporte a la conectividad como los parches de vegetación de mangle de La Barrona y El Jote, parche puente o corredor como el canal de Chiquimulilla y un cuello de botella en el segmento Las Lisas-El ahumado, los cuales son elementos estratégicos a considerar en la planificación e intervenciones futuras en el área.

Palabras claves: paisaje, costa del Pacífico, Guidos, Conefor, CircuitScape

### Abstract

The present study is a first approach to the knowledge of the connectivity of the mangrove ecosystem of Las Lisas-La Barrona. Connectivity is the landscape characteristic that facilitates the dispersion of species through habitat, the loss of this connectivity, could endanger the survival of bird populations. The objective was to estimate mangrove connectivity through analysis based on the graphs and circuits theories. The connectivity was estimated on its structural and functional components. The structural component was determined by a Morphological Spatial Pattern Analysis (MSPA). The functional component was assessed with the Differential of the Integral Connectivity Index (dIIC), evaluating the contribution of each patch to the mangrove connectivity. It was found that the connectivity of the area is determined by cores patches with high contribution to connectivity such as the mangrove vegetation patches of La Barrona and El Jote, bridges or corridors such as the canal de Chiquimulilla and a bottleneck in the Las Lisas - El Ahumado segment, which are strategic elements to consider in planning and future interventions in the area.

Keywords: landscape, Pacific coast, Guidos, Conefor, CircuitScape

## Introducción

A nivel global, la diversidad biológica marino costera, ha sido identificada como elemento estratégico del desarrollo humano por los servicios ecosistémicos que provee (Costanza et al., 1997). Sin embargo, esta diversidad está siendo afectada en su estructura y funcionamiento por una variedad de actividades humanas (van den Belt & Cole, 2014).

La conectividad se puede definir como el movimiento de organismos a través de los parches de hábitats de un paisaje (Olds, Pitt, Maxwell, & Connolly, 2012). Los dos componentes de la conectividad son la conectividad estructural que está basada en la forma y disposición de los parches de un hábitat, y la funcional que se basa en la respuesta conductual de las especies a la estructura física del paisaje (Bennett, 1998).

Existen métodos para identificar los parches más importantes para mantener la conectividad en las redes de hábitat (Pascual & Saura, 2008; Saura & Rubio, 2010). Se considera que estos métodos de priorización son útiles para favorecer una mejor asignación de fondos y esfuerzos para proteger la diversidad biológica, y ayudar a definir las medidas de conservación, restauración y mitigación (Pascual & Saura, 2008).

En cuanto a la conectividad estructural uno de los análisis utilizados es el Análisis del Patrón Espacial Morfológico (MSPA), el cual es útil para identificar elementos del paisaje de mayor relevancia para mantener la conectividad de acuerdo a su forma y disposición (European Commission, 2018). En el componente funcional donde influyen factores como los desplazamientos de dispersión de las especies, es útil la estimación de índices de conectividad como el Diferencial del Índice Integral de Conectividad (dIIC) el cual estima la contribución de cada parche a la conectividad del sistema en sus tres fracciones: (a) dIIC-interna, que es la contribución de un parche a la conectividad interna del sistema; (b) dIIC-flujo que corresponde al flujo de dispersión ponderado por área a través de las conexiones de un parche determinado (c) dIIC-conector que es la contribución de un parche determinado a la conectividad, fungiendo como escalón hacia otros parches (Saura & Rubio, 2010).

Tomando en cuenta que la conectividad de los bosques debe considerarse como uno de los objetivos prioritarios de los planes de conservación y planificación de los ecosistemas (Pascual & Saura, 2008), esta investigación tuvo como objetivo estimar la conectividad estructural y funcional del ecosistema manglar de Las Lisas-La Barrona.

Este humedal está propuesto para ser designado como área protegida y sitio Ramsar (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP] & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2017), y es uno de los sitios clave para la conservación de aves acuáticas en Guatemala (Eisermann & Avendaño, 2007). El proceso de planificación y construcción de las herramientas de gestión y manejo del área demanda contar con criterios que permitan considerar los elementos estratégicos de la conectividad del ecosistema manglar. Por lo que el conocimiento generado en esta investigación puede orientar la toma de decisiones en la planificación espacial del área.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El humedal costero de Las Lisas-La Barrona se encuentra localizado en el litoral del Pacífico de Guatemala, en los departamentos de Santa Rosa y Jutiapa. Se caracteriza por diversos ecosistemas y áreas de importancia ecológica como los manglares, playas arenosas, playas fangosas, dunas, bocabarras y una sección de aproximadamente 15 km del canal de Chiquimulilla, el cual es un canal estuarino. Se localiza en las coordenadas GTM Datum WGS 84 longitud 788635.4689 y latitud 1530421.39, longitud 788865.0561 y latitud 1531052.755, longitud 789926.897 y latitud 1531024.057, longitud 791534.0075 y latitud 1530220.501 (Conap & PNUD, 2017) (Figura 1).

Tiene un área de 4,116.53 ha, dentro de la cual hay 1,405.89 ha de ecosistema manglar que está caracterizado por la presencia de al menos cuatro especies de manglares *Rhizophora mangle* L. (mangle rojo), *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. (mangle blanco), *Avicennia germinans* (L.) L. (mangle negro) y *Conocarpus erectus* L. (botoncillo) (Conap & PNUD, 2017). Se localiza en la zona de vida denominada bosque seco tropical (bs-T), presenta temperaturas promedio anuales por encima de los 24°C, los rangos de precipitación pluvial promedio anual van de 700 a 1,850 mm (Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar [Iarna-URL], 2018).

### Procedimiento

Se realizó la estimación de la conectividad del manglar del área de estudio, a través de análisis basados

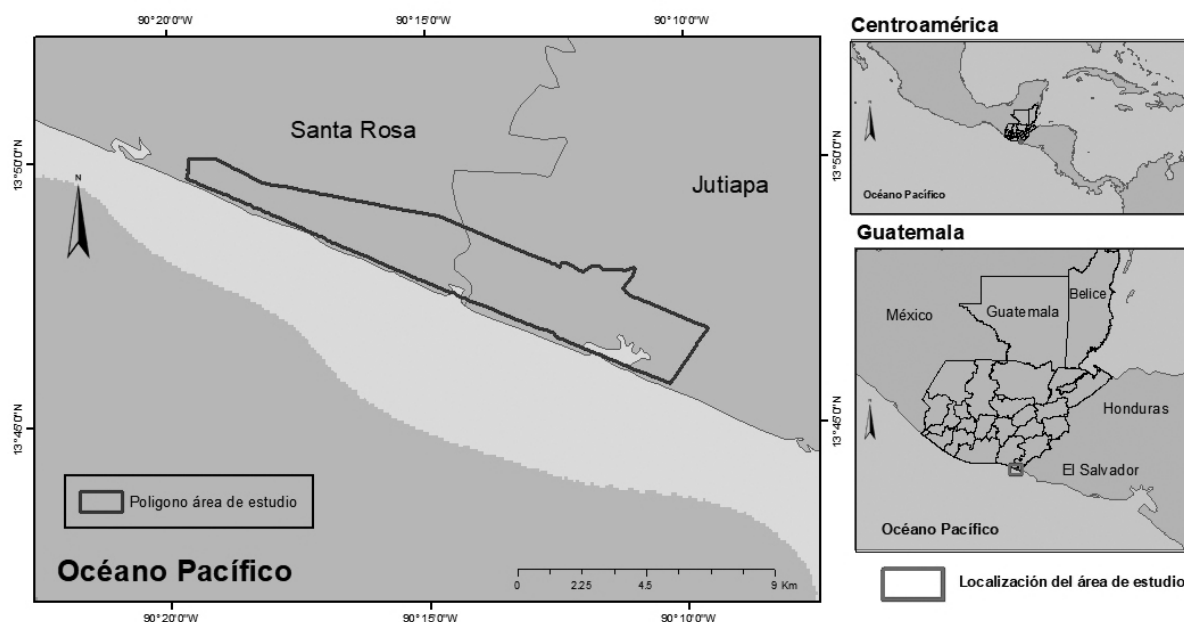


Figura 1. Mapa de ubicación del humedal Las Lisas-La Barrona.

en teoría de grafos y circuitos. Las aplicaciones de la teoría de grafos a la ecología del paisaje han mostrado el potencial para cuantificar la conectividad del paisaje para una especie o grupo de especies, centrándose en el papel de los parches de hábitat y los vínculos de dispersión entre ellos (Saura, & Rubio, 2010).

La teoría de circuitos se ha aplicado a la conectividad en análisis químicos, neurales, económicos y sociales. Es viable para la ecología, donde se utilizan métricas basadas en conectividad eléctrica que son aplicables a la ecología del movimiento, proporcionando interpretaciones ecológicas concretas del circuito-teórico (McRae, Dickson, Keitt, & Shah, 2008).

Para los procedimientos espaciales se utilizó el programa ArcMap versión 10 (Environmental Systems Research Institute [ESRI], 2016) licencia de *ArcMap Desktop* del Centro de Datos para la Conservación del Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon). Conjuntamente se utilizaron diversos softwares libres para la aplicación de los análisis espaciales de la conectividad, los cuales se mencionan a continuación.

### Análisis de conectividad estructural

Se utilizó el cálculo del MSPA, el cual analiza la forma y disposición de los parches de un hábitat, y

puede detectar los sitios del paisaje de mayor relevancia para mantener la conectividad de acuerdo a su morfología (Soille & Vogt, 2008).

Se generó el mapa de uso y cobertura del suelo del área de estudio (Figura 2) a partir de la validación y corroboración en campo mediante dos visitas al área de estudio durante los meses de septiembre (20-21) y noviembre (21-25) del 2016. Finalmente a partir de la imagen del satélite Sentinel 2, *Sentinel Scientific Data Hub* de la Agencia Espacial Europea (ESA) (02/02/2017) se obtuvo el mapa de uso del suelo del área de estudio a partir del cual se generó un mapa binario de cobertura de mangle en formato raster.

A este mapa se aplicó el MSPA, con el software libre GuidosToolbox2.7 (Vogt & Riitters, 2017). Este análisis estimó la forma y disposición espacial de los parches de manglar, clasificándolos por su morfología en: (a) núcleo: área interior excluyendo el perímetro, (b) borde: perímetro externo del objeto, (c) puente: conectado a diferentes áreas del núcleo, (d) isla: islote disjunto y demasiado pequeño para contener núcleo, (e) perforación: perímetro interno del objeto, (f) lazo: conectado a la misma área del núcleo y (g) rama: conectando los núcleos con parches adyacentes.

## Análisis de conectividad funcional potencial

**Estimación del diferencial del Índice Integral de Conectividad (dIIC).** Se estimó el diferencial del Índice Integral de Conectividad (dIIC) el cual es un índice que va de 0 a 1 y aumenta con la conectividad mejorada. El IIC = 1 en el caso hipotético de que todos los parches del paisaje están ocupados por el hábitat. Este permite conocer el aporte de cada parche de manglar en la conectividad de todo el sistema, para lo cual se utilizó el software libre *Conefor Sensinode* versión 2.2 (Pascual & Saura, 2008; Saura & Torné, 2009). De manera complementaria se aplicó un análisis de flujo de corriente acumulada (McRae, Shah, & Mohapatra, 2013).

Este análisis se corrió a partir de los núcleos obtenidos del MSPA y el canal de Chiquimulilla. Se emplearon las aves como especies focales, para lo cual, mediante revisión bibliográfica se generó un listado de especies de aves para el área de estudio (Conap & PNUD, 2017; Dávila, García, & López, 2014; Eisermann & Avendaño, 2007; Salazar & Sigüenza, 2010). Las especies se priorizaron con base a su estatus residente y su estado de conservación (International Union for Conservation of Nature [IUCN], 2018), posteriormente se agruparon con base en los grupos funcionales de aves de acuerdo a Dávila y colaboradores (2014) y se asignaron los valores de 5 y 10 km como valores de distancias de dispersión por grupo funcional, de acuerdo a National Council for Air and Stream Improvement (NCASI) (2004), cuyos valores se describen dentro de las especificaciones de ocurrencia del elemento para los grupos de aves.

### Estimación del flujo de corriente acumulada.

Esta estimación se basa en la teoría de circuitos, los modelos de circuitos se pueden usar para predecir patrones de movimiento en paisajes complejos e identificar parches importantes de hábitat para la planificación de la conservación. Los modelos de conectividad basados en teoría de circuitos, brindan ventajas sobre los modelos de conectividad. La resistencia, la corriente y el voltaje calculados a través de gráficos pueden interpretarse y relacionarse con procesos ecológicos, tales como el movimiento individual de especies en un mosaico de hábitats (McRae et al., 2008; Pelletier et al., 2014).

Se realizó bajo el supuesto de que la resistencia del paisaje es una medida de cuán fácil un organismo puede migrar o dispersarse a través de los elementos

del paisaje (Colorado, Vásquez, & Mazo, 2017; Rose, 2013). En este análisis se utilizaron los parches identificados como núcleos con el MSPA y un mapa de resistencia.

El mapa de resistencia, se originó a partir de catalogar los tipos de uso y cobertura del suelo como barreras, bajo el supuesto de que una barrera es toda aquella limitación que en la matriz del paisaje presenta una resistencia para el desplazamiento de las aves (Bartesaghi, 2015).

De acuerdo a los criterios cuantitativos de Bartesaghi (2015), Colorado y colaboradores (2017) y Desrochers, Bélisle, Morand-Ferron y Bourque (2011), los valores se modificaron y se simulaban las barreras de movimiento en la dispersión de las aves, cuando la resistencia al movimiento en áreas abiertas varió de 1 a 100 veces con respecto a la resistencia al movimiento en el bosque de manglar. Con lo que se designaron los siguientes valores a las barreras con respecto al movimiento de las aves: (1) a los ambientes con mayor intensidad de uso (bosque, espejo de agua), (4) ambientes de uso frecuente (arena, playa, estanques de acuicultura, salineras), (11) a los ambientes de uso ocasional (campos de agricultura o ganadería), (100) a las barreras de movimiento (áreas urbanas, áreas con infraestructura). Consecutivamente se aplicaron los criterios a los diferentes tipos de cobertura y usos del suelo, asignándoles valores de resistencia al movimiento (Tabla 1). Finalmente, con los núcleos del MSPA y el mapa de resistencia, se efectuó el análisis de flujo de corriente acumulada, para lo cual se utilizó el software libre *Circuit Scape* 4.0 (McRae et al., 2013).

## Resultados

### Estimación de la conectividad estructural

El ecosistema manglar de Las Lisas-La Barrona presenta una conformación espacial definida por diferentes tipos de parches. El MSPA mostró que los tres tipos morfológicos de parches con mayores porcentajes son los núcleos, bordes y perforaciones. La clase de parche mejor representada en el área con respecto al porcentaje de cobertura son los núcleos (80.94 %), encontrándose principalmente en La Barrona, El Jiote y, con menor representatividad en Las Lisas.

Posteriormente se ubican los bordes (11.66 %), las perforaciones (3.59 %), las ramas (1.49 %), que se encuentran principalmente cerca de El Chapetón, El Ahumado y Las Lisas; los lazos (0.99 %), que se



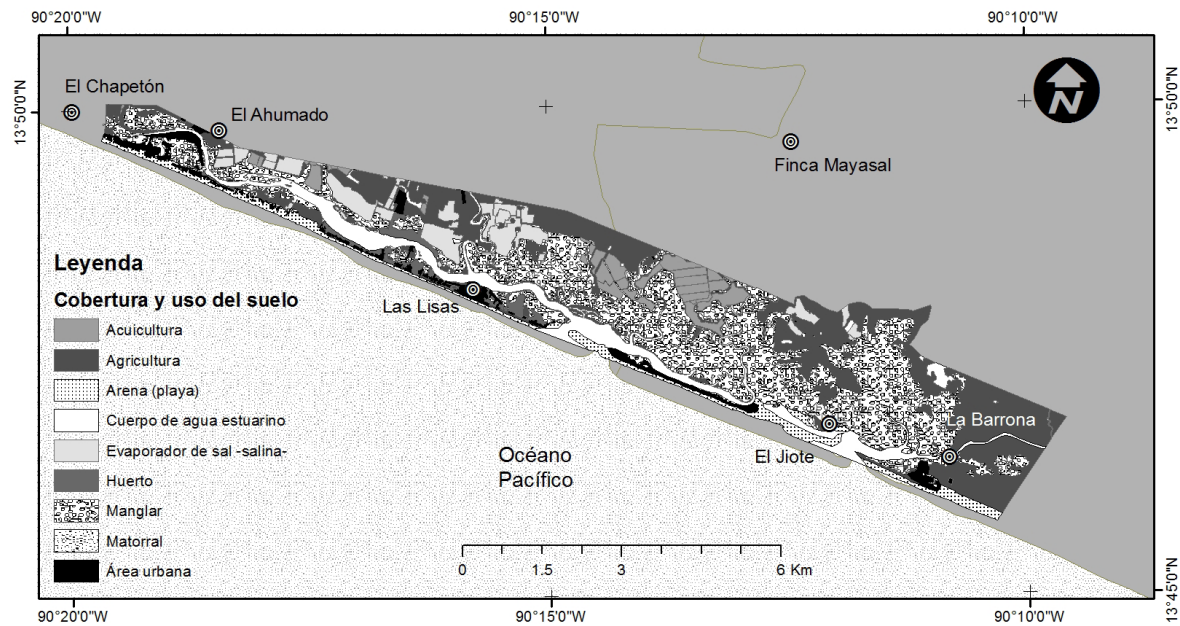


Figura 2. Mapa de la cobertura y uso del suelo en el humedal Las Lisas-La Barrona.

Tabla 1

*Tipo de Cobertura y usos del suelo, y asignación de valores de resistencia*

| No. | Tipo de cobertura y usos del suelo     | Área (ha) | Valores de resistencia |
|-----|----------------------------------------|-----------|------------------------|
| 1   | Manglar                                | 1,405.89  | 1                      |
| 2   | Agricultura                            | 1,022.70  | 11                     |
| 3   | Cuerpo de agua estuarino               | 390.88    | 1                      |
| 4   | Salina (evaporador de agua marina)     | 222.79    | 4                      |
| 5   | Arena (playa)                          | 182.39    | 4                      |
| 6   | Acuicultura                            | 174.14    | 4                      |
| 7   | Área urbana o área con infraestructura | 127.96    | 100                    |
| 8   | Huerto                                 | 65.20     | 4                      |
| 9   | Matorral                               | 14.58     | 4                      |

encuentran conectado a la misma área de los núcleos de La Barrona, El Jote y Las Lisas; los puentes (0.81 %), que están presentes en Las Lisas, El Ahumado y El Chapetón; y los parches tipo isla (0.52 %), que sobresalen en El Ahumado y El Jote (Tabla 2, Figura 3).

### Estimación de la conectividad funcional potencial

**Estimación del dHIC.** Se detectaron 153 especies de aves, de las cuales se priorizaron 96, las cuales se agruparon en 20 grupos con base en los grupos funcionales de aves. Los resultados mostraron que la

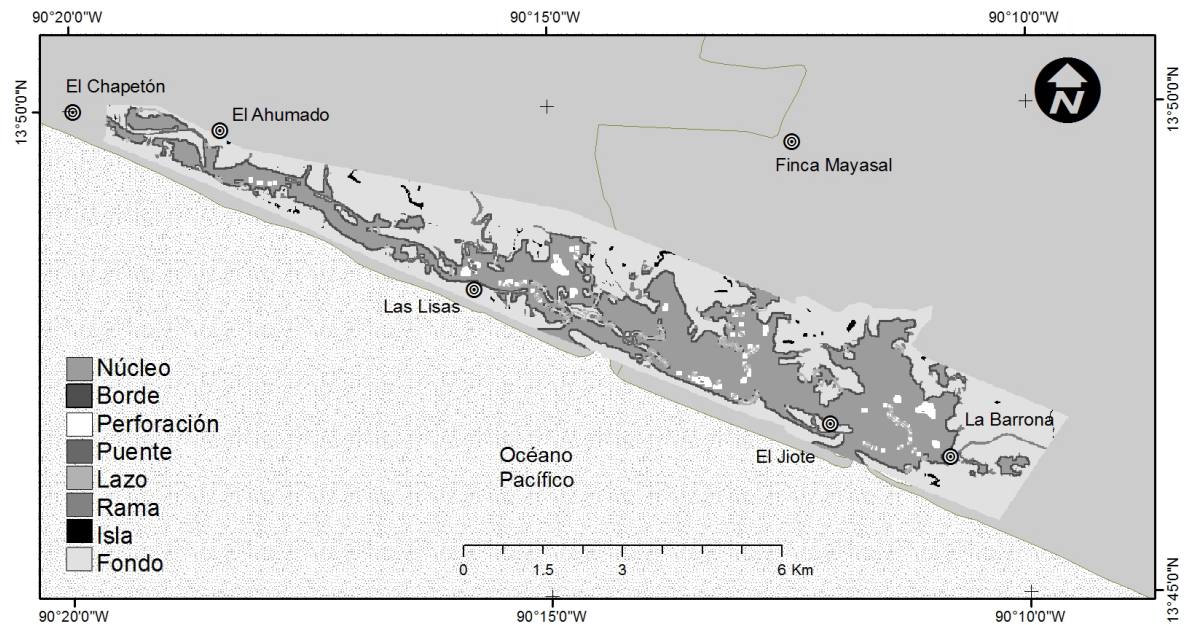


Figura 3. Patrón morfológico espacial del ecosistema manglar del área de estudio.

Tabla 2

Porcentaje de cada clase del tipo de parche de acuerdo al cálculo del MSPA

| Clase         | % de la cobertura de mangle | % del área analizada | Frecuencia |
|---------------|-----------------------------|----------------------|------------|
| Núcleo        | 80.94                       | 40.36                | 81         |
| Borde         | 11.66                       | 5.82                 | 143        |
| Perforaciones | 3.59                        | 1.79                 | 138        |
| Rama          | 1.49                        | 0.74                 | 301        |
| Lazo          | 0.99                        | 0.49                 | 129        |
| Puente        | 0.81                        | 0.4                  | 68         |
| Isla          | 0.52                        | 0.26                 | 54         |

conectividad tiene un gradiente que va en aumento de oeste a este en el área de estudio, mostrando mayores valores de la estimación del dIIC en la Barrona y el canal de Chiquimulilla, seguidos por El Jote y con valores menores en Las Lisas.

El cálculo del dIIC mostró que los parches con mayor valor del dIIC son La Barrona y el canal de Chiquimulilla siendo las áreas con mayor importancia en el mantenimiento de la conectividad del área tanto para aves que se dispersan 5 km (Figura 4), como para aquellas que se dispersan 10 km dentro del área de estudio (Figura 5).

Las áreas con mayor dIIC interno se localizan desde Las Lisas en Santa Rosa hacia el área de La Barrona en Moyuta, Jutiapa, presentando los valores más altos hacia La Barrona, tanto en el análisis para 5 km como en el análisis para 10 km de dispersión de las aves.

El dIIC-flujo es mayor en el área de La Barrona, lo cual disminuye hacia Las Lisas y se observa este patrón de disminución de la conectividad flujo hacia el área de El Ahumado, tanto para el análisis aplicado a especies que se dispersan 5 km como para las aves que se dispersan 10 km.

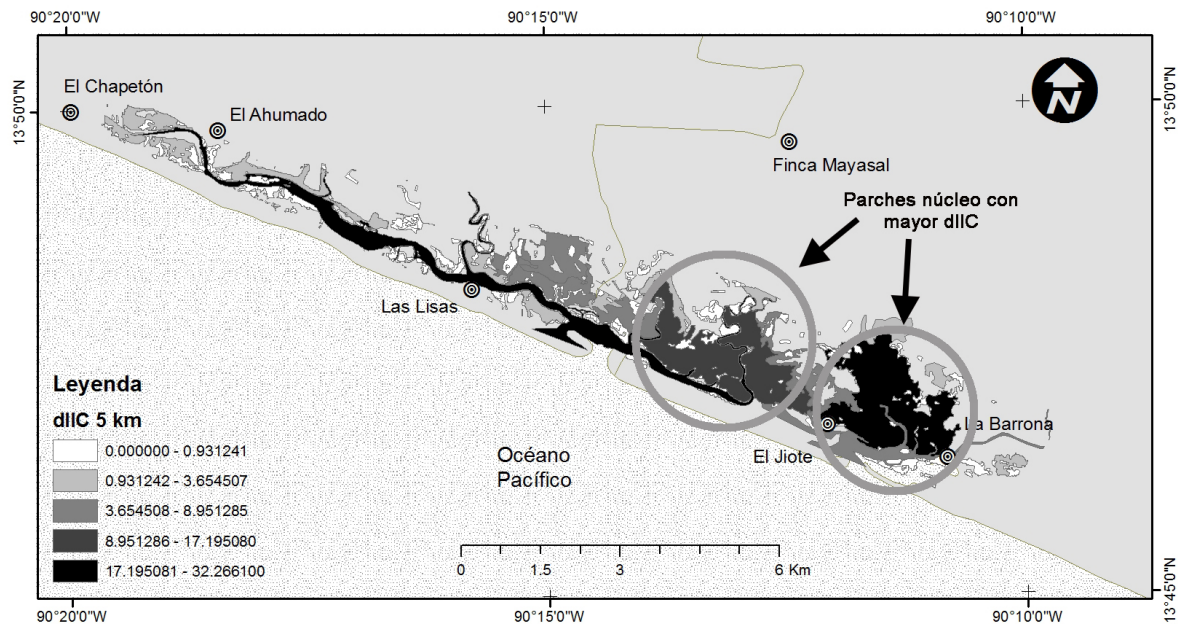


Figura 4. Mapas sobre el valor del dIIC (interno, flujo y conector) del manglar para especies que se dispersan 5 km. El color blanco es la menor conectividad, al aumentar la tonalidad de gris a negro aumenta la conectividad. En el círculo gris se indican los parches con mayor dIIC.

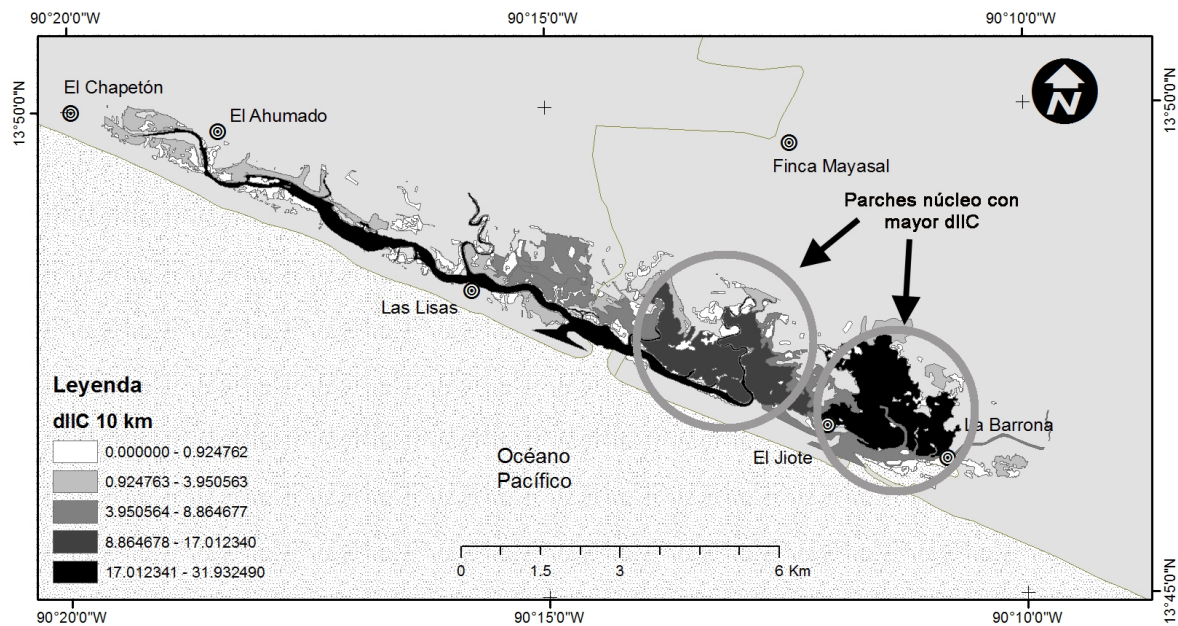


Figura 5. Mapa sobre el valor del dIIC (interno, flujo y conector) del manglar para especies que se dispersan 10 km. El color blanco es la menor conectividad, al aumentar la tonalidad de gris a negro aumenta la conectividad. En el círculo gris se indican los parches con mayor dIIC.

El dIIC-conector presentó que las áreas desde Las Lisas en Santa Rosa hacia el área de La Barrona en Moyuta, Jutiapa con mayor dIIC son las que aportan mayor conectividad, presentando los valores más altos hacia La Barrona, esto se observó en el análisis para 5 km de dispersión de las aves (Figura 6), pero no es así en el análisis para 10 km de dispersión.

#### **Estimación del flujo de corriente acumulada.**

La estimación indicó que existen diferentes categorías de flujo de corriente acumulada en el ecosistema manglar. En particular, para el área se observa un “cuello de botella” localizado justo entre las localidades El Ahumado y Las Lisas. De acuerdo a la teoría de circuitos poseen el mayor paso de electricidad, lo que se puede interpretar como un sitio donde existe un alto flujo de movimiento de especies (Figura 7).

### **Discusión**

#### **Conectividad estructural**

En la actualidad el ecosistema manglar ocupa el 40.36 % del área de estudio, y los resultados del MSPA indican que aproximadamente el 81 % de esta cobertura corresponde al tipo núcleo. Esta disposición espacial de los parches de manglar puede ser beneficiosa para la conservación del ecosistema, debido a que se presenta un menor efecto de borde de las presiones externas y una mayor capacidad de recuperación ante las mismas, manteniendo poblaciones con menor riesgo de extinción (Alonzo-F., Finegan, Brenes, Gunter, & Palomeque, 2017; Gandini & Lara, 2012).

Sin embargo, los parches tipo borde se ubican en segundo lugar en cuanto a porcentaje de cobertura, lo cual podría indicar que ha ocurrido cierto grado de fragmentación del ecosistema (Hernando, Velázquez, Rosario, Pérez, & Grande, 2013). En este sentido, se recomienda evitar que ocurran modificaciones en la disposición espacial del manglar a través de la deforestación u otros tipos de intervenciones que conduzcan a la disminución de los parches tipo núcleo.

A pesar de que los puentes únicamente representan el 1 % de la cobertura de manglar, este tipo de parches es estratégico, dadas las posibles ventajas que pueden proveer los puentes como corredores, entre ellas, facilitar el movimiento de especies y material genético a través del paisaje, aumento de la inmigración a hábitats aislados, facilitación de la continuidad de los

procesos ecológicos naturales en hábitats impactados por las actividades humanas, entre otros (MacDonald, 2003). Por lo anterior, es importante resaltar y sugerir la priorización como elementos a conservar y aplicar medidas para mejorar la condición en la planificación espacial del área.

Los parches tipo lazo y rama, son elementos lineales del paisaje de poca anchura, pero que al mismo tiempo pueden ser el último vestigio de un bosque, siendo un importante refugio para la fauna. Este tipo de parches deben ser atendidos y restaurados, por el papel que pueden desempeñar en la conectividad y porque además tienen un elevado potencial de riesgo de alteración producido por la modificación del hábitats y pérdida de conectividad (Calabuig, 2013).

Este tipo de parches que han sido descritos en otros estudios, como en el caso de los corredores de cercos vivos, que se asemejan mucho a los parches lazo y rama del área de estudio, han sido el objetivo de estudio para el trazado de corredores biológicos, ya que estos pueden reducir los efectos de la deforestación y el desarrollo de infraestructura, fungiendo como piezas elementales para la dispersión de especies de aves y otros grupos taxonómicos (Calabuig, 2013).

Por otro lado, los parches tipo isla aunque presentan solo 0.52 %, toman relevancia al ser elementos útiles para aplicar técnicas de regeneración del ecosistema en áreas degradadas, una técnica muy común que se conoce como nucleación. La nucleación constituye una alternativa viable para la recuperación de los paisajes fragmentados, y será efectivo en el paisaje a restaurar, principalmente hacia las áreas desconectadas por la fragmentación (Tres & Reis, 2007).

#### **Conectividad funcional potencial**

**Estimación del dIIC.** Los resultados encontrados concuerdan con lo hallado en la conectividad estructural, debido a que algunos de los parches con mayor dIIC corresponden al tipo núcleo, tales como los parches de La Barrona y El Jiote por lo que se puede deducir que son los parches con mayores potenciales para mantener la conectividad. Resaltando nuevamente el importante papel que pueden desempeñar estos en el mantenimiento de poblaciones con menor riesgo de extinción a través de una mayor conectividad interna del ecosistema manglar. Por lo tanto, se debe priorizar su conservación en la planificación territorial del área de estudio. Así mismo, en los resultados se evidencia la



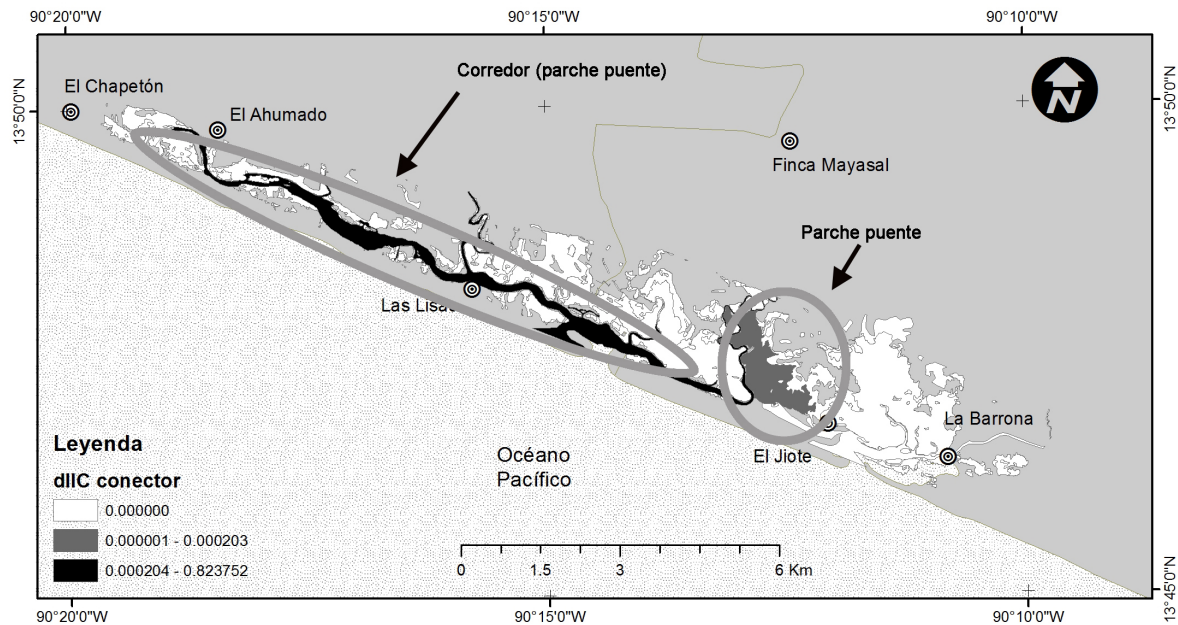


Figura 6. Mapa sobre el valor del dIIC (conector) del ecosistema manglar para especies que se dispersan 5 km. El color blanco es la menor conectividad, al aumentar la tonalidad de gris a negro aumenta la conectividad. En el círculo gris se indican los parches con mayor dIIC.

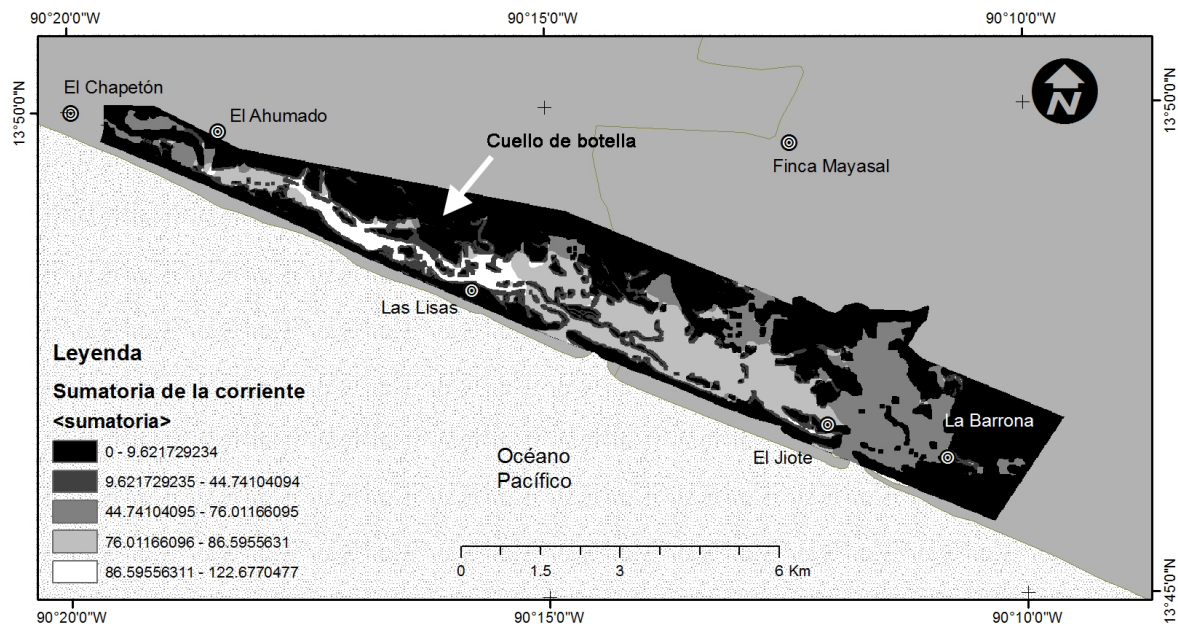


Figura 7. Mapa de la estimación del flujo de corriente acumulada del ecosistema manglar. Descripción: los menores valores de corriente acumulada se presentan en tonalidades negras y grises, aumenta a partir del gris claro y el color blanco posee el mayor valor de corriente acumulada (segmento cuello de botella).

relevancia del canal de Chiquimulilla como elemento conector del ecosistema manglar.

Estos resultados concuerdan con Shanthala, Murthy, Debnath y Jha (2016), quienes estimaron el IIC en el paisaje forestal del distrito de East Godavari, India, donde obtuvieron que los parches núcleo tienen mayor potencial para la conectividad, por su alto valor de ponderación de IIC del parche más grande, a diferencia de los parches borde, con un bajo valor de ponderación de IIC.

Para el presente estudio también es relevante el hecho de que la fracción dIIC-flujo tiene una importante contribución a la conectividad del manglar, considerando la relevancia de asegurar la conectividad a una mayor escala, la conectividad de flujo puede conectar a este humedal con los manglares adyacentes, como los presentes en el Parque Nacional Hawaii al oeste y hacia el este con humedales del departamento de Ahuachapán, en El Salvador.

Cordero (2014) encontró en el hábitat potencial del mono aullador negro o carayá (*Alouatta caraya*), en un sistema silvopastoril del chaco en Paraguay, que la fracción dIIC-flujo presentó la mayor ponderación de IIC, lo que sugirió que muchos parches facilitan el flujo como fuente y receptor para la dispersión del carayá que tiene una dispersión de 0.84 km.

En el presente estudio, la fracción dIIC-interna ponderó que los núcleos La Barrona y El Jiote, presentaron los mayores valores de conectividad, lo que tiene una relación directa con el mayor tamaño de estos parches. Lo cual concuerda con lo que encontró Cordero (2014), en el hábitat del carayá, donde los parches que presentaron los mayores valores de la fracción interna fueron los parches de bosque con la mayor área.

En esta comparación se hace con grupos diferentes de fauna, para aves y para un mamífero arborícola, sin embargo, resalta por el hecho de que sugiere que los parches núcleo de mayor área aportan la mayor conectividad al sistema estudiado, con lo que se puede inferir que pueden sostener poblaciones de aves y mamíferos con menor riesgo de extinción y ser fuente de especies, asumiendo el rol de continente como lo señala Alonzo-F y colaboradores (2017). Lo anterior alude a la importancia de conservar estos parches núcleo con altos valores de ponderación de IIC.

Por su parte, la fracción dIIC-conector ponderó a un menor número de parches, indicando que son pocos los parches en disposición de ejercer como conectores o parches puente para especies de aves que se dispersan 5 km. En este caso el canal de Chiquimulilla y Las Lisas resultan ser los elementos del ecosistema manglar más

importantes como elemento conector o parches puente. Lo anterior también se observó en los resultados de Cordero (2014) que encontró un bajo número de parches que aportan la conectividad conector, pero que funcionan como parches puente de gran importancia para la conectividad en el hábitat del carayá.

Esto sugiere que el canal de Chiquimulilla es relevante como parche puente o incluso como corredor, que permite el desplazamiento de especies de aves que se dispersan 5 km. Los efectos de los corredores para las aves varían según el área y no están bien documentados. Sin embargo, la estructura de escalones o parches bastante cercanos entre sí formando elementos lineales como corredores parecería ser una buena opción para facilitar la dispersión y la conectividad en un paisaje (Calabuig, 2013). Para especies que se dispersan 10 km la fracción dIIC-conector no muestra una porción importante, lo cual se debe a que la dispersión de 10 km, probablemente utilizará al área como un conector entre humedales adyacentes.

**Estimación del flujo de corriente acumulada.** A este respecto, el sitio más crítico para la conectividad se encuentra justo entre las localidades El Ahumado y Las Lisas, ya que presenta el mayor valor de corriente acumulada para especies de aves que se dispersan 5 y 10 km, siendo un cuello de botella. De acuerdo a Pelletier y colaboradores (2014) estos sectores poseen el mayor paso de electricidad, lo que se puede interpretar como que existe un alto flujo de movimiento de especies.

Por su parte Bartesaghi (2015) identificó zonas de cuellos de botella en la cuenca alta atlántica de los departamentos de Rocha y Maldonado, Uruguay, al evaluar el flujo de corriente acumulada para especies de grupos taxonómicos como moluscos, anfibios, reptiles, mamíferos y aves, con un rango de dispersión de 1 a 5 km. Encontró la existencia de múltiples rutas entre los parches de dos ecosistemas el matorral y bosque costero, con lo cual presentaron una alta concentración de flujo de especies. En este caso al utilizar una escala mayor, pudo identificar las concentraciones de movimiento tanto en la zona costera como en la cuenca alta.

En cualquiera de estos casos, la pérdida total de cuellos de botella puede implicar el aislamiento de las poblaciones, por lo que resultan indispensables para la conectividad del sistema, debido a que son sitios donde se generan cuellos de botella en el flujo a través del paisaje o funcionan como puentes para la conectividad (León et al., 2017).

Para la escala local utilizada en Las Lisas-La Barrona es crítico para la conectividad del ecosistema

manglar identificar una zona de cuello de botella. Esto toma relevancia por el hecho de identificar rutas de conectividad a través del paisaje, ya que son criterios fundamentales para tomar las mejores decisiones durante intervenciones antropogénicas en el paisaje (Lee et al., 2014).

León y colaboradores (2017) también evaluaron zonas críticas o corredores, mediante el análisis de conectividad y de flujo de corriente acumulada, con lo cual identificaron zonas de cuello de botella en el municipio de Envigado, Antioquia en Colombia, evidenciando la limitada disponibilidad de rutas de movimiento a los cuellos de botella, y que estos segmentos constituyen prioridades de conservación, ya que la pérdida de una pequeña porción del segmento tendría un efecto sobre la conectividad (Martínez-Martí & Sainz-Martínez, 2016).

Respecto a la conectividad del manglar de Las Lisas-La Barrona, fue posible identificar núcleos con alto aporte a la conectividad (La Barrona, El Jiote), parche puente o corredor como el canal de Chiquimulilla y un cuello de botella (segmento Las Lisas El ahumado), los cuales son elementos estratégicos para aplicar medidas de conservación, restauración y manejo. Si bien, un aspecto ideal a tener en cuenta sería el análisis a mayor escala, tanto espacial como temporal, el conocimiento de la conectividad del área generado por este estudio es básico y representa una base para ayudar a los esfuerzos de planificación marino costera de acuerdo a la importancia de estos elementos espaciales en términos de aporte a la conectividad y representando piezas fundamentales para las aves que utilizan los manglares como hábitat.

## Referencias

- Alonzo-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Gunter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 143-156. doi:10.15446/caldasia.v39n1.64324
- Bartessaghi, M. L. (2015). *Fragmentación y conectividad del paisaje costero para vertebrados e invertebrados prioritarios para la conservación* (Tesis de maestría). Universidad de la República de Uruguay, Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas, Uruguay.
- Bennet, A. F. (1998). *Linkages in the Landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation*. Gland, Suiza: International Union for Conservation of Nature.
- Calabuig, E. (2013). Corredores, conectividad y ecología del paisaje. *Dossier Ciudades*, 1, 29-42.
- Colorado, G. J., Vásquez, J. L., & Mazo, I. N. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 22(3), 379-393. doi:10.15446/abc.v22n3.63013
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas & Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). *Estudio técnico del área de uso múltiple marino costera Las Lisas*. Guatemala: Autor.
- Cordero, D. G. (2014). *Análisis de la conectividad para el mono carayá (Alouatta caraya) en un sistema silvopastoril del Chaco Húmedo sudamericano* (Tesis de maestría). Universidad de Alcalá, Paraguay.
- Costanza, R., d'Arge, R., Groot, R. de, Farberk, S., Grasso, M., Hannon, B., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Dávila, V., García, M. J., & López, A. (2014). *Utilidad de la biodiversidad como indicador de sostenibilidad para la evaluación de la calidad ambiental de la costa Este del Pacífico de Guatemala* (Inf-2013-20). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación y Centro de Estudios Conservacionistas.
- Desrochers, A., Bélisle, M., Morand-Ferron, J., & Bourque, J. (2011). Integrating GIS and homing experiments to study avian movement costs. *Landscape Ecology*, 26, 47-58. doi:10.1007/s10980-010-9532-8
- Eisermann, K., & Avendaño, C. (2007). *Áreas propuestas para la designación como IBA (Área importante para la conservación de aves) en Guatemala*. Guatemala: Sociedad Guatemalteca de Ornitología y Bird Life International.
- Environmental Systems Research Institute. (2016). ArcMap (Versión 10.6) [Software]. Estados Unidos: ESRI.
- European Commission. (2018). Morphological Spatial Pattern Analysis. Recuperado de <http://forest.jrc.ec.europa.eu/download/software/guidos/mspa/>

- European Space Agency. (2017). Satellite Image Sentinel 2. ESA Web Portal [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-3](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3)
- Gandini, M., & Lara B. (2012). Análisis morfológico de la dinámica de fragmentos de *Paspalum quadrifarium* en una zona de la cuenca del río Salado del sur. Comisión de investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires. Ponencia presentada en la *V Jornada y II Congreso Argentino de Ecología de Paisajes Azul*. Congreso llevado a cabo en Buenos Aires, Argentina.
- Hernando, A., Velázquez, J., Rosario, R., Pérez, A., & Grande, M. (2013). Medida de la fragmentación de los hábitats en la Red Natura como indicador de su estado de conservación. Ponencia presentada en el *Sexto Congreso Forestal Español*. Congreso llevado a cabo en Madrid, España.
- Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad de la Universidad Rafael Landívar. (2018). *Ecosistemas de Guatemala basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. Guatemala: Autor.
- International Union for Conservation of Nature. (2018). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-3. Recuperado de <http://www.iucnredlist.org/>
- Lee, S. Y., Primavera, J. H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J. O., Cannicci, S., ... Record, S. (2014). Ecological role and services of tropical mangrove ecosystems: a reassessment. *Global Ecology and Biogeography*, 23, 726-743. doi:10.1111/geb.12155
- León, J. D., Sáenz, O. A., Ortiz, C. E., Cardona, D. M., Flórez, L. Z., Martínez, A., ... Cuervo, D. (2017). *Estudio del valor histórico, cultural, paisajístico y evaluación de impactos del componente ambiental para la construcción del tramo 2b-Metroplús en escenarios con y sin proyecto, Municipio de Envigado, Antioquia*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias.
- MacDonald, M. A. (2003). The role of corridors in biodiversity conservation in production forest landscapes: A literature review forestry Tasmania. *Tasforests*, 14, 41 -52.
- Martínez-Martí, J., & Sainz-Martínez, J. (2016). *Anillo verde de la bahía de Santander: Conectando la naturaleza y la ciudad. Evaluación de la conectividad ecológica en el área metropolitana de la bahía de Santander* (Informe final proyecto LIFE14 NAT/ES/000699). Cantabria: Fundación Naturaleza Hombre.
- McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10), 2712-2724. doi:10.1890/07-1861.1
- McRae, B. H., Shah, V.B., & Mohapatra, T. K. (2013). Circuitscape 4 User Guide. The Nature Conservancy.
- National Council for Air and Stream Improvement. (2004). *NatureServe EO Specs: Separation Distance for Animals*. Cary, NC: NatureServe
- Olds, A., Pitt, K., Maxwell, P., & Connolly, R. (2012). Synergistic effects of reserves and connectivity on ecological resilience. *Australian Journal of Applied Ecology*, 49, 1195–1203.
- Pascual, L., & Saura, S. (2008). Integración de la conectividad ecológica de los bosques en los instrumentos de planificación forestal a escala comarcal y regional. *Revista Divulgación*, 94, 31-37.
- Pelletier, D., Clark, M., Anderson, M.G., Rayfield, B., Wulder, M. A., & Cardille, J. A. (2014). Applying circuit theory for corridor expansion and management at regional scales: Tiling, pinch points, and omnidirectional connectivity. *PLoS ONE*, 9(1), 1-11. e84135. doi:10.1371/journal.pone.0084135
- Rose, A. (2013). Systematic comparison of two habitat connectivity modeling approaches: Least cost path and circuit theory. Recuperado de [https://tigerprints.clemson.edu/all\\_theses/1634](https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/1634)
- Salazar, C., & Sigüenza, R. (2010). *Modelos ecológicos conceptuales en humedales guatemaltecos como herramienta para evaluar los efectos potenciales de las actividades humanas sobre poblaciones de aves acuáticas y su hábitat* (Fodecyt No. 06-2009). Guatemala: Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología.



- Saura, S., & Rubio, L. (2010). A common currency for the different ways in which patches and links can contribute to habitat availability and connectivity in the landscape. *Ecography* 33, 523-537, 2010. doi:10.1111/j.1600-0587.2009.05760.x
- Saura, S., & Torné, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: A software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environmental Modelling & Software*, 24, 135-139.
- Shanthala, B. S., Murthy, M. S., Debnath, B., & Jha, C. S. (2016). Identification of potential habitat patches for connectivity using weighted linear combination (WLC) and integral index of Connectivity (IIC) at East Godavari District, Andhra Pradesh, India. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 4 (3), 385-394. doi:10.1007/s12524-015-0508-7.
- Soille, P., & Vogt, P. (2008). Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern Recognition Letters*, 30, 4, 456-459. doi: 10.1016/j.patrec.2008.10.015
- Tres, D., & Reis, A. (12 al 22 de abril de 2007). La nucleación como propuesta para la restauración de la conectividad del paisaje. *II Simposio Internacional sobre Restauración Ecológica*, Cuba.
- van den Belt, M., & Cole, A. (2014). *Ecosystem goods and services in marine protected areas* (MPAs) (Science for Conservation, 326). New Zealand: Department of Conservation Te Papa Atawhai.
- Vogt, P. & Riitters, K. (2017). GuidosToolbox: Universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 352-361. do: 10.1080/22797254.2017.1330650

## Primera aproximación al uso de la ocupación del tapir (*Tapirella bairdii* Gill, 1865) como indicador de la integridad ecológica en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala

*First approach to the use of Baird's Tapir (Tapirella bairdii Gill, 1865) occupancy as an indicator of ecological integrity in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala*

Manolo J. García <sup>1\*</sup>, Raquel S. Leonardo<sup>2</sup>, Vivian R. González-Castillo<sup>1</sup>, Gerber D. Guzman-Flores<sup>1</sup>, Nery Jurado<sup>2</sup>, Mynor A. Sandoval<sup>1</sup>, Carlos A. Gaitán<sup>1</sup>, Adriana Rivera<sup>2</sup>, Andrea L. Aguilera<sup>1</sup>, María G. Cajbon-Vivar<sup>1</sup>, Cristel M. Pineda<sup>3</sup>, Ana L. Lobos<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala,

<sup>2</sup>Fundación Defensores de la Naturaleza, <sup>3</sup>Parque Nacional Tikal y <sup>4</sup>Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo, Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: guzmau@outlook.com

Recibido: 10 de junio 2019 / Revisión: 23 de septiembre 2019 / Aceptado: 11 de noviembre 2019

### Resumen

La Reserva de la Biosfera Maya (RBM) es un área protegida de relevancia nacional, regional y mundial por la diversidad biológica asociada y los beneficios que se obtienen de esta. En su plan maestro se plantea el conjunto de elementos de conservación a partir de los cuales se orientan estrategias y se evalúa la efectividad de manejo de dicha reserva, entre los cuales se incluye a *Tapirella bairdii* (tapir), por lo que es importante contar con un monitoreo de esta especie como una herramienta para la administración de esta reserva. En el 2015 se inició el desarrollo de un protocolo de monitoreo basado en la estimación de la probabilidad de ocupación y el presente estudio constituye la continuación de esta iniciativa a través de la implementación de las temporadas de muestreo en 2017 y 2018. Se registró la presencia del tapir en cinco zonas núcleo de la RBM empleando trampas cámara y se estimó la probabilidad de ocupación. Los valores estimados sugieren una relación de la ocupación con la integridad ecológica, en la cual hay una mayor ocupación en áreas con menor perturbación. Se generaron modelos con cinco covariables relacionadas con amenazas potenciales, sin embargo fue el modelo nulo el que se seleccionó de acuerdo al criterio definido. Los resultados sugieren que la integridad ecológica en las áreas de estudio está siendo afectada como consecuencia de las presiones antrópicas por lo que es necesario el fortalecimiento de aquellas con menores valores de ocupación.

**Palabras claves:** ocurrencia, fototrampeo, probabilidad de detección, Presence, Selva Maya

### Abstract

The Maya Biosphere Reserve (MBR) is a protected area of national, regional and global relevance due to the associated biological diversity and the benefits obtained from it. In its master plan, a set of conservation elements are selected, on which strategies are oriented and the management effectiveness is evaluated, among which *Tapirella bairdii* (Baird's tapir) is included, so it is important to have a monitoring of this species as a tool for the management of this reserve. In 2015, the development of a monitoring protocol based on the estimation of the probability of occupancy started and the present study constitutes the continuation of this initiative through the implementation of the sampling seasons in 2017 and 2018. It was registered the presence of the tapir in five core areas of the MBR using camera traps and the probability of occupancy was estimated. The estimated values in the study areas suggest a relationship of occupancy with the ecological integrity, in which there is a greater occupancy in areas with less disturbance. Models with five covariates related to potential threats were generated, however it was the null model that was selected according to the defined criteria. The results indicate that ecological integrity in the study areas is being affected as a result of the anthropic pressures, so it is necessary to strengthen those with lower occupancy values.

**Keywords:** occurrence, camera trapping, detection probability, Presence, Maya Forest

## Introducción

La declaración de áreas protegidas es una de las principales estrategias para la conservación de la diversidad biológica como base para el desarrollo de las sociedades humanas a través de los servicios ecosistémicos que provee de manera directa e indirecta; sin embargo, en su manejo posterior se requiere de herramientas que permitan evaluar la efectividad en el cumplimiento de los objetivos de conservación (Lattera, Jobbágy, & Paruelo, 2011; Naughton-Treves, Holland, & Brandon, 2005). La Reserva de la Biosfera Maya (RBM) es de gran relevancia a nivel nacional, regional y mundial por la elevada diversidad biológica presente en su territorio y en consecuencia por la cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos que provee (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [Conap], 2015). De acuerdo con la normativa del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap), los Planes Maestros son los instrumentos oficiales para el manejo y planificación de las áreas protegidas, donde se desarrollan, entre otros, programas de monitoreo biológico e investigación que permitan conocer la integridad ecológica de las áreas protegidas a través del tiempo, de modo que sea posible evaluar su efectividad en el manejo (Conap, 2012).

Durante los procesos de creación y actualización de planes maestros se seleccionan elementos de conservación que representan elementos prioritarios en los ámbitos natural, cultural y/o socioeconómico, a partir de los cuales se definen objetivos y metas de conservación, que posteriormente son evaluados. En el plan maestro vigente de la RBM por primera vez se incluyó a *Tapirella bairdii* (Gill, 1865) (tapir o danto) como un elemento de conservación natural (a nivel de especie), debido a que su estado actual de conservación la cataloga como una especie en Peligro, además de ser esta área protegida donde se estima que habita el 80 % de sus poblaciones silvestres a nivel nacional, con una probabilidad de supervivencia de 1.0 en los una proyección de 100 años (Conap, 2015; García et al., 2016; García & Leonardo, 2016). Por estas razones es necesario contar con plan de monitoreo de la especie dentro de la reserva.

Con base en esta necesidad, en el 2015 el programa para la conservación del tapir en Guatemala inició el desarrollo de un protocolo estandarizado para el monitoreo del tapir en la RBM e implementó un estudio piloto en tres zonas núcleo en el 2016 (Centro de Estudios Conservacionistas [Cecon] & Fundación Defensores de la Naturaleza [FDN], 2016). El presente estudio se plantea como seguimiento a dicha iniciativa, a fin de contribuir con el desarrollo de indicadores que permitan

evaluar la integridad ecológica de esta área protegida, basada en criterios científicos. El objetivo general del proyecto fue establecer la línea base para la estimación de la probabilidad de ocupación del tapir como indicador de la integridad ecológica en programas de investigación y monitoreo de la RBM. Los objetivos específicos fueron: estimar la frecuencia de registros de *T. bairdii* en zonas núcleo, estimar la probabilidad de ocupación de *T. bairdii* en las áreas de estudio y desarrollar modelos con covariables que representen amenazas para la especie.

## Materiales y métodos

### Ubicación y temporalidad de la investigación

La RBM se encuentra ubicada en Petén, Guatemala, es el área protegida de mayor extensión en el país con 2.1 millones ha, compuestas por selvas tropicales subcaducifolias (Conap, 2015). El clima es de tipo tropical cálido-húmedo sin estaciones bien definidas, sin embargo presenta un gradiente climático que va de oeste a este, con temperaturas medias entre 22 y 29°C y precipitaciones anuales entre 1,000 y 1,900 mm, siendo el oeste más húmedo con temperaturas medias más bajas (Conap, 2015).

En cuanto a su división administrativa se divide en tres tipos de zonas de manejo: zona de amortiguamiento (ZAM), zona de usos múltiples (ZUM) y zonas núcleo. Las zonas núcleo corresponden a áreas con fines exclusivamente de conservación, investigación científica y turismo de bajo impacto, y están conformadas por cuatro biotopos protegidos (BP) y cinco parques nacionales (PN) (Conap, 2015). En el presente estudio se incluyeron cinco zonas núcleo: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada - El Zotz (BPSMPZ), Parque Nacional Tikal (Panat), Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo (PNYNN) y Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) (Figura 1). De acuerdo con García y Leonardo (2016) la RBM contiene dos remanentes de hábitat potencial para el tapir denominados RBM-NE y RBM-NO, en el primero se incluyen BPNDL, BPSMPZ, Panat y PNYNN, mientras que en el segundo está el PNSL.

Los muestreos se llevaron a cabo durante las temporadas secas e inicio de las temporadas lluviosas de 2017 y 2018, con una duración variable entre años y áreas de estudio (Tabla 1). El PNYNN únicamente fue muestreado en el 2018.

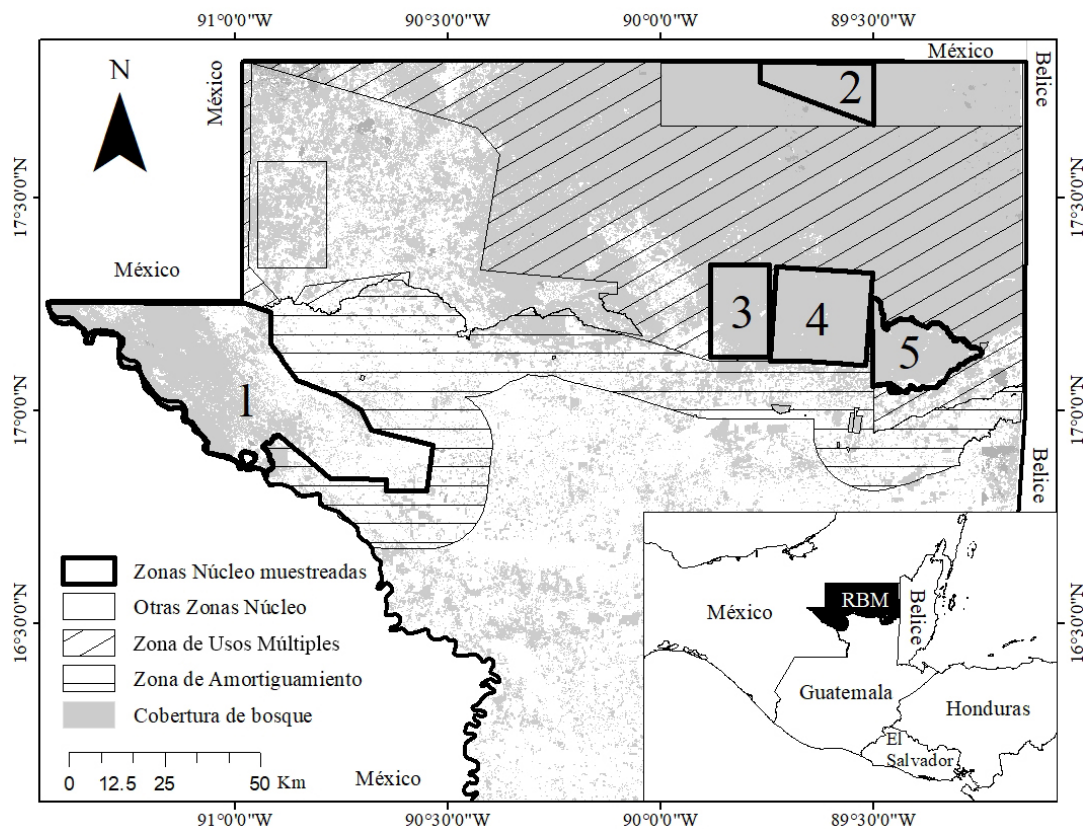


Figura 1. Mapa de las áreas de estudio en la Reserva de la Biosfera Maya, Petén, Guatemala. 1: Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL), 2: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), 3: Biotopo Protegido San Miguel La Palotada-El Zotz (BPSMPZ), 4: Parque Nacional Tikal (Panat), 5: Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo (PNYNN).

Tabla 1  
Esfuerzo de muestreo por área de estudio

| Remanente de hábitat potencial | Área de estudio | Número de estaciones 2017 | Número de días 2017 | Número de estaciones 2018 | Número de días 2018 |
|--------------------------------|-----------------|---------------------------|---------------------|---------------------------|---------------------|
| RBM-NE                         | BPNDL           | 9                         | 130                 | 7                         | 90                  |
|                                | BPSMPZ          | 8                         | 130                 | 8                         | 90                  |
|                                | Panat           | 9                         | 70                  | 6                         | 90                  |
|                                | PNYNN           | -                         | -                   | 5                         | 90                  |
| RBM-NO                         | PNSL            | 36                        | 140                 | 36                        | 110                 |

Nota. Zonas núcleo: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada - El Zotz (BPSMPZ), Parque Nacional Tikal (Panat), Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo (PNYNN) y Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) (Figura 1).



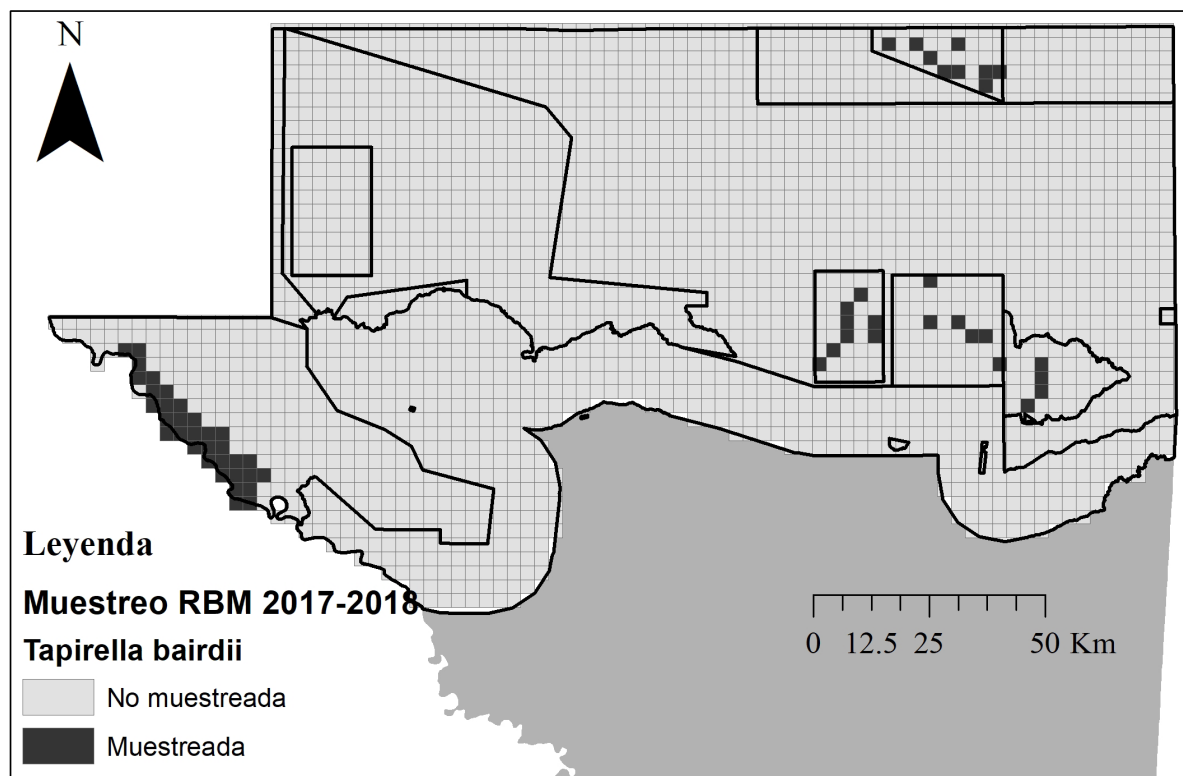


Figura 2. Ubicación de las celdas de muestreo de *Tapirella bairdii* en la Reserva de la Biosfera Maya 2017-2018.

### Recolección de datos

En la fase de campo se implementó el protocolo propuesto por Cecon y FDN (2016); la implementación en las áreas de estudio estuvo a cargo de las instituciones administradoras de cada área protegida en conjunto con el programa. La selección de los sitios de muestreo se realizó a través de la proyección de una cuadrícula de 3x3 km sobre la RBM y se seleccionaron de cinco a nueve celdas a ser muestreadas en áreas del remanente RBM-NE y 36 celdas para el remanente RBM-NO, procurando que fueran contiguas y de mayor acceso (Tabla 1 y Figura 2). El número de celdas muestreadas respondió al número de trampas cámaras disponibles y el difícil acceso a las áreas durante la época de lluvias. Asimismo, se evitó la instalación del equipo en áreas con mayor presencia ilegal de personas con el fin de reducir el riesgo de robo o destrucción del mismo. En cada celda muestreada se instaló una trampa cámara para el registro de la presencia de *T. bairdii*, preferentemente en sitios con alta probabilidad de detección, como cuerpos de agua, letrinas, comederos o pasos de

fauna. Como complemento al fototrampeo, durante la instalación y las revisiones mensuales de las trampas cámara se buscaron rastros de *T. bairdii*, como huellas y heces recientes, sin embargo estos datos únicamente se utilizaron en dos estaciones del PNYNN, donde por sustracción del equipo no se obtuvieron fotografías. Se registró pérdida de equipo en el BPSMPZ y Panat, por lo que siete estaciones no estuvieron activas durante todo el período de muestreo.

Empleando el software Camera Base (versión 1.7, San Diego Zoo, Global Institute for Conservation Research, Escondido, California) se generó una base de datos con la información de las fotografías con los siguientes campos: fecha, hora, especie, sexo y número de individuos. Se consideró la independencia entre registros al transcurrir al menos una hora entre fotografías de una misma especie en una misma estación de muestreo. Asimismo, dado que *T. bairdii* no presenta marcas en el pelaje para el reconocimiento de individuos específicos, no se contempló la identificación a nivel de individuo.

## Técnicas e instrumentos

Se utilizó el método de fototrampeo, el cual consiste en la utilización de trampas cámara para el registro de fauna silvestre mediante la activación de sensores de calor y movimiento. Las trampas cámara utilizadas fueron de la marca Bushnell, modelos Trophycam 8MP y Trophycam 14MP Agressor No Glow; el primer modelo fue programado para tomar tres fotos en cada evento de captura con 1 s de espera entre dos eventos y el segundo modelo para tomar una foto por cada evento con 0.7 s entre eventos, ambos activos las 24 h del día.

## Procesamiento y análisis de la información

Se elaboraron historiales de captura con intervalos de 10 días a partir de los registros de *T. bairdii* en las estaciones de muestreo de acuerdo con Jordan, Schank, Urquhart y Dans (2016), en los cuales se asignó el valor uno cuando la especie estuvo presente y cero cuando no se registró la presencia. Posteriormente se utilizó el software Presence (versión 11.4, U.S. Geological Survey, Laurel, Maryland) para estimar ocupación observada, probabilidad de ocupación y detectabilidad (Hines, 2006). La ocupación observada representa la proporción del hábitat muestreado donde ocurre la especie; la probabilidad de ocupación incorpora la probabilidad de detección como un parámetro adicional del modelo, con lo cual se consideran aquellos individuos que estaban presentes pero no fueron detectados a partir de historiales de registro/no registro de una especie o un conjunto de especies (MacKenzie, et al., 2006).

Se utilizó el modelo para una sola temporada con la probabilidad de ocupación y la detectabilidad constantes, tanto para cada área protegida por separado, como para los remanentes RBM-NE y RBM-NO y el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá, así como para cada año de muestreo por separado y con la combinación de datos de ambos años de muestreo. Un supuesto para estimación de ocupación asume que se trata de una población cerrada, es decir, que no cambia el número inicial de individuos durante el muestreo.

Tomando en cuenta que el período de gestación del tapir dura 13 meses y que las crías permanecen con su madre alrededor de un año, en este estudio aún se consideró como una población cerrada los datos combinados de 2017 y 2018, ya que las crías que nacieron en este período fueron registradas aún junto con su madre, y no fueron considerarse como un nuevo individuo (Quise & González, 2008).

Adicionalmente, para el remanente RBM-NE y el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá se generaron seis modelos de ocupación para *T. bairdii*, incluyendo las siguientes covariables: distancia al borde de la cobertura forestal, distancia a centros poblados, distancia a caminos, distancia a incendios 2014-2018, distancia a incendios 2018 y el modelo nulo en el cual se considera tanto la ocupación como la detectabilidad constantes. Los valores de las covariables se obtuvieron a partir del procesamiento de los siguientes mapas temáticos: centros poblados y caminos del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50,000, mapa de cambio en la cobertura forestal mundial de Hansen y colaboradores (2013) y mapa de incendios 2014-2018 generado por la *National Aeronautics and Space Administration* [NASA] (2018).

Para la elaboración del mapa de la distancia al borde de la cobertura forestal, el mapa de Hansen y colaboradores (2013) fue transformado a un mapa binario que incluyó áreas con cobertura forestal y áreas sin cobertura para el 2018. Este mapa fue clasificado empleando la aplicación de análisis morfológico del patrón espacial (MSPA por sus siglas en inglés) del software Guidos (versión 2.7, European Commission-Joint Research Centre, Ispra Italy, ), la cual permite clasificar una imagen en siete clases de acuerdo al patrón espacial de sus componentes en: núcleo, borde, puente, brazo, perforación, lazo e isla (Soille & Vogt, 2008; Vogt & Riitters, 2017). De los cuales se extrajeron las celdas identificadas como borde para ser utilizadas en análisis posteriores.

Los mapas de distancia de las covariables fueron elaborados utilizando la herramienta *Cost Distance* de la aplicación *Spatial Analyst* del software ArcMap (versión 10.1, ESRI, Redlands, California), la cual permite estimar la distancia de todos los píxeles hacia una fuente determinada, como por ejemplo centros poblados (vector tipo punto) o caminos (vector tipo línea). Los mapas resultantes fueron editados en formato raster con píxeles de 9 km<sup>2</sup> y su extensión fue limitada a la RBM. Se generaron modelos que incluyeron cada variable por separado y las combinaciones de dos covariables como variación de la ocupación, tanto con la detectabilidad constante como con la detectabilidad variando en función de cada muestreo. Los modelos resultantes fueron evaluados a partir del valor del criterio de información de Akaike (AIC) generado por el software Presence.

## Resultados

Se obtuvieron 175 y 113 eventos independientes de fotocaptura de *T. bairdii* en 2017 y 2018 respectivamente (Tabla 2 y Figura 3). Para el remanente RBM-

NE, la mayor ocupación observada durante el 2017 fue para el BPNDL y la menor para el BPSMPZ, y en el 2018 el PNYNN obtuvo la mayor ocupación seguido del BPNDL (Tabla 3). La mayor probabilidad de ocupación fue para el BPNDL en el 2017 y el PNYNN y el BPSMPZ en el 2018, todos con 1.0. Al combinar los datos del 2017 y 2018, la mayor probabilidad de ocupación fue para el BPNDL, seguido del conjunto de áreas del remanente RBM-NE y la más baja fue el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá (Tabla 4). El bloque RBM-NO presentó una menor ocupación observada y probabilidad de ocupación que el bloque RBM-NE en cada año por separado como con la combinación de ambos años.

Para el remanente RBM-NE y para el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá el modelo que presentó el menor valor de AIC fue el modelo nulo (Tablas 5 y 6). Con base en estos modelos, para el remanente RBM-NE se estimó una ocupación observada de 0.71, una probabilidad de .73 y una detectabilidad de .30, y para el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá una ocupación observada de 0.59, una probabilidad de ocupación de .62 y una detectabilidad de .24.

## Discusión

Con respecto a la estimación de la ocupación observada de *T. bairdii*, el PNYNN y el BPNDL mostraron los valores más altos entre 0.86 y 1.0. Estos valores son mayores a los reportados en otros estudios en México, Honduras y Costa Rica, que van de 0.26 a 0.81 (Cove, et al., 2013; McCann, 2015; McCann, Wheeler, Coles, & Bruford, 2012; de la Torre, Rivero, Camacho, & Álvarez-Márquez, 2018). El valor más alto estimado en otros estudios corresponde a la Reserva Río Plátano en Honduras con una ocupación de 0.81 (McCann, 2015). Esta reserva ubicada en el oeste de Honduras, en conjunto con áreas de Nicaragua, conforman uno de los remanentes boscosos de mayor tamaño en Centro América; siendo a la vez un área con poca deforestación (Hansen et al., 2013). Lo anterior podría sugerir que la ocupación del tapir está relacionada positivamente con áreas bien conservadas y con menor accesibilidad, tal como lo reportado por McCann (2015) para remanentes en Honduras y Torre y colaboradores (2018) en México.

Los valores estimados para el Panat, el PNSL y el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá con valores entre 0.42 y 0.67, son similares a los estimados por Torre y colaboradores (2018) en la Sierra Madre de Chiapas, México, y por MacCann (2015) en Honduras. Estas áreas

representan remanentes boscosos de extensión media, con áreas deforestadas en la cercanía (Hansen et al., 2013). Asimismo, el valor de ocupación observada más bajo corresponde al BPSMPZ con valores entre 0.13 y 0.33, los cuales son similares a lo estimado por Cove y colaboradores (2013) en el corredor biológico San Juan-La Selva en Costa Rica, con una ocupación observada de 0.26 y por McCann (2015) y McCann y colaboradores (2012) en Honduras. Estas áreas representan remanentes boscosos con una elevada deforestación en áreas contiguas (Hansen et al., 2013). Lo anterior podría sugerir también que la ocupación del tapir se relaciona negativamente con el grado de perturbación antrópica, donde a una mayor perturbación hay una menor ocupación, llegando al extremo de que la especie esté ausente en remanentes boscosos con alto grado de perturbación y de menor extensión (McCann, 2015; McCann et al., 2012).

Con respecto a la detectabilidad, los valores estimados son similares a los valores reportados por Torre y colaboradores (2018) en México y McCann (2015) en Honduras, con excepción del BPSMPZ con un valor de 0.03 para el año 2018, el cual es mucho menor. Este valor bajo explica la estimación de la probabilidad de ocupación de 1.0, aun cuando la ocupación observada fue de 0.25. Dada la diferencia del valor estimado de ocupación con otras áreas de la RBM, podría suponerse que la probabilidad de ocupación en el BPSMPZ está sobreestimada. Sin embargo, durante ambos años de muestreo, para esta área las trampas cámara fueron instaladas a una distancia prudente de los cuerpos de agua y en bosque cerrado para evitar la pérdida del equipo debido al alto grado de presión antrópica, factor que muy probablemente influyó en la baja detectabilidad estimada.

En cuanto a los modelos de ocupación incluyendo covariables, los resultados del estudio son similares a los de Cove y colaboradores (2013) en el corredor biológico San Juan-La Selva en Costa Rica, quienes no encontraron un efecto significativo de las covariables, por lo que evaluaron la ocupación a través del modelo nulo. Sin embargo, en el caso de Cove y colaboradores (2013), las covariables: existencia de área protegida, distancia a poblados, cobertura de bosque y cobertura de plantaciones forestales presentaron influencia en la ocupación por los tapires en los modelos desarrollados. En el presente estudio, el modelo que sigue en cuanto a su valor de AIC es el que incluye la variable distancia a caminos, por lo que se puede suponer que esta covariable tiene cierto efecto sobre la ocupación del tapir,

Tabla 2

*Número de registros independientes de Tapirella bairdii (Gill, 1865) por área de estudio*

| Remanente | Área de estudio | Registros independientes 2017 | Registros independientes 2018 |
|-----------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|
| RBM-NE    | BPNDL           | 106                           | 54                            |
|           | BPSMPZ          | 2                             | 2                             |
|           | Panat           | 22                            | 11                            |
|           | PNYNN           | -                             | 10                            |
| RBM-NO    | PNSL            | 45                            | 36                            |
|           | Total general   | 175                           | 113                           |

*Nota.* En el presente estudio se incluyeron cinco zonas núcleo: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada - El Zotz (BPSMPZ), Parque Nacional Tikal (Panat), Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo (PNYNN) y Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) (Figura 1).



*Figura 3.* Fotografía de *Tapirella bairdii* en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala



Tabla 3

*Estimaciones de la ocupación de Tapirella bairdii (Gill, 1865) para las áreas de estudio utilizando el modelo nulo para los años 2017 y 2018*

| Remanente | Sitio                   | Ocupación observada 2017 | Probabilidad de ocupación 2017 | Detectabilidad 2017 | Ocupación observada 2018 | Probabilidad de ocupación 2018 | Detectabilidad 2018 |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|---------------------|
| RBM-NE    | PNYNN                   | --                       | --                             | --                  | 1.00                     | 1.00                           | .48                 |
|           | BPNDL                   | 1.0                      | 1.0                            | .40                 | 0.86                     | .90                            | .28                 |
|           | Panat                   | 0.67                     | .94                            | .20                 | 0.60                     | .66                            | .36                 |
|           | BPSMPZ                  | 0.13                     | .17                            | .12                 | 0.25                     | 1.00                           | .03                 |
|           | Zonas núcleo RBM-NE     | 0.62                     | .65                            | .34                 | 0.62                     | .68                            | .30                 |
|           | Bloque Zotz-Tikal-Yaxhá | --                       | --                             | --                  | 0.56                     | .59                            | .33                 |
| RBM-NO    | PNSL                    | 0.42                     | .50                            | .31                 | 0.57                     | .61                            | .35                 |

*Nota.* En el presente estudio se incluyeron cinco zonas núcleo: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada - El Zotz (BPSMPZ), Parque Nacional Tikal (Panat), Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo (PNYNN) y Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) (Figura 1).

Tabla 4

*Estimaciones de la ocupación de Tapirella bairdii (Gill, 1865) para las áreas de estudio utilizando el modelo nulo con datos combinados de los años 2017 y 2018*

| Remanente | Sitio                   | Ocupación observada 2017_2018 | Probabilidad de ocupación 2017_2018 | Detectabilidad 2017_2018 |
|-----------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| RBM-NE    | PNYNN                   | --                            | --                                  | --                       |
|           | BPNDL                   | 1.0                           | 1.0                                 | .35                      |
|           | Panat                   | 0.58                          | .67                                 | .28                      |
|           | BPSMPZ                  | 0.33                          | .70                                 | .03                      |
|           | Zonas núcleo RBM-NE     | 0.69                          | .72                                 | .30                      |
|           | Bloque Zotz-Tikal-Yaxhá | 0.58                          | .63                                 | .24                      |
| RBM-NO    | PNSL                    | 0.56                          | .58                                 | .21                      |

*Nota.* En el presente estudio se incluyeron cinco zonas núcleo: Biotopo Protegido Naachtún Dos Lagunas (BPNDL), Biotopo Protegido San Miguel La Palotada - El Zotz (BPSMPZ), Parque Nacional Tikal (Panat), Parque Nacional Yaxhá Nakum Naranjo (PNYNN) y Parque Nacional Sierra del Lacandón (PNSL) (Figura 1).

Tabla 5

*Modelos empleados para la estimación de la ocupación de Tapirella bairdii (Gill, 1865) para el remanente RBM-NE*

| Modelo                           | AIC    | dAIC  | AICwgt |
|----------------------------------|--------|-------|--------|
| Psi (.) p (.)                    | 353.22 | 0.00  | 1.00   |
| Psi (caminos) p (.)              | 365.47 | 12.25 | 0.00   |
| Psi (.) p (evento)               | 380.64 | 27.42 | 0.00   |
| Psi (poblados) p (.)             | 383.87 | 30.65 | 0.00   |
| Psi (poblados+caminos) p (.)     | 385.87 | 32.65 | 0.00   |
| Psi (fuego2018) p (.)            | 388.30 | 35.08 | 0.00   |
| Psi (borde) p (.)                | 388.30 | 35.08 | 0.00   |
| Psi (fuego2014-2018) p (.)       | 388.30 | 35.08 | 0.00   |
| Psi (borde+fuego2014-2018) p (.) | 390.30 | 37.08 | 0.00   |
| Psi (borde+fuego2018) p (.)      | 390.30 | 37.08 | 0.00   |
| Psi (borde+poblados) p (.)       | 390.30 | 37.08 | 0.00   |

misma que se relaciona con el grado de accesibilidad, que a su vez se relaciona con el grado de integridad ecológica (Conap, 2015; McCann, 2015). Torre y colaboradores (2018) en Chiapas, México, determinaron que la ocupación fue mejor descrita por las variables elevación e índice topográfico de Shannon. Estas variables no fueron incluidas en los modelos desarrollados en el presente estudio, pues a diferencia de la Sierra Madre de Chiapas, las áreas de estudio en la RBM son dominadas por planicies onduladas (García, Leonardo, Castillo, Gómez, & García, 2010).

A partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se interpreta que los valores elevados de registros independientes, ocupación observada y estimada para el BPNDL con relación a las otras áreas de estudio, en especial con el BPSMPZ, podría sugerir que la ocupación del tapir está relacionada con la integridad ecológica en la RBM, dado el bajo grado de presión antrópica de esta zona núcleo (Conap, 2015). En este sentido, considerando al BPNDL como el área control

con respecto a la relación entre la ocupación de *T. bairdii* y la integridad ecológica, los valores para las otras áreas estarían indicando que la presión antrópica sobre las mismas está llevando a una pérdida de su integridad ecológica. Por lo tanto, es necesario fortalecer la administración y manejo de estas áreas, así como de toda la reserva, de modo que mejoren su efectividad como áreas protegidas y cumplan con sus objetivos de conservación.

Continuando con esta interpretación, el BPNDL sería una de las zonas núcleo con mayor integridad ecológica, por lo cual se recomienda evitar el desarrollo de toda actividad que pueda conducir a una disminución de dicha integridad. Ya que, seguramente funciona como un hábitat fuente para otras especies sensibles a la perturbación antrópica como *Tayassu pecari* (jabalí o pecarí de labio blanco) y *Crax rubra* (faisán o pajuil), además de *Tapirella bairdii* (Falconi, 2017; Hernández-Pérez et al., 2014; Pardo, Lafleur, Spinola, Saenz, & Cove, 2017; Reyna-Hurtado, 2009).

Tabla 6

*Modelos empleados para la estimación de la ocupación de *Tapirella bairdii* (Gill, 1865) para el bloque Zotz-Tikal-Yaxhá*

| Modelo                               | AIC    | dAIC  | AICwgt |
|--------------------------------------|--------|-------|--------|
| Psi (.) p (.)                        | 147.89 | 0.00  | 0.98   |
| Psi (caminos) p (.)                  | 158.21 | 10.32 | 0.01   |
| Psi (.) p (evento)                   | 159.21 | 11.32 | 0.00   |
| Psi (poblados) p (evento)            | 159.21 | 11.32 | 0.00   |
| Psi (caminos) p (evento)             | 159.21 | 11.32 | 0.00   |
| Psi (fuego2018) p (evento)           | 159.21 | 11.32 | 0.00   |
| Psi (fuego2014-2018) p (.)           | 165.46 | 17.57 | 0.00   |
| Psi (fuego2018) p (.)                | 165.46 | 17.57 | 0.00   |
| Psi (borde) p (.)                    | 165.46 | 17.57 | 0.00   |
| Psi (caminos+fuego2018) p (.)        | 165.46 | 17.57 | 0.00   |
| Psi (fuego2014-2018+fuego2018) p (.) | 165.46 | 17.57 | 0.00   |

Al comparar los remanentes RBM-NE y RBM-NO, el segundo tendría una menor integridad ecológica, por lo que es urgente fortalecer el manejo del PNSL a través de una mayor asignación de recursos y el manejo integrado de áreas colindantes incluida la denominada Selva Lacandona en México, así como de la recuperación de zonas degradadas.

El avance en el establecimiento de un indicador de la integridad ecológica basado en un elemento de conservación natural es una importante contribución en el manejo de la RBM. El desarrollo y calibración de este indicador permitirá evaluar la efectividad de manejo de la reserva y de cada uno de sus componentes a través del tiempo, buscando detectar cambios positivos o negativos como consecuencia de las acciones de conservación y las amenazas, así como cambios naturales que puedan ocurrir en los ecosistemas.

A través del presente estudio se están implementando acciones identificadas en los programas de investigación y monitoreo de la RBM, así como de cada una

de las áreas de estudio, siendo esta otra contribución al manejo de la reserva (Conap, 2015; Conap, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, & Centro de Estudios Conservacionistas, 2010).

### Agradecimientos

La realización de este estudio fue posible gracias al cofinanciamiento del Programa Mundial para la Conservación de los Tapires del Grupo de Especialistas del Tapir de la UICN y la Fondation Segré (2015-2018) y la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (años de ejecución 2017 y 2018, proyectos 4.8.63.2.03 y 4.8.63.2.35). Así como la participación del personal de BPNDL y BPSMPZ: Arturo Palacios, Byron Cruz, Caín Olivares, Carlos Tzul, Darwin Castillo, Elvis Solís, Erwin Mayen, Fredy Be-doya, Isidro Meléndrez, Jaime Gutiérrez, Jaury Morales, José L. Rodas, Juan P. Najarro, Marcial Hernández,

Mario Chun, Marvin García, Marvin Ochaeta, Marvin Tobar, Miguel Hernández, Renan Soto, Saúl Castillo, Víctor H. Hernández, Luis F. Rodas, Juan J. Romero y Marvin Rosales; personal y colaboradores del PNSL: Nery Jurado, Alfredo López, Antonio Urizar, Bartolo D. Méndez, Belarmino García, César A. Cuyush, César I. Contreras (†), Edwin E. Vin, Gregorio López, Jorge Salas, Juan B. Zepeda, Julio Valle, Mario Salguero, Moisés Choc, Omar Méndez, Pánfilo R. Hernández, Víctor Cohuuj, Gesler Cohuuj y Enrique Quixchán; Arnoldo Cum, Juan J. García, Juan Velasco y Juan J. Zepeda; Daniel Mijangos; e Iram Pop; personal del Panat: Esdras García, Blas Ochaeta, Regino Arévalo, Samuel Ortega y Estuardo A. Hernández; personal del PNYNN: Jorge M. Vásquez, Leonel Ziesse, Jorge Ortiz, Rubén Solórzano, Heronías Mejía, José L. Díaz, Jorge Marcos, Manuel Barrios, Ricardo Choc, Manuel Caal, Roberto Caal y Rosalío Rivas; estudiantes de Biología Usac: Santiago Zetina, Lourdes Núñez, Andrea Paz, Pablo González, Andrid Ramírez, Myrnamaría Galindo, Valeria Barrera, Usi'j Bá, Melanie Ortiz, Manuela Ramírez e Isabel Martínez. Al Grupo Técnico de Acompañamiento RBM 2015-2018. Al Conap por su aval, acompañamiento y apoyo en la realización de este estudio.

## Referencias

- Centro de Estudios Conservacionistas, & Fundación Defensores de la Naturaleza. (2016). *Protocolo para el monitoreo del tapir centroamericano (Tapirus bairdii) en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2012). *Actualización de lineamientos para la elaboración de planes maestros de áreas protegidas del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* (Documento técnico N. 103, 01-2012). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2015). *Plan Maestro de la Reserva de Biosfera Maya, segunda actualización* (Documento técnico 20-2016). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Ministerio de Cultura y Deportes, Dirección General del Patrimonio Cultural y Natural, & Centro de Estudios Conservacionistas. (2010). *Plan maestro 2009-2013 Parque Nacional Mirador Río Azul y Biotopo Protegido Naachtún- Dos Lagunas*. Guatemala: Autor.
- Cove, M. V., Pardo, L. E., Cruz de la, J. C., Spínola, R. M., Jackson, V. L., Saénz, J. C., & Chassot, O. (2013). Factors influencing the occurrence of the endangered Baird's tapir *Tapirus bairdii*: potential flagship species for a Costa Rican biological corridor. *Oryx*, 48(3), 402-409. doi:10.1017/S0030605313000070
- Falconi, F. (2017). *Uso de hábitat y patrones de actividad de los pecaríes (Tayassu pecari y Dicotyles crassus) y el tapir (Tapirella bairdii) en la Selva Lacandona, Chiapas, México* (Tesis de maestría). El Colegio de la Frontera Sur, México.
- García, Jordan, O'Farril, Poot, Meyer, Estrada... Ruiz-Galeano, M. (2016). *Tapirus bairdii*. *The IUCN Red List of Threatened Species* 2016: e.T21471A45173340. doi: 10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T21471A45173340.en.
- García, M. J., & Leonardo, R. (2016). Clasificación del hábitat potencial del tapir centroamericano (*Tapirus bairdii* Gill, 1865) para su conservación en Guatemala. *Therya*, 7(1), 107-12. doi: 10.12933/therya-16-345, ISSN 2007-3364
- García, M. J., Leonardo, R., Castillo, F., Gómez, I., & García, L. (2010). *El Tapir centroamericano (Tapirus bairdii) como herramienta para el fortalecimiento del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas* (Inf-2009-052). Guatemala: Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Thau, D., ... Townshend, J. R. G. (2013). High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853. doi: 10.1126/science.1244693
- Hernández-Pérez, E., Martínez-Morales, M. A., Tobón-Sampedro, A., Pinilla-Buitrago, G., Sanvicente, M., & Reyna-Hurtado, R. (2014). Registros notables que amplían la distribución conocida de dos especies de crácidos (Aves: Galliformes) en la Península de Yucatán, México. *Ornitología Neotropical*, 25(3), 291-301.
- Hines, J. E. (2006). PRESENCE- Software to estimate patch occupancy and related parameters. U.S.



- Geological Survey, Patuxent Wildlife Research Center. Laurel, Maryland.
- Jordan, C. A., Schank, C. J., Urquhart, G. R., & Dans, A. J. (2016). Terrestrial mammal occupancy in the context of widespread forest loss and a proposed interoceanic canal in Nicaragua's decreasingly remote South Caribbean Region. *PLoS ONE*, 11(3), e0151372. doi:10.1371/journal.pone.0151372
- Laterra, P., Jobbágy, E. G., & Paruelo, J. M. (2011). *Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- McCann, N. P. (2015). *The conservation of Baird's tapir (Tapirus bairdii) in Honduras* (Tesis de doctorado). Cardiff University, United Kingdom.
- McCann, N. P., Wheeler, P. M., Coles, T., & Bruford, M. W. (2012). Rapid ongoing decline of Baird's tapir in Cusuco National Park, Honduras. *Integrative Zoology*, 7(4), 420-428. doi:10.1111/j.1749-4877.2012.00312.x.
- MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Royle, J. A., Pollock, K. H., Bailey, L. L. R., & Hines, J. E. (2006). *Occupancy estimation and modeling: inferring patterns and dynamics of species occurrence*. Oxford: Academic Press.
- National Aeronautics and Space Administration [NASA] (2018). *Earth Observation Data, LANCE: NASA Near Real-Time Data and Imagery, Fire Information for Resource Management System (FIRMS)*. Descargado de: <https://earthdata.nasa.gov/earth-observation-data/near-real-time/firms>.
- Naughton-Treves, L., Holland, M. B., & Brandon, K. (2005). The role of protected areas in conserving biodiversity and sustaining local livelihoods. *Annual Review of Environment and Resources*, 17(30), 219-52. doi: 10.1146/annurev.energy.30.050504.164507
- Pardo, L. E., Lafleur, L., Spinola, R. M., Saenz, J., & Cove, M. (2017). Camera traps provide valuable data to assess the occurrence of the Great Curassow *Crax rubra* in northeastern Costa Rica. *Neotropical Biodiversity*, 3(1), 182-188. doi: 10.1080/23766808.2017.1346548
- Reyna-Hurtado, R. (2009). Conservation status of the white-lipped peccary (*Tayassu pecari*) outside the Calakmul Biosphere Reserve in Campeche, Mexico: a synthesis. *Tropical Conservation Science*, 2(2) 2009, 159-172. doi: 10.1177/194008290900200204
- Quse, V., & González, P. (2008). *El tapir, aspectos biológicos y ecológicos, manual teórico-práctico*. Buenos Aires: Vasquez Mazzini Editores.
- Soille, P., & Vogt, P. (2008). Morphological segmentation of binary patterns. *Pattern Recognition Letters*, 30(4), 456-459. doi: 10.1016/j.patrec.2008.10.015
- Torre de la, J. A., Rivero, M., Camacho, G., & Álvarez-Márquez, L. A. (2018). Assessing occupancy and habitat connectivity for Baird's tapir to establish conservation priorities in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico. *Journal for Nature Conservation*, 41(2018), 16-25.
- Vogt, P., & Riitters, K. (2017). GuidosToolbox: universal digital image object analysis. *European Journal of Remote Sensing*, 50(1), 352-361, doi: 10.1080/22797254.2017.1330650

## Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica

*Content of trace elements and antinutritional factors in edible leaves native to Mesoamerica*

Armando Cáceres<sup>1,3\*</sup>, Vicente Martínez-Arévalo<sup>2</sup>, Max S. Mérida-Reyes<sup>1,3</sup>, Aníbal Sacabajá<sup>2</sup>,  
Alejandra López<sup>1</sup> y Sully M. Cruz<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y <sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

<sup>3</sup>Laboratorios de Productos Naturales Farmaya, Guatemala.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [acaceres@farmaya.net](mailto:acaceres@farmaya.net)

Recibido: 08 de agosto 2019 / Revisión: 11 de septiembre 2019 / Aceptado: 12 de noviembre 2019

### Resumen

Los oligoelementos son importantes constituyentes nutricionales de las hierbas comestibles. Se colectaron 11 especies, nueve nativas (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens*, *S. wendlandii*) y dos introducidas (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*) en dos regiones de Guatemala. Se prepararon muestras de la hierba seca, cocida y de caldo de hierba fresca. Se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica los macro (N, P, K) y oligoelementos (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn), taninos por espectrofotometría y oxalatos por permanganometría. El contenido de oligoelementos es diverso, para Zn, la hierba control *S. oleracea* contienen buena cantidad (90-140 ppm); de las nativas *D. ambrosioides* (130-160 ppm) y *A. hybridus* (70-80 ppm) tienen la mayor cantidad. Respecto a Fe las hierbas control tienen buena composición (*S. oleracea*, 220-280 ppm y *M. oleifera*, 105-135 ppm); de las nativas *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) y *L. synanthera* (75-140 ppm) tienen buenas concentraciones. Se encontraron niveles elevados de oxalatos en *S. oleracea* (67.30 (5.51) mg/g), *L. synanthera* (56.30 (9.67) mg/g) y *S. nigrescens* (33.6 (5.48) mg/g); en las demás hierbas se encontraron niveles menores. Los niveles de taninos fueron bajos (0.1-0.8 mg/g) para todas las especies. Se demuestra que cuatro especies nativas tienen un buen contenido de oligoelementos y presentan valores menores de antinutricionales que los controles.

Palabras claves: Microelementos, *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*

### Abstract

Trace elements are important nutritional constituents from edible herbs. Eleven species were collected in two regions of Guatemala, nine native (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens*, *S. wendlandii*) and two introduced (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*). Dry, cooked and broth samples were prepared. By atomic absorption spectrometry, macro (N, P, K) and trace elements (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn) were quantified, tannins by spectrophotometry, and oxalates by permanganometry. Trace elements content is diverse, for Zn, control herb *S. oleracea* contained high quantity (90-140 ppm); from the natives *D. ambrosioides* (130-160 ppm) and *A. hybridus* (70-80 ppm) contained high amounts. For Fe, control herbs had high composition (*S. oleracea*, 220-280 ppm, *M. oleifera*, 105-135 ppm); from the natives *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) and *L. synanthera* (75-140 ppm) had the highest amounts. High levels of oxalates were demonstrated in *S. oleracea* (67.30 (5.48) mg/g), *L. synanthera* (56.30 (9.67) mg/g), and *S. nigrescens* (33.6 (5.48) mg/g); from the others levels <30 mg/g were found. Tannin levels were low (0.1-0.8 mg/g) for all species. It is concluded that four native species has important trace element content and showed antinutritional element lower than control.

Keywords: Oligoelements, *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*

## Introducción

Un oligoelemento (micronutriente o microelemento) es aquel que contribuye con  $< 0.01$  % del peso corporal. A pesar de encontrarse en bajas cantidades, son esenciales para múltiples funciones. Los mamíferos almacenan sus reservas, aumentan la absorción intestinal y disminuyen la excreción en situaciones de escases. Es necesario, revisar los conceptos de los niveles de referencia de la ingesta en lo referente a estos elementos (Schümann, 2006). Son necesarios para producir enzimas, hormonas y contribuir a regular actividades de crecimiento, desarrollo y funcionamiento de sistema inmune y reproductivo.

Los malos hábitos dietéticos, como los alimentos pobres en valor nutritivo y la baja ingestión de hojas y frutas, comprometen severamente el consumo de oligoelementos en la dieta diaria. Su consumo previene las infecciones en niños, permitiendo que sean más sanos y que tengan un desarrollo óptimo (Ekweagwu, Agwu, & Madukwe, 2008). Es conocido el valor que las poblaciones tradicionales dan a la ingesta de hierbas y vegetales, tanto cuando las condiciones económicas o ambientales son adversas, como cuando se desea recuperar a un paciente después de una enfermedad o para prevenir la presencia de síntomas de desnutrición crónica.

Guatemala está considerado uno de los peores países en lo referente a desnutrición, por un lado por la desigual distribución de la riqueza, recursos y servicios, y por el otro, porque además de la desnutrición aguda por deficiencia proteínico-calórica, es evidente la desnutrición crónica por la falta de alimentos adecuados para mantener un niño sano, siendo el único país en América Latina que ha fallado en el propósito de disminuir la desnutrición (Loewenberg, 2009).

Los programas para superar esta crisis se concentran en la producción de cereales para proveer proteína y calorías, o bien la intervención asistencialista con alimentos importados que genera dependencia y vulnera la seguridad alimentaria, poco se ha hecho para mejorar la ingesta de alimentos ricos en micronutrientes. El aprovechamiento de las hierbas comestibles mejoran la dieta y fortalece la conservación de la biodiversidad, como se puso en práctica en Sudáfrica (Dovie, Shackleton, & Witkowski, 2007).

El término “hambre oculta” describe la desnutrición por una dieta inadecuada, que si bien son adecuadas en calorías, son deficientes en vitaminas y/o minerales, lo que afecta la salud, desarrollo y longevidad

del ser humano (White & Broadley, 2009). Una opción viable para aliviar este problema es la conservación, producción y uso de los recursos fitogenéticos locales, esfuerzos que promovidos por el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (Incap), la Facultad de Agronomía de la USAC (Fausac), el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (CIRF), fomentando el uso de especies como hierba mora, chipilín y amaranto (Azurdia, 2008; Martínez, 2006).

Según White y Broadley (2009) el ser humano requiere 22 minerales para su bienestar, los cuales son aportados por una dieta apropiada y diversa. A pesar de su disponibilidad, se estima que un 60 % de la población mundial tiene deficiencia de Fe, 30 % de Zn y I, y 15 % de Se, además de deficiencias de Ca, Mg, Cu y Mn en zonas específicas, sin embargo en 2004 el Consenso de Copenhague lo consideró un problema evitable. Para que la biodisponibilidad sea efectiva es necesario aumentar la presencia de promotores que estimulan la absorción de los minerales, así como reducir la concentración de anti-nutricionales que interfieren con su absorción.

La nutrición integral debe prevalecer en toda la vida reproductiva de la mujer. La suplementación multivitamínica en el embarazo es efectiva para reducir los recién nacidos con peso bajo y las malformaciones congénitas. No se encuentra beneficios en la protección de defectos genéticos, ni parece influir en la mortalidad perinatal (Ciudad Reynaud, 2014).

La desnutrición por falta de oligoelementos ha despertado gran interés desde los años 90, al abordarse el tema en foros científicos internacionales sobre nutrición y haciendo contrapeso a la preocupación convencional sobre la importancia de la proteína y energía. La vitamina A, Fe e I han sido parcialmente suplidos por programas de suplementación, pero los niveles de Zn, que son importantes para los países en desarrollo, no han sido suplementados (Solomons & Ruz, 1997).

Se postula que la integración de vegetales ricos en micronutrientes en la dieta es la forma más fácil, práctica y sustentable de mejorar estas deficiencias, por el costo de producción y la productividad, pero su consumo es inferior a lo necesario, por lo que las políticas deben basarse en aumentar la ingesta e interés por su consumo y mejorar las formas de preparar los alimentos (Ali & Tsou, 1997), o bien el fortalecimiento de alimentos de gran consumo.

Una revisión de la ingesta de niños vegetarianos y omnívoros en 10 países, demostró que los omnívoros

de Guatemala ingieren  $9.0 \pm 2.7$  mg/día de Zn,  $1.9 \pm 1.2$  mg/día de Cu y  $3.6 \pm 2.0$  mg/día de Mn (Cavan et al., 1993), valores ligeramente más altos que los vegetarianos de otros países. La disponibilidad podría ser baja, siendo los niños los más vulnerables a niveles bajos de Zn, los dos primeros provienen de vegetales, mientras que el Mn de los cereales (Gibson, 1994).

En países desarrollados suplementar con Zn, Ca y Mg en el embarazo mejora el peso al nacer en poblaciones a riesgo, los folatos previenen defectos del tubo neural, el suplemento con vitamina A reduce la mortalidad materna, y el complejo B, Cu y Se mejoran el producto del embarazo (Ramakrishnan, Manjrekar, Rivera, González-Cossio, & Martorell, 1998). En la dieta básica de la población chilena se detectó deficiencia de Fe, Zn y Cu, aunque esta es baja en vegetales verdes (Olivares, Pizarro, de Pablo, Araya, & Uauy, 2004).

El Fe transporta y almacena el O; facilita las reacciones mitocondriales y la síntesis de ADN, participa en el crecimiento, cicatrización, reproducción y defensa. Constituye la hemoglobina eritrocitaria, la mioglobina muscular y se almacena en la ferritina hepática. Se encuentra en varios alimentos, mayormente en tejidos animales. La deficiencia se manifiesta como anemia; pero el consumo excesivo puede producir hemocromatosis e insuficiencia cardíaca (Yehuda & Mostofsky, 2010). Por el impacto de la deficiencia en embarazadas y niños, es parte de la ventana de los mil días, que mejora la ingesta materna o promueve la fortificación de los alimentos, estrategia apoyada por la Organización Mundial de la Salud (Black, 2012).

El Zn participa en el crecimiento y desarrollo, en la función neurológica, reproductiva, enzimática y metabólica, en el desarrollo de enfermedades crónicas (Christian & Stewart, 2010) y del sistema inmune, afectando el manejo de infecciones (Lal et al., 2013). El 85 % se encuentra en el hueso y músculo. Las principales fuentes son de origen animal, la biodisponibilidad es limitada por los agentes quelantes (Prasad, 2009; 2014). En embarazadas turcas sanas y no suplementadas se demostró que los niveles séricos de Se y Zn son bajos durante el embarazo y los de Cu son altos (Kilin, Coskun, Bilge, Imrek, & Atlu, 2010). La suplementación ayuda en el manejo de enfermedades metabólicas crónicas (Capdor, Foster, Petocz, & Samman, 2013).

El Mg es esencial para múltiples funciones fisiológicas de unas 300 enzimas, se localiza en huesos y músculo (Dermience, Lognag, Mathieu, & Goyens, 2015). Se absorbe activa y pasivamente, no parece estar bajo el control hormonal; los requisitos diarios van de 80-170 mg/día en niños y 300-400 mg/día en adultos y

embarazadas; no se conocen efectos adversos por altas concentraciones (Vormann, 2003). Los efectos de su deficiencia son difíciles de definir por la diversidad de enzimas que lo requieren, pero afecta la función paratiroidea, produce osteopenia, fragilidad ósea, osteoporosis (Aaseth, Boivin, & Andersen, 2012) y patologías por deficiencia de hormonas paratiroideas (Dermience et al., 2015; Rude & Gruber, 2004).

El Mn es útil para el crecimiento, formación ósea, desarrollo y homeostasis celular y en el metabolismo de amino ácidos; forma parte de varias enzimas; su deficiencia es escasa, pero reduce la fertilidad, produce defectos de nacimiento y en el metabolismo de la glucosa (Dermience et al., 2015). El exceso es neurotóxico y afecta los neurotransmisores (Michalke & Fernsebner, 2014), tiene responsabilidad en enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y esclerosis lateral amiotrófica (ELA) (Bowman et al., 2011). En pacientes con daño renal crónico se eleva a niveles tóxicos similar a creatinina, urea y ácido úrico (Sánchez-González et al., 2015).

El Cu participa en la dinámica redox vital, afecta la apoptosis, el desarrollo esquelético y la función nerviosa, es parte de unas 30 enzimas; se almacena en hueso y músculos; su deficiencia causa afecciones neurológicas (López de Romaña, Olivares, Uauy, & Araya, 2011). Una dieta con exceso de Fe puede inducir deficiencia de Cu, por lo que se recomienda que las personas con exceso de Fe consuman un suplemento de Cu (Klevay, 2001).

La deficiencia de micronutrientes afecta unos tres billones de gentes, principalmente mujeres y niños de familias pobres, resultando en una salud pobre, baja productividad y altas tasas de morbilidad y mortalidad. La promoción del uso e integración a la dieta de vegetales silvestres podría contribuir al uso prolongado y a su conservación (Flyman & Afolayan, 2006) o bien servir de base para desarrollar técnicas agrícolas que permitan aumentar la acumulación y biodisponibilidad de micronutrientes en los alimentos cultivados (Welch & Graham, 2005).

Un estudio revela asociación entre la falta de crecimiento y desarrollo adecuado de los niños, con una desnutrición crónica por sobrepeso en la madre, asociada con falta de ejercicio y un mayor acceso a alimentos procesados de bajo costo con alta energía dietética, pero baja densidad nutritiva, sugiriendo que los tomadores de decisiones deberán tomar esto en cuenta en la lucha contra la desnutrición (Lee, Houser, Must, Dulladosa, & Bermudez, 2010).



La Encuesta Nacional de Micronutrientes 2009-2010 demuestra que en Guatemala la prevalencia de deficiencia de Fe evaluada por los niveles séricos de ferritina y  $\alpha_1$ -glicoproteína ácida es severa en todo el país (18.6 % en el área urbana y 41.7 % en la rural), utilizando como punto de corte 30  $\mu\text{g/mL}$ , hecho que se complica con las frecuentes infecciones infantiles (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS], 2010). Además demuestra que la prevalencia de deficiencia de Zn es severa (24.8 % en el área urbana y 41.8 % en la rural), representando un problema severo de salud pública que se manifiesta por detención del crecimiento, así como efecto en la profilaxis, tratamiento, severidad y duración de las infecciones infantiles.

Los antiguos habitantes de Mesoamérica desarrollaron una agricultura avanzada basada en maíz, frijol, calabaza y pimientos que se ha transferido a otras regiones, sin embargo se ha prestado poca atención a otros materiales cultivados o recolectados para alimento o medicina. Las fuentes históricas de la agricultura precolombina demuestran el aprecio que tenía por el consumo de hierbas, detectándose cuando menos 35 especies pertenecientes a 10 familias, que eran muy apreciadas, de las cuales no todas han sido identificadas botánicamente (Picó & Nuez, 2000).

En 1961 el Incap y el Comité Internacional sobre Nutrición para el Desarrollo Nacional (ICNND) publican la tabla de composición de los alimentos para América Latina (Wu Leung & Flores, 1961). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) desarrolló tablas similares para África en 1968 y Asia en 1972. La compilación de las tres tablas y otras 19 fuentes es una importante fuente de referencia (Duke & Atchley, 1986).

La biodisponibilidad de Fe de la dieta depende de la composición global de la comida, que incluye la presencia de aumentadores e inhibidores de la absorción; la dieta del guatemalteco basada en el alto consumo de tortilla de maíz contiene cantidades altas de fitato, potente inhibidor de la absorción de Fe (Cook, Reddy, Burri, Juillerat, & Hurrell, 1997) y Zn (Sandstead & Freeland-Graves, 2014), por lo que se ha sugerido fortificar la tortilla con NaFeEDTA para contrarrestar estos inhibidores (Davidsson, Dimitriou, Boy, Walczyk, & Hurrell, 2002).

Los factores antinutricionales (taninos, saponinas y oxalatos) al unirse a los nutrientes disminuyen su biodisponibilidad. Estos son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo vegetal como un mecanismo de defensa contra sus depredadores e

interfieren en la absorción de los nutrientes (Gutierrez, Ortiz, Muñoz, Bah, & Serrano, 2010). Los taninos forman complejos con proteínas y minerales, pudiendo afectar la salud animal desde interferencia con los alimentos hasta la muerte en casos extremos (Gutierrez et al., 2010), aunque son responsables de la actividad antioxidante. Los oxalatos se encuentran en cantidades pequeñas en los vegetales, pero pueden acumularse hasta rangos de 3-15 % de su peso seco, algunos son sales solubles de K y Na, o bien sales insolubles de Ca, Mg y Fe, que pueden estar en forma cristalizada o quelando los nutrientes de interés alimenticio (Radek & Savage, 2008).

Para determinar el efecto de factores antinutricionales en la biodisponibilidad de Ca y Fe, se evaluaron 13 hierbas en la India; el ácido oxálico fue < 1 g/kg en cuatro vegetales y el resto varió entre 1.22 y 11.98 g/kg, la fibra dietaria varió entre 19.5 y 113.7 g/kg y los taninos entre 0.6138 y 2.1159 g/kg; cuatro hierbas demostraron disponibilidad de Fe del 40 %, las otras fluctuaron entre 6-30 % (Gupta, Lakshmi, & Prakash, 2006). Algunos vegetales tuvieron alto contenido de taninos (*Delonix elata*, 1,330 mg/hg), pero ninguno tuvo contenidos altos de oxalatos (Gupta, Lakshmi, Manjunath, & Prakash, 2005).

Este artículo informa sobre el contenido de oligoelementos y componentes antinutricionales de hojas de 11 especies alimenticias nativas de uso tradicional o introducido colectadas en dos lugares de cultivo para describir su composición química y fortalecer la información que se tiene sobre los materiales alimenticios disponibles en el área rural mesoamericana.

## Materiales y métodos

### Muestreo y extracción

Por revisión de literatura, se detectaron 25 especies vegetales cuyas hojas se consumen tradicionalmente como alimento en Guatemala. Se escogieron por su impacto nutricional y frecuencia de uso, nueve especies nativas de Mesamérica y dos introducidas de alto consumo mundial. Las especies nativas son *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens* y *S. wendlandii*; y, las introducidas *Moringa oleifera* y *Spinacea oleracea* (Tabla 1).

Tabla 1  
Información general sobre las especies vegetales colectadas

| Especie (Familia) - Nombre común                                                 | Iden. | Lugar de colecta (municipio, departamento)    | Georeferencia; altura (msnm)        | No. voucher |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|-----------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|
| <i>Amaranthus hybridus</i> L.<br>(Amaranthaceae) - Bledo                         | Ah1   | Aldea El Pinalito, San Pedro Pinula, Jalapa   | N 14°40'20.0"; O 89°52'30.9"; 1,152 | CFEH 1264   |
|                                                                                  | Ah2   | Los Albizures, Chiquimulilla, Santa Rosa      | N 14°03'39.6"; O 90°21'45.6"; 186   | CFEH 1269   |
| <i>Cnidioscolus aconitifolius</i> (Mill.) I. M. Johnst. (Euphorbiaceae) - Chaya  | Ca1   | Fca. El Porvenir, Nueva Concepción, Escuintla | N 14°07'26.8"; O 91°17'03.0"; 30    | CFEH 1271   |
|                                                                                  | Ca2   | CEDA-Fausac, Ciudad Universitaria, zona 12    | N 14°34'54.5"; O 90°33'10.9"; 1,479 | CFEH 1272   |
| <i>Crotalaria longirostrata</i> Hook. & Arn. (Fabaceae) - Chipilin               | Cl1   | San Bernardino, Suchitepéquez                 | N 14°33'44.0" O 91°27'16.9"; 440    | CFEH 1268   |
|                                                                                  | Cl2   | Los Albizures, Chiquimulilla, Santa Rosa      | N 14°03'58.5"; O 90°21'23.4"; 183   | CFEH 1270   |
| <i>Dysphania ambrosioides</i> (L.) Mosyakin & Clemants (Amaranthaceae) - Apazote | Da1   | Los Turuy, San Juan Sac., Guatemala           | N 14°42'33.7"; O 90°40'24.5"; 1,735 | CFEH 1281   |
|                                                                                  | Da2   | Los Chavac, San Juan Sac., Guatemala          | N 14°43'34.1"; O 90°37'50.6"; 1,820 | CFEH 1377   |
| <i>Lycianthes synanthera</i> (Sendtn.) Bitter (Solanaceae) - Quilete, chomité    | Ls1   | El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez          | N 14°33'06.0"; O 91°27'57.9"; 623   | CFEH 1277   |
|                                                                                  | Ls2   | Aldea Sanintacá, Cobán, Alta Verapaz          | N 15°29'28.0"; O 90°27'56.5"; 1,245 | CFEH 1278   |
| <i>Moringa oleifera</i> Lam. (Moringaceae) - Moringa, paraíso blanco             | Mo1   | Fca. El Porvenir, Nueva Concepción, Escuintla | N 14°07'19.3"; O 91°17'01.6"; 33    | CFEH 1267   |
|                                                                                  | Mo2   | El Simarrón, San José Pinula, Guatemala.      | N 14°32'08.8"; O 91°23'17.9"; 1,749 | CFEH 1273   |
| <i>Secchium edule</i> (Jacq.) Sw. (Cucurbitaceae) - Güisquil, chayote            | Se1   | Aldea El Paraíso, San José Pinula, Guatemala  | N 14°36'47.8"; O 90°22'43.2"; 1,451 | CFEH 1274   |
|                                                                                  | Se2   | Km 20 Carr. CA-1, Fraijanes, Guatemala        | N 14°30'33.9"; O 90°28'35.8"; 1,861 | CFEH 1275   |
| <i>Solanum americanum</i> Mill. (Solanaceae) - Hierba mora                       | Sa1   | Fca. San José, San Bernardino, Suchitepéquez  | N 14°31'49.4"; O 91°28'25.8"; 377   | CFEH 1279   |
| <i>Solanum nigrescens</i> Mart. & Gal. (Solanaceae) - Makuy                      | Sn1   | Santo Domingo, Santiago Sac., Sacatepéquez    | N 14°38'25.5"; O 90°40'26.5"; 2,064 | CFEH 1263   |
|                                                                                  | Sn2   | Loma Alta, San Juan Sac., Guatemala           | N 14°42'53.6"; O 90°40'33.6"; 1,696 | CFEH 1280   |
| <i>Spinacia oleracea</i> L. (Chenopodiaceae) - Espinaca                          | So1   | Santo Domingo, Santiago Sac., Sacatepéquez    | N 14°38'25.0"; O 90°40'29.0"; 2,062 | CFEH 1266   |
|                                                                                  | So2   | La Comunidad, Santiago Sac., Sacatepéquez.    | N 14°38'27.9"; O 90°41'07.3"; 1,859 | CFEH 1376   |
| <i>Solanum wendlandii</i> Hook.f. (Solanaceae) - Quixtán                         | Sw2   | Fray Bartolomé de las Casas, Alta Verapaz     | N 15°48'16.6"; O 89°52'05.0"; 1,167 | CFEH 1276   |
|                                                                                  | Sw1   | El Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez          | N 14°33'05.6"; O 91°28'01.0"; 621   | CFEH 1265   |

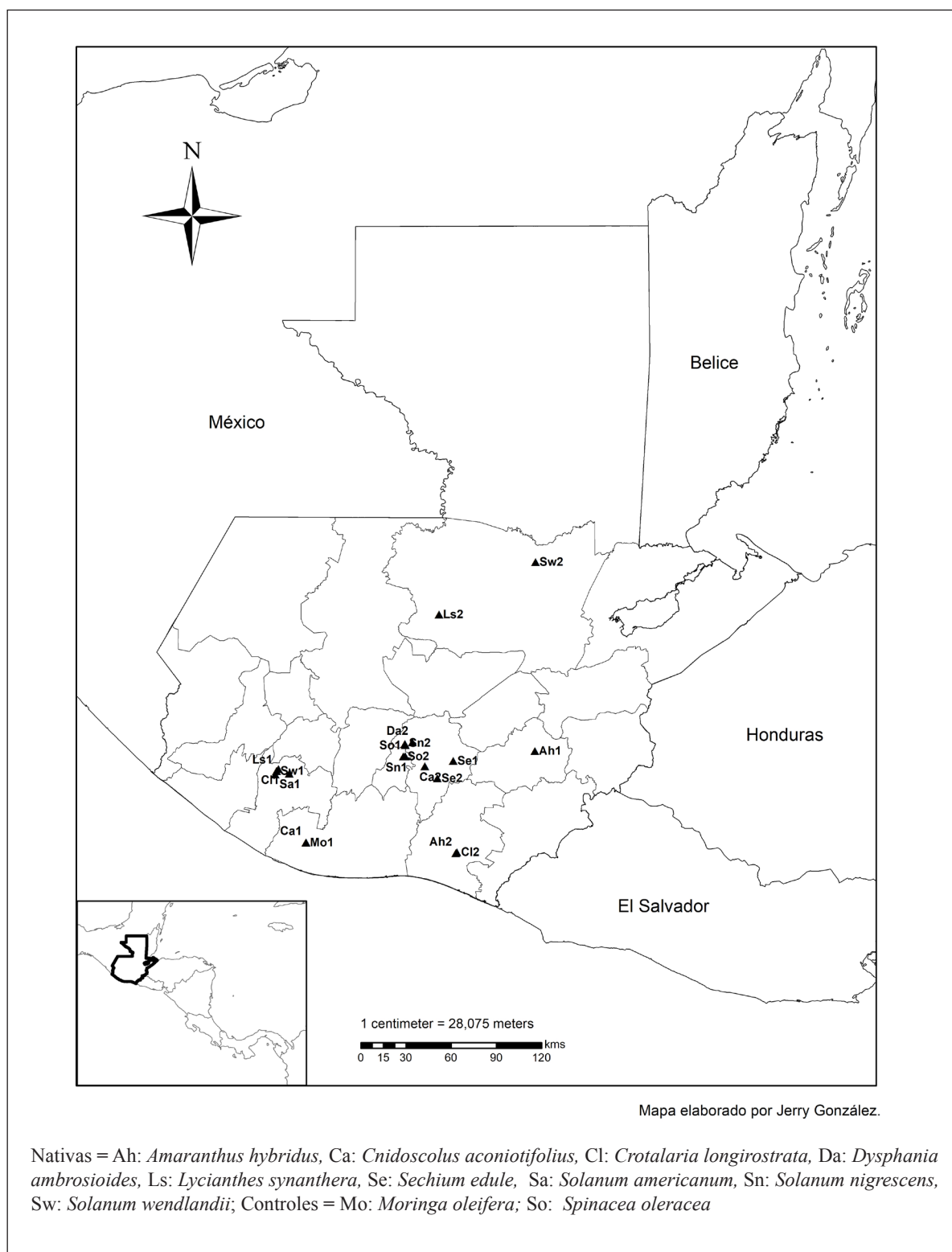


Figura 1. Lugares de colecta de las especies vegetales comestibles

El material provino de poblaciones cultivadas o de área bajo manejo o silvestres, (Figura 1), se determinó en el Herbario del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya (CFEH) y se confirmó en el Herbario de la Escuela de Biología (BIGU). El muestreo por conveniencia se definió por contacto previo y al momento de colecta. En cada lugar se hizo una encuesta etnobotánica para conocer la forma de uso alimenticio de cada especie (Tabla 2) y se tomó una muestra de suelo. De cada especie se colectaron 4-8 kg de material fresco de 6-10 individuos de dos regiones.

Se prepararon tres tipos de muestra por especie y área de colecta: a) caldos, 100 g del vegetal fresco se cocinaron en 1 L de agua durante 5 min; b) materia vegetal seca, se pesaron 2 kg y se secaron en un horno a 40°C, hasta humedad < 10 %; y, c) la hierba usada para elaborar los caldos se colocó en un deshidratador de alimentos hasta humedad < 10 %.

## Estudio químico

**Cuantificación de oligoelementos.** En el Laboratorio de Suelos y Aguas de Fausac, se pusieron a punto los procedimientos para cuantificar oligoelementos según lo establecido para prestar el servicio público (AOAC, 2006). El material seco se pulverizó y preparó para digestión; ya digerido se analizó por su contenido de oligoelementos en un espectrómetro de absorción atómica (Perkin Elmer AAnalyst 700). Los resultados se presentan como un rango del contenido de cada elemento en el material de los dos lugares estudiados.

**Cuantificación de oxalatos.** Una muestra de 10 g en 200 mL de agua destilada se agitó por 15 min, se agregaron 100 mL de agua y 55 mL de HCl 6N; se sometió a reflujo por 25 min y se aforó a 500 mL; se dejó reposar toda la noche, se filtró y se descartaron los primeros 100 mL; se agregaron 25 mL del filtrado y 5 mL de ácido fosfotúngstico y se dejó reposar 5 h, se filtró, se tomaron 20 mL, se ajustó a pH 4-4.5 con amonio; se agregaron 5 mL de solución tampón de acetatos con 0.45 mol/L saturada con CaCl<sub>2</sub>, se dejó reposar durante la noche. Se centrifugó a 1,700 rpm, se lavó con tampón de acetatos y se descartó el sobrenadante, el precipitado se disolvió en 35 mL de agua, con 1 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado, y se tituló a 60-70°C, con una solución de KMnO<sub>4</sub> 0.1 N, hasta viraje a color violeta que permanece 15 seg. Con los resultados de siete repeticiones, tres réplicas y dos regiones se calculó el promedio y la desviación estándar.

**Cuantificación de taninos.** Se prepararon concentraciones de ácido tánico, se adicionó solución de amonio y citrato férrico, se agitó y leyó en espectrofotómetro a 525 nm (Agilent 8453), para hacer curvas de calibración para cuantificar el contenido de taninos (AOAC, 2006) y estandarizar la metodología. La cuantificación se realizó en el material vegetal según la estandarización previa, después de extracción con dimetilformamida, reacción con amonio y citrato férrico y cuantificación espectrofotométrica a 525 nm. Con los resultados de siete repeticiones y tres réplicas y dos regiones se calculó el promedio y la desviación estándar.

## Resultados

### Contenido de oligoelementos

Se analizaron muestras de 11 especies seleccionadas y dos proveniencias, incluyendo análisis de material vegetal seco y cocido, el caldo de la decocción, y el suelo del lugar de colecta. Aprovechando la colecta se recopiló información sobre el uso de las hierbas en la alimentación campesina, demostrándose que todas se consumen tradicionalmente, predominando los caldos y los envueltos en huevo (Tabla 2). Los rendimientos de materiales sólidos secos después de extracción fueron relativamente bajos, encontrándose valores entre 0.31 y 1.06 %.

Los resultados de los oligoelementos evaluados se expresan por un rango definido por el valor encontrado en dos lugares de procedencia que son: elementos mayores (N, P, K, Ca, Mg) en g por hg (%) (Tabla 3), y elementos menores (Na, Fe, Mn, Cu, Zn) en partes por millón (ppm) (Tabla 4). En términos generales las hierbas control (*S. oleracea* y *M. oleifera*) tanto de las hojas secas y cocidas secas, como de los caldos, tienen buenos contenidos de oligoelementos, aunque en algunos casos, las especies nativas tienen concentraciones similares e inclusive mayores.

La Tabla 3 muestra los datos de los elementos mayores, en donde se observa que el caldo es en el que se encuentra la menor cantidad. Los contenidos de N son similares en todos (2.97-6.61 %). En el caso de P en la hierba seca, las hojas de *S. edule* (0.51-0.60 %) y de *D. ambrosioides* (0.37-0.45 %) presentan mayor cantidad, aún más que los controles; en el caldo se presenta disminución. En el caso de K, la mayoría de hierbas nativas secas presentan mayor contenido que los controles, encontrándose cantidades importantes en el caldo. En el caso de Ca, la mayoría de plantas presentan valores



Tabla 2  
*Información etnobotánica culinaria de las especies colectadas*

| Vegetal     | Lugar y fecha de colecta de información | Información etnobotánica obtenida sobre el uso de las hojas de los 11 vegetales                                                                                             |
|-------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bledo       | San Pedro Pinula, 15/05/2013            | Se cuecen las hojas en agua hirviendo, se escurre y luego se bate con huevo para hacer tortillas de huevo.                                                                  |
| Bledo       | Chiquimulilla, 21/07/2013               | Las hojas se cocinan con huevo en la elaboración de tortitas que luego se fríen.                                                                                            |
| Chaya       | Nueva Concepción, 21/04/2013            | Se prepara en caldo de pollo, el cual se condimenta con tomate y cebolla.                                                                                                   |
| Chaya       | Guatemala, 31/07/2013                   | Las hojas se utiliza para la preparación de pollo en caldo condimentado con tomate y cebolla.                                                                               |
| Chipilín    | San Bernardino, 23/06/2013              | La utilizan en la preparación de tamales conocidos como tamalitos de chipilín. También se mezclan con arroz y frijoles parados o en caldo con arroz, tomate, cebolla y ajo. |
| Chipilín    | Chiquimulilla, 21/07/2013               | Se preparan en caldo con tomate, cebolla y consomé y también en la elaboración de tamalitos.                                                                                |
| Apazote     | San Juan Sacatepéquez, 22/10/2013       | Las hojas las cocinan con huevo, tomate y sal.                                                                                                                              |
| Apazote     | San Juan Sacatepéquez, 20/02/2014       | Lo cocinan en caldo de huevos, con cangrejo y frijoles. La utilizan para tratar dolor de estómago y para curar heridas                                                      |
| Quilete     | Samayac, 23/06/2013                     | Las hojas se cocina por fritura en sartén con un poco de aceite, tomate, cebolla y consomé.                                                                                 |
| Quilete     | Cobán, 29/09/2013                       | Las hojas las preparan en caldo con tomate, cebolla y sal entre 15 y 20 min.                                                                                                |
| Moringa     | Nueva Concepción, 21/04/2013            | Es un cultivo destinado para la exportación como suplemento alimenticio.                                                                                                    |
| Moringa     | San José Pinula, 04/09/2013             | Cultivo destinado para elaboración de cápsulas de polvo que se venden como suplemento alimenticio.                                                                          |
| Hierba mora | San Bernardino, 13/10/2013              | Las hojas tiernas se cocinan en caldo con tomate, cebolla y sal.                                                                                                            |
| Güisquil    | Fraijanes, 20/08/2013                   | Con las puntas y hojas tiernas del güisquil se prepara un caldo condimentado con cebolla, tomate y sal.                                                                     |
| Güisquil    | San José Pinula, 28/08/2013             | Las puntas y hojas tiernas se preparan en caldo con pollo condimentado con cebolla, tomate y sal.                                                                           |
| Makuy       | Santiago Sacatepéquez, 03/07/2013       | Las hojas tiernas se utilizan para preparar caldo con tomate, cebolla y sal                                                                                                 |
| Makuy       | San Juan Sacatepéquez, 22/10/2013       | Las hojas tiernas se utilizan para preparar caldo con tomate, cebolla y sal                                                                                                 |
| Espinaca    | Santiago Sacatepéquez, 03/07/2013       | Las hojas frescas se preparan en ensaladas con aceite de oliva con frutas o con lechuga.                                                                                    |
| Espinaca    | Sacatepéquez, 11/02/2014                | Las hojas se cocinan apagada con aceite en sartén, tomate, cebolla, chirmol y tortilla                                                                                      |
| Quixtán     | Samayac, 05/05/2013                     | Se cuece en agua hirviendo el bofe y luego se agregan el hígado o costilla, la cebolla, el tomate y el quixtán.                                                             |
| Quixtán     | Fray Bartolomé, 30/09/2013              | Se cocinan junto con la carne de res para preparar caldo al que se le agregan verduras.                                                                                     |

Tabla 3  
 Contenido de elementos mayores en planta cruda seca, cocida seca, caldo y suelo (rango por valor de dos proveniencias)

| Ele | Preparación       | Ah        | Ca        | Cl        | Da         | Ls         | Sa*  | Se        | Sn        | Sw          | Mo         | So         |
|-----|-------------------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------|-----------|-----------|-------------|------------|------------|
| N   | Planta seca (%)   | 3.64-4.65 | 2.97-4.03 | 5.34-5.48 | 4.16-5.84  | 4.57-5.43  | 5.20 | 4.81-5.10 | 5.72-5.81 | 5.20-5.24   | 3.88-4.12  | 4.99-6.61  |
|     | Planta cocida (%) | 3.86-4.75 | 2.52-4.38 | 5.01-5.84 | 5.37-4.96  | 4.86-5.70  | 5.65 | 4.31-5.27 | 0.27-0.29 | 3.90-3.99   | 3.60-4.86  | 5.36-6.84  |
|     | Planta seca (%)   | 0.28-0.37 | 0.26-0.38 | 0.24-0.28 | 0.37-0.45  | 0.18-0.26  | 0.34 | 0.51-0.60 | 0.27-0.36 | 0.19-0.20   | 0.19-0.33  | 0.36-0.50  |
| P   | Caldo (ppm)       | 18.4-46.3 | 9.6-41.5  | 11.2-16.7 | 28.0-28.6  | 26.0-28.7  | 0.32 | 3.5-5.9   | 18.5-29.0 | 11.0-17.4   | 30.4-32.8  | 7.4-33.9   |
|     | Planta cocida (%) | 0.21-0.26 | 0.20-0.22 | 0.10-0.20 | 0.24-0.30  | 0.11-0.15  | 0.26 | 0.34-0.37 | 0.16-0.21 | 0.11-0.16   | 0.30-0.37  | 7.4-33.9   |
|     | Suelo (meq/hg)    | 2.6-87.0  | 4.5-71.0  | 0.6-2.6   | 107-110    | 0.5-0.7    | 20   | 31.9-95.0 | 99-131    | 1.7-3.7     | 67-105     | 34.0-87.0  |
| K   | Planta seca (%)   | 1.1-1.6   | 2.3-3.2   | 0.7-2.1   | 3.5-5.7    | 2.9-3.4    | 2.7  | 3.3-4.9   | 3.8-3.9   | 3.6-4.4     | 1.0-1.9    | 0.4-0.5    |
|     | Caldo (ppm)       | 510-810   | 490-600   | 490-580   | 7-410      | 240-490    | 620  | 290-350   | 490-500   | 615-730     | 400-650    | 550-630    |
|     | Planta cocida (%) | 0.69-1.06 | 0.88-1.06 | 0.13-0.31 | 1.63-2.43  | 0.69-0.78  | 0.75 | 0.63-1.13 | 1.44-2.0  | 1.13-1.38   | 3.44-3.55  | 0.23-0.25  |
| Ca  | Suelo (meq/hg)    | 0.3-0.7   | 0.4-0.5   | 0.2-1.0   | 1.5-1.6    | 0.2-1.2    | 1.1  | 1.0-2.0   | 1.1-2.0   | 2.2-2.3     | 3.3-4.2    | 0.8-3.4    |
|     | Planta seca (%)   | 1.3-1.7   | 1.9-2.2   | 1.1-1.4   | 1.1-1.6    | 1.3-1.8    | 0.9  | 0.3-0.7   | 2.1-2.8   | 2.0-2.2     | 0.8-2.1    | 0.6-0.7    |
|     | Caldo (ppm)       | 5-8       | 45-72     | 12-68     | 0-10       | 50-200     | 113  | 15-20     | 100-120   | 50-155      | 150-225    | 1-8        |
| Mg  | Planta cocida (%) | 0.7-1.6   | 1.2-2.1   | 0.7-1.0   | 1.7-2.3    | 1.9-2.6    | 0.8  | 0.3-0.7   | 3.1-3.6   | 2.0-2.8     | 1.1-1.4    | 0.8-1.2    |
|     | Suelo (meq/hg)    | 5.7-16.5  | 12.5-36.2 | 6.0-9.7   | 8.0-8.5    | 6.0-7.3    | 12.7 | 7.5-15.5  | 10.7-12.2 | 3.4-10.0    | 9.7-11.5   | 9.5-14.0   |
|     | Planta seca (%)   | 0.1-0.2   | 0.3-0.4   | 0.2-0.3   | 0.8-0.9    | 0.4-0.5    | 0.3  | 0.2-0.3   | 0.7-0.8   | 0.4-0.8     | 0.2-0.4    | 1.0-1.1    |
|     | Caldo (ppm)       | 86.2-88.8 | 73.8-88.8 | 42.5-80.0 | 77.5-124.0 | 83.8-187.5 | 50   | 18.2-19.0 | 34.5-45.0 | 115.0-150.0 | 75.0-102.5 | 66.2-161.0 |
|     | Planta cocida (%) | 0.1-0.2   | 0.2-0.3   | 0.1-0.2   | 0.4-0.5    | 0.2-0.3    | 0.1  | 0.1-0.2   | 0.5-0.7   | 0.3-0.4     | 0.2-0.3    | 0.6-0.8    |
|     | Suelo (meq/hg)    | 1.4-1.5   | 1.9-4.2   | 0.9-2.1   | 2.3-2.3    | 0.9-1.6    | 1.9  | 1.5-3.2   | 2.4-3.6   | 0.6-2.6     | 3.3-4.6    | 2.3-5.6    |

Nota. Nativas = Ah: *Amaranthus hybridus*, Ca: *Cnidoscolus aconitifolius*, Cl: *Crotalaria longirostrata*, Da: *Dysphania ambrosioides*, Ls: *Lycianthes synanthera*, Se: *Sechium edule*, Sa: *Solanum americanum*, Sn: *Solanum nigrescens*, Sw: *Solanum wendlandii*; Controles = Mo: *Moringa oleifera*; So: *Spinacea oleracea* \* Solo se analizó una proveniencia.

mayores que los controles, particularmente *S. nigrescens* (2.1-2.8 %) y *S. wendlandii* (2.0-2.2 %). En el caso de Mg los valores más altos los presenta *S. oleracea* (1.0-1.1 %) y *D. ambrosioides* (0.8-0.9 %), las demás presentan un contenido similar.

En la Tabla 4 se presenta la concentración de oligoelementos, en donde se observa que *S. oleracea* (220-280 ppm) presenta la mayor cantidad de Fe; de las plantas nativas, *A. hybridus* (90-240 ppm) y *C. aconitifolius* (75-185 ppm) presentan la mayor cantidad. Se observa que no necesariamente el suelo con mayor cantidad del mineral proporciona a las hojas una mayor cantidad, ya que el nivel de los minerales en los suelos no coincide con los minerales elevados en las hojas o en los caldos. En el caso de Fe la decocción de las hojas ayuda a su liberación, lo cual no sucede con los otros minerales, ni se trata de un patrón en las especies estudiadas.

En cuanto a Zn la mayor cantidad se encontró en *D. ambrosioides* (130-160 ppm), *S. oleracea* (90-140 ppm) y *A. hybridus* (70-80 ppm). Respecto a Mn las plantas con mayor contenido son *D. ambrosioides* (360-465 ppm), *S. nigrescens* (145-230 ppm) y *A. hybridus* (45-340 ppm), inclusive mayores que ambos controles. En el caso de Cu cuatro especies nativas presentan contenidos similares a las hierbas controles (Tabla 4).

### Contenido de antinutricionales

Las hierbas que presentaron mayor contenido de oxalatos en la planta seca son: *S. oleracea* (67.30 (5.51) mg/g), *L. synanthera*, (56.31 (9.67) mg/g) y *C. longirostrata* (50.02 (7.84) mg/g); en caldo deshidratado son *S. oleracea* (65.13 (5.47) mg/mL), *L. synanthera* (45.62 (5.04) mg/mL) y *S. nigrescens* (28.71 (7.44) mg/g); y, en planta cocida seca, *A. hybridus* (54.16 (6.93) mg/g), *L. synanthera* (38.44 (9.67) mg/g) y *S. wendlandii* (29.38 (9.58) mg/g) (Tabla 5).

Las hierbas que presentaron mayor contenido de taninos en la planta seca son *D. ambrosioides* (0.60 (0.06) mg/g) y *L. synanthera* (0.60 (0.10) mg/g); en caldo deshidratado son *S. oleracea* (0.81 (0.32) mg/mL) y *L. synanthera* (0.74 (0.15) mg/mL); y, en la planta cocida seca son *S. nigrescens* (0.54 (0.09) mg/g) y *C. aconitifolius* (0.50 (0.07) mg/g) (Tabla 5).

### Discusión

La encuesta etnobotánica demuestra que todas las hojas estudiadas tienen uso tradicional en la alimen-

tación del guatemalteco, aunque pareciera que el uso está desapareciendo y las nuevas generaciones conocen poco sobre estos alimentos. A este desconocimiento se suma que en la encuesta se detectó una baja diversidad de formas de preparación y uso, lo que limita su consumo y favorece la introducción de comidas rápidas y alimentos industrializados por las nuevas generaciones. Para mejorar el uso de estos alimentos ancestrales es necesario mejorar y diversificar su forma de preparación y consumo para rescatar el valor que la cultura le dio en el pasado y proponer fusiones culinarias modernas que amplíen su consumo.

### Contenido de oligoelementos

Con los datos obtenidos de los principales macroelementos, tanto en la hierba seca, como cocida y el caldo, podemos decir que el caldo es la forma en la que menor cantidad de cada uno de los macroelementos se encuentra, demostrando que se debe consumir la hierba para que la cantidad ingerida sea representativa y alcance niveles útiles para la alimentación humana.

Las especies usadas como control se consideran como valores de referencia, *S. oleracea* presenta la mayor cantidad de Zn, Fe y Cu; mientras que *M. oleifera* presenta los mejores valores de Fe y Cu. Al comparar los minerales de las plantas control con las plantas nativas, vemos que los valores en las plantas control presentan mayor contenido de Fe y Cu, pero en cuanto a Zn y Mn las plantas nativas presentan mayor cantidad de estos minerales.

Los trabajos de Bressani en el Incap y luego en la Universidad del Valle han generado información sobre el valor nutricional en varias especies nativas. En una muestra silvestre y cuatro variedades cultivadas en Guatemala de *C. aconitifolius*, se estudió la composición química nutricional, encontrándose valores de microelementos, tales como Fe (21.5 mg/hg), Zn (7.2 mg/hg), Cu (1.3 mg/hg) y Mg (484 mg/hg), así como el perfil de ácidos grasos, recomendando que estas hierbas podrían contribuir a superar la inseguridad alimentaria y combatir la desnutrición humana y animal (Cifuentes, de Pöll, Bressani, & Yurrita, 2010).

El análisis químico de la composición de 13 vegetales verdes poco utilizados en India demostró que cuatro (*Amaranthus tricolor* L., *Centella asiatica* L., *Digera arvensis* Forssk. y *Celosia argentea* L.) poseen cantidades importantes de Fe (13.15-17.72 mg/hg) que podrían contribuir a disminuir la desnutrición crónica (Gupta et al., 2005). En el caso de las hojas de *M. oleifera*, el contenido de Zn de variedades africanas dio

Tabla 4  
 Contenido de elementos menores en planta cruda seca, cocida seca, caldo y suelo (rango por valor de dos proveniencias en ppm)

| Ele | Preparación   | Ah        | Ca        | Cl        | Da        | Ls        | Sa*  | Se        | Sn        | Sw        | Mo        | So          |
|-----|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|
| Na  | Planta seca   | 170-950   | 100-1,700 | 80-100    | 350-450   | 60-110    | 80   | 65-70     | 90-95     | 95-105    | 115-650   | 6,250-6,875 |
|     | Planta cocida | 145-500   | 55-450    | 60-100    | 200-240   | 50-100    | 85   | 55-75     | 85-95     | 80-90     | 75-1,850  | 2,150-1,850 |
|     | Caldo         | 1.6-8.0   | 0.45-4.0  | 2.3-6.0   | 7.0-7.5   | 0.5-2.4   | 3.2  | 1.8-75    | 2.1-2.6   | 1.7-1.8   | 1.7-2.7   | 26-137      |
|     | Suelo         | 0.07-0.78 | 0.37      | 0.09-0.11 | 0.37-0.40 | 0.09-0.11 | 0.15 | 0.11-0.16 | 0.16-0.23 | 0.10-0.12 | 0.22-0-26 | 0.11-0.33   |
| Fe  | Planta seca   | 90-240    | 75-185    | 80-105    | 60-100    | 75-140    | 80   | 70-100    | 95-130    | 75-120    | 105-135   | 220-280     |
|     | Planta cocida | 90-255    | 80-160    | 105-115   | 85-105    | 90-95     | 150  | 85-95     | 85-155    | 100-150   | 185-210   | 260-345     |
|     | Caldo         | 0.4-0.5   | 1.4-1.6   | 0.1-0.4   | 0.1-0.3   | 0.1-0.2   | 0.2  | 0.1-0.2   | 0.1-0.3   | 0.1-0.4   | 0.1-0.5   | 0.1-0.8     |
|     | Suelo         | 17-19     | 0.01-14   | 4-5       | 15-30     | 1.2-3.5   | 1    | 2-22      | 21-25     | 5-16      | 15-60     | 12-42       |
| Mn  | Planta seca   | 45-340    | 55-60     | 30-100    | 360-465   | 15-80     | 50   | 20-85     | 145-230   | 25-45     | 25-30     | 45-55       |
|     | Planta cocida | 40-370    | 50-55     | 20-85     | 265-430   | 15-85     | 50   | 25-105    | 110-225   | 20-35     | 20-25     | 25-45       |
|     | Caldo         | 0.3-3.3   | 0.5-0.8   | 0.3-1.3   | 4.8-5.2   | 0.4-1.1   | 0.6  | 0.1-0.2   | 1.3-2.2   | 0.3-0.5   | 0.5-0.6   | 0.4-0.6     |
|     | Suelo         | 50-72     | 15-23     | 9-50      | 12-53     | 11-12     | 19   | 0.5-2.5   | 14-54     | 13-75     | 27-75     | 17-72       |
| Cu  | Planta seca   | 10-12     | 1-10      | 3-5       | 0.1-5.0   | 7-20      | 5    | 10-15     | 0.1-5     | 5-10      | 5-70      | 5-10        |
|     | Planta cocida | 10-15     | 5-7       | 5-8       | 0.1-10.0  | 8-15      | 10   | 10-18     | 0.1-10    | 5-10      | 5-50      | 10-15       |
|     | Caldo         | 0.01-0.1  | 0.01-0.02 | 0.01-0.04 | 0.01-0.02 | 0.01-0.05 | 0.01 | 0.01-0.1  | 0.01-0.2  | 0.01-0.02 | 0.01-0.80 | 0.01-0.10   |
|     | Suelo         | 0.5-4.0   | 0.01-2.00 | 1.8-10    | 2-4       | 0.15-0.25 | 0.5  | 0.5-2.5   | 1-3       | 0.5-1.0   | 1.2       | 2-3         |
| Zn  | Planta seca   | 70-80     | 40-45     | 30-35     | 130-160   | 30-45     | 50   | 35-40     | 35-40     | 25-45     | 20-25     | 90-140      |
|     | Planta cocida | 70-105    | 40-45     | 15-20     | 155-165   | 10-15     | 35   | 20-25     | 25-30     | 2-25      | 20-28     | 70-140      |
|     | Caldo         | 0.4-0.6   | 0.3-0.5   | 0.1-0.5   | 0.6-0.9   | 0.4-0.6   | 0.8  | 0.3-15    | 0.5-0.7   | 0.1-0.4   | 0.2-0.4   | 0.3-0.9     |
|     | Suelo         | 4-10      | 2-3       | 1-7       | 5-17      | 1-2       | 22   | 11-30     | 14-24     | 5-7       | 3-4       | 4-6         |

Nota. Nativas = Ah: *Amaranthus hybridus*, Ca: *Cnidoscolus aconitifolius*, Cl: *Crotalaria longirostrata*, Da: *Dysphania ambrosioides*, Ls: *Lycianthes synanthra*, Se: *Secium edule*, Sa: *Solanum americanum*, Sn: *Solanum nigrescens*, Sw: *Solanum wendlandii*; Controles = Mo: *Moringa oleifera*; So: *Spinacea oleracea*  
 \* Solo se analizó una proveniencia.



Tabla 5

*Cuantificación de oxalatos por permanganimetría y de taninos por espectrofotometría en hojas comestibles nativas*

| Planta | Preparación   | Oxalatos Promedio (ds)* | Taninos Promedio (ds)* |
|--------|---------------|-------------------------|------------------------|
| Ah     | Planta seca   | 37.01 (7.61)            | 0.09 (0.05)            |
|        | Caldo         | 23.29 (5.67)            | 0.04 (0.02)            |
|        | Planta cocida | 54.16 (6.93)            | 0.08 (0.06)            |
| Ca     | Planta seca   | 11.43 (4.06)            | 0.19 (0.04)            |
|        | Caldo         | 19.16 (8.91)            | 0.18 (0.07)            |
|        | Planta cocida | 17.94 (7.54)            | 0.50 (0.07)            |
| Cl     | Planta seca   | 50.02 (7.84)            | 0.47 (0.05)            |
|        | Caldo         | 25.60 (7.75)            | 0.11 (0.07)            |
|        | Planta cocida | 8.85 (7.03)             | 0.35 (0.12)            |
| Da     | Planta seca   | 33.85 (2.90)            | 0.60 (0.06)            |
|        | Caldo         | 20.85 (3.37)            | 0.17 (0.06)            |
|        | Planta cocida | 20.87 (2.97)            | 0.18 (0.07)            |
| Ls     | Planta seca   | 56.30 (9.67)            | 0.60 (0.10)            |
|        | Caldo         | 45.62 (5.04)            | 0.74 (0.15)            |
|        | Planta cocida | 38.44 (9.67)            | 0.32 (0.09)            |
| Mo     | Planta seca   | 29.52 (8.26)            | 0.25 (0.06)            |
|        | Caldo         | 15.43 (8.39)            | 0.16 (0.10)            |
|        | Planta cocida | 14.35 (7.72)            | 0.13 (0.06)            |
| Sa**   | Planta seca   | 41.79 (3.65)            | 0.05 (0.01)            |
|        | Caldo         | 25.94 (3.66)            | 0.21 (0.09)            |
|        | Planta cocida | 11.56 (5.03)            | 0.11 (0.09)            |
| Se     | Planta seca   | 20.03 (5.51)            | 0.44 (0.24)            |
|        | Caldo         | 17.73 (3.76)            | 0.11 (0.05)            |
|        | Planta cocida | 7.79 (2.16)             | 0.11 (0.03)            |
| Sn     | Planta seca   | 33.59 (5.48)            | 0.47 (0.05)            |
|        | Caldo         | 28.71 (7.44)            | 0.36 (0.04)            |
|        | Planta cocida | 13.88 (6.80)            | 0.54 (0.09)            |
| So     | Planta seca   | 67.29 (5.51)            | 0.12 (0.08)            |
|        | Caldo         | 65.13 (5.47)            | 0.81 (0.32)            |
|        | Planta cocida | 22.32 (7.39)            | 0.09 (0.08)            |
| Sw     | Planta seca   | 20.36 (9.01)            | 0.16 (0.06)            |
|        | Caldo         | 26.27 (9.04)            | 0.16 (0.08)            |
|        | Planta cocida | 29.38 (9.58)            | 0.13 (0.05)            |

\* promedio de siete repeticiones, tres réplicas y dos proveniencias en mg/g de muestra o mg/mL de caldo,

\*\* solo se analizó una proveniencia

valores de  $3.28 \pm 0.21$  mg/hg de materia seca (Coppin, 2008), así como de Mg (0.39-1.98 mg/hg) y Se (0.005-0.027 mg/hg) (Amaglo et al., 2010), mientras que los materiales de la India dieron contenidos mayores de Mn (7.68 mg/hg), Cu (0.82 mg/hg), Zn (2.59 mg/hg), Mg (1,896 mg/hg) y Fe (26.34 mg/hg) (Sharma, Gupta, & Rao, 2012). Estas diferencias pareciera deberse a las variedades vegetales de cada país, ya que el contenido de minerales en el suelo tiene poco efecto en el contenido de las hierbas.

Estudios etnobotánicos en áreas urbanas y periurbanas de Cameroon demuestran que una importante contribución en la alimentación de las familias pobres son las hojas de hierbas, tanto las cosmopolitas de uso común (Gockowski, Mbazo'o, Mbah, & Moulende, 2003), como algunas nativas poco conocidas (Ejoh, Nkonga, Innocent, & Moses, 2007).

Un análisis global del contenido de Zn en diversos alimentos europeos demostró que las hojas de *S. oleracea* están en el Grupo 3 (500-1,000  $\mu$ g/hg) y es considerada una buena fuente de este micronutriente, particularmente porque este elemento no se une a las llamadas fitoquelatinas, péptidos que limitan la biodisponibilidad de Cu y Cd, así como su contenido parece depender más de la especie vegetal, que del origen de ese alimento (Scherz & Kirchoff, 2006).

Las hojas de *C. longirostrata* y *S. wendlandii* se evaluaron por su contenido de oligoelementos, encontrándose valores de Zn (0.19-0.60 mg/hg), Mg (16-82 mg/hg) y Cu (0.906-0.015 mg/hg) similares a otras verduras (Campos, 2003).

Las hojas de *C. aconitifolius* de Ghana demostraron una importante cantidad de Fe (18.6 g/kg), proteína cruda (269.5 g/kg) y varios amino ácidos; al evaluarla para el engorde de pollos se demostró que a los que se les administró tuvieron una tasa de mortalidad más baja que la que no los consumieron, a pesar que se identificó la presencia de glucósidos cianogénicos (Donkoh, Atuahene, Poku-Prempeh, & Twum, 1999). El extracto metanólico de materiales de Nigeria demostraron valores menores de Mg (23.46 mg/hg), Zn (0.02 mg/hg) y Fe (0.06 mg/hg) (Fagbohun, Egbebi, & Lawal, 2012). En Guatemala en varios cultivares nativos se encontraron contenidos mayores de Fe (14.8-29.4 mg/hg), Mn (3.5-4.9 mg/hg), Zn (5.2-9.3 mg/hg), Cu (1.1-1.6 mg/hg) y Mg (430-581 mg/hg) (Cifuentes et al., 2010).

En ocho especies de hierbas silvestres se encontraron valores en base húmeda de Mg (32-160 mg/hg), Fe (1.7-5.4 mg/hg), Cu (0.12-0.22 mg/hg) y Zn (0.41-1.2 mg/hg), demostrándose los mayores valores en hojas de *Amaranthus viridis* L. y *Verbena officinalis*

L. (Guil Guerrero, Giménez Martínez, & Torija-Isasa, 1998). El estudio inicial del Incap no incluía la composición de las hojas de *Amaranthus*, pero un estudio posterior, reportado por Martínez (1993) muestra su potencial nutricional. La evaluación del género *Amaranthus* demuestra que todas las especies son una bodega de vitaminas, amino ácidos esenciales y minerales, aunque se reconoce la pérdida por los procesos de preparación de alimentos (Venskutonis & Kraujalis, 2013).

## Contenido de antinutricionales

Las hierbas habituales en la dieta poseen una naturaleza compleja y pueden presentar en su composición, además de los elementos alimenticios, sustancias antinutricionales, aquellas que por ellas mismas o a través de productos metabólicos generados, interfieren en la utilización de los alimentos, pudiendo afectar la salud de los consumidores (Morales & Troncoso, 2012).

Los taninos son polifenoles que quelan los minerales como Fe y Zn, por lo que reducen la absorción, insolubilizan los minerales, inhiben las enzimas digestivas, precipitan las proteínas y disminuyen su disponibilidad en la dieta (Beecher, 2003). En este estudio los contenidos son bajos, pocas especies tienen contenidos elevados, lo que podría hacer que los minerales no estén disponibles para aprovechar por el ser humano. Sin embargo como la mayoría tienen una concentración baja de taninos es de esperarse una actividad antioxidante y preventiva de enfermedades por parte de estos vegetales (Ghosh, 2015).

Es de hacer notar que *S. oleracea* es la especie que presenta mayor contenido de oxalatos y taninos, tanto en la planta seca como en el caldo. Respecto a las otras especies, la revisión de la literatura demuestra que *L. synanthera* ha demostrado una buena concentración de elementos minerales, pero una cantidad intermedia de factores antinutricionales como actividad hemaglutinante e inhibidora de tripsina y  $\alpha$ -amilasa, aunque la decocción durante 15 min elimina estos factores (Salazar, Velásquez, Quesada, Piccinelli & Rastrelli, 2006).

Al igual que con los taninos, los oxalatos son indicadores de actividad antinutricional, ya que son quelantes de minerales, formando complejos insolubles, que impide su absorción. El organismo tolera cierta cantidad de oxalatos, pero un consumo alto puede producir déficit de minerales, cálculos renales, molestias digestivas y alteraciones en la coagulación (Negri, Spivacow, & Del Valle, 2013); incluso su consumo puede ser letal, en dosis  $> 5$  g en adultos.

La evaluación del follaje de 61 accesos de 10 especies de *Amaranthus* usadas como hierba y grano en India demuestra contenidos variables en componentes alimenticios y antinutricionales (Prakash & Pal, 1991). En la materia seca de 11 hierbas, tres (*A. cruentus*, *A. viridis* y *S. oleracea*) tienen altas cantidades de oxalatos (5,138-12,576 mg/hg) y siete contienen oxalatos insolubles (209-2,774 mg/hg) (Radek & Savahe, 2008). En México, de 13 malezas usadas en alimentación animal, dos (*A. hybridus* y *Desmodium molliculum* (Kunth) DC.) poseen niveles de taninos y fitatos que podrían afectar la salud de los animales (Gutierrez et al., 2010).

Si bien *S. oleracea* tiene el mayor contenido de macro y micronutrientes, el contenido de antinutricionales dificulta su absorción; en *M. oleifera* únicamente su contenido de Cu fue superior, pero los antinutricionales fueron bajos. En las plantas nativas los mejores contenidos de Fe los demostraron *A. hybridus* y *C. aconitifolius*; en el caso de Zn, *A. hybridus* y *D. ambrosioides* y en el caso de Cu, *L. synanthera* fue el único comparable con las hierbas control. Por consiguiente para un consumo seguro se recomienda comer estas hierbas siempre cocidas.

El valor de los minerales en los suelos es bastante variable, pero podemos decir que los valores de los mismos en el suelo tienen poca relevancia en el contenido en la hierba seca, ya que no se encontró un aumento manifiesto en las hierbas en suelos ricos en los elementos o bien una marcada disminución de los elementos en los suelos relativamente pobres.

Para lograr un aprovechamiento óptimo de las especies nativas, se recomienda el uso combinado de las diversas hierbas, para lograr un “suplemento” natural que contribuya a combatir la desnutrición crónica, a diseñar dietas para recuperación de pacientes crónicos y a prevenir estados carenciales en la población en general (Cáceres & Cruz, 2019). Se estimula a autoridades, empresarios, chefs, académicos y público en general a producir y consumir estos alimentos en forma consuetudinaria para mejorar las condiciones de seguridad y soberanía alimentaria nacional.

### Agradecimientos

Se agradecen el apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (proyecto Fodecyt 69-2013), así como la asistencia técnica de Ranferi Ampudia, Selena Carías, Nereida Marroquín, Ligia Sampuel y Jerry González.

### Referencias

- Ali, M., & Tsou, S. C. S. (1997). Combating micronutrient deficiencies through vegetables - a neglected food frontier in Asia. *Food Policy*, 22, 17-38.
- Amaglo, N. K., Bennett, R. N., Lo Curto, R. B., Rosa, E. A. S., Lo Turco, V., Giuffrida, A., ... Timpo, G. M. (2010). Profiling selected phytochemicals and nutrients in different tissues of the multipurpose tree *Moringa oleifera* L., grown in Ghana. *Food Chemistry*, 122, 1047-1054. doi:10.1016/j.foodchem.2010.03.073
- AOAC (2006). AOAC Official Methods of Analysis. Chapter 2. Plants, subchapter 2. Metals in plants. AOAC International, 18th Edition.
- Azurdia, C. (2008). Agrobiodiversidad de Guatemala. En: CONAP - *Guatemala y su Biodiversidad* (pp. 399-463). Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Beecher, G. R. (2003). Overview of dietary flavonoids: Nomenclature, occurrence and intake. *Journal of Nutrition*, 133 (10):3248S-3254S. doi:10.1093/jn/133.10.3248S
- Black, M. M. (2012). Integrated strategies needed to prevent iron deficiency and to promote early child development. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 26, 120-123. doi:10.1016/j.jtemb.2012.04.020
- Bowman, A. B., Kwakye, G. F., Herrero Hernández, E. & Aschner, M. (2011). Role of manganese in neurodegenerative diseases. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25, 191-203. doi:10.1016/j.jtemb.2011.08.155
- Cáceres, A., & Cruz, S. M. (2019) Edible sedes, leaves and flowers as Maya super foods: function and composition. *International Journal of Phytocosmetics and Natural Ingredients*, 6(2), doi:10.15171/ijpni.2019.02
- Campos, J. R. (2003). Contenido de macronutrientes, minerales y carotenos en plantas comestibles autóctonas de Guatemala (Tesis de nutricionista). Guatemala: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Capdor, J., Foster, M., Petocz, P., & Samman, S. (2013). Zinc and glycemic control: A meta-analysis of randomized placebo controlled supplementation

- trials in humans. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27, 137-142. doi: 10.1016/j.jtemb.2012.08.001
- Cavan, K. R., Gibson, R. S., Grazioso, C. J., Isalgue, A. M., Ruz, M., & Solomons, N. W. (1993). Growth and body composition of peri-urban Guatemalan children in relation to zinc status: a cross sectional study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53, 334-343. doi:10.1093/ajcn/57.3.334
- Christian, P., & Stewart, C. P. (2010). Maternal micronutrient deficiency, fetal development, and the risk of chronic disease. *Journal of Nutrition*, 140, 437-445. doi: 10.3945/jn.109.116327
- Cifuentes, R., Pöll, E., Bressani, R., & Yurrita, S. (2010). Caracterización botánica, molecular, agronómica y química de los cultivares de chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*) de Guatemala. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 21, 34-49.
- Ciudad Reynaud, A. (2014). Requerimiento de micronutrientes y oligoelementos. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 60, 161-170.
- Cook, J. D., Reddy, M. B., Burri, J., Juillerat, M. A., & Hurrell, R. F. (1997). The influence of different cereal grains on iron absorption from infant cereal food. *American Journal of Clinical Nutrition*, 65, 964-969. doi:10.1093/ajcn/65.4.964
- Coppin, J. (2008). *A study of the nutritional and medicinal values of Moringa oleifera leaves from sub-Saharan Africa* (Master's thesis). New Brunswick: Rutgers University.
- Davidsson, L., Dimitriou, T., Boy, E., Walczyk, T., & Hurrell, R. F. (2002). Iron bioavailability from iron-fortified Guatemalan meals based on corn tortillas and black bean paste. *American Journal of Clinical Nutrition*, 75, 535-539. doi:10.1093/ajcn/75.3.535
- Dermience, M., Lognay, G., Mathieu, F., & Goyens, P. (2015). Effects of thirty elements on bone metabolism. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 32, 86-106. doi:10.1016/j.jtemb.2015.06.005.
- Donkoh, A., Atuahene, C. C., Poku-Prempeh, Y. B., & Twum, I. G. (1999). The nutritive value of chaya leaf meal (*Cnidoscolus aconitifolius* (Mill.) Johnston): studies with broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 77, 163-172.
- Dovie, D. B. K., Shackleton, C. M., & Witkowski, E. T. F. (2007). Conceptualizing the human use of wild edible herbs for conservation in South African communal areas. *Journal of Environmental Management*, 84, 146-156. doi:10.1016/j.jenvman.2006.05.017
- Duke, J. A., & Atchley, A. A. (1986). *Handbook of proximate analysis tables of higher plants*. Boca Raton: CRC Press.
- Ejoh, R. A., Nkonga, D. V., Inocent, G., & Moses, M. C. (2007). Nutritional components of some non-conventional leafy vegetables consumed in Cameroon. *Pakistan Journal of Nutrition*, 6, 712-717.
- Ekweagwu, E., Agwu, A. E., & Madukwe, E. (2008). The role of micronutrients in child health: A review of the literature. *African Journal of Biotechnology*, 7, 3804-3810.
- Fagbohun, E. D., Egbebi, A. O., & Lawal, O. U. (2012). Phytochemical screening, proximate analysis and *in-vitro* antimicrobial activities of methanolic extract of *Cnidoscolus aconitifolius* leaves. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 13, 28-33.
- Flyman, M. V., & Afolayan, A. J. (2006). The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. The suitability of wild vegetables for alleviating human dietary deficiencies. *South African Journal of Botany*, 72, 492-497.
- Ghosh, D (2015). Tannins from foods to combat diseases. *International Journal of Pharma Research & Review*, 4, 40-44
- Gibson, R. S. (1994). Content and bioavailability of trace elements in vegetarian diets. *American Journal of Clinical Nutrition*, 59 (suppl), 1223S-1232S. doi:10.1093/ajcn/59.5.1223S
- Gockowski, J., Mbazo'o, J., Mbah, G., & Moulende, T. F. (2003). African traditional leafy vegetables and the urban and peri-urban poor. *Food Policy*, 28, 221-235.
- Guil Guerrero, J. L., Giménez Martínez, J. J., & Torija-Isasa, M. E. (1998). Mineral nutrient composition of edible wild plants. *Journal of Food Composition and Analysis*, 11, 322-328.
- Gupta, S., Lakshmi, A. J., Manjunath, M. N., & Prakash, J. (2005). Analysis of nutrient and antinutrient content of underutilized green leafy vegetables. *LWT*, 38, 339-345. doi: 10.1016/j.lwt.2004.06.012



- Gupta, S., Lakshmi, J., & Prakash, J. (2006). *In vitro* bioavailability of calcium and iron from selected green leafy vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2147-2152. doi: 10.1002/jsfa.2589
- Gutierrez, D. M., Ortiz, D., Muñoz, G., Bah, M., & Serrano, V. (2010). Contenido de sustancias antinutricionales de malezas usadas como forraje. *Revista Latinoamericana de Química*, 38, 58-67.
- Kilin, M., Coskun, A., Bilge, F., Imrek, S. S., & Atlu, Y. (2010). Serum reference levels of selenium, zinc and copper in healthy pregnant screening program in southeastern Mediterranean region of Turkey. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 24, 152-156. doi:10.1016/j.jtemb.2010.01.004
- Klevay, L. M. (2001). Iron overload can induce mild copper deficiency. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 14, 237-240. doi:10.1016/S0946.672X(01)80009-2
- Lal, C. S., Kumar, S., Ranjan, A., Ravidas, V. N., Verma, N., Pandey, K., ... Das, P. (2013). Comparative analysis of serum zinc, copper, magnesium, calcium and iron level in acute and chronic patients of visceral leishmaniasis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27, 98-102. doi:10.1016/j.jtemb.2012.09.007
- Lee, J., Houser, R. B., Must, A., Dulladosa, P. P., & Bermudez, O. I. (2010). Disentangling nutritional factors and household characteristics related to child stunting and maternal overweight in Guatemala. *Economics & Human Biology*, 8, 188-196. doi: 10.1016/j.ehb.2010.05.014
- Loewenberg, S. (2009). Guatemala's malnutrition crisis. *Lancet*, 374, 187-189. doi:10.1016/S0147.6736(09)61314-3
- López de Romaña, D., Olivares, M., Uauy, R., & Araya, M. (2011). Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 25, 3-13. doi: 10.1016/j.jtemb.2010.11.004
- Martínez, A. B. (1993). *Cultive y aliméntese con blede*. Guatemala: Instituto de Investigación y Mejoramiento Educativo, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Martínez, A. B. (2006). Hierba mora, chipilín y jícama para alimentarse con calidad y economía. Guatemala: Editorial Serviprensa.
- Michalke, B., & Fernsebner, K. (2014). New insights into manganese toxicity and speciation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 106-116. doi: 10.1016/j.jtemb.2013.08.005
- Morales, M. L., & Troncoso, A. M. (2012). Sustancias antinutritivas presentes en los alimentos. Madrid: Editorial Díaz de Santos.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social [MSPAS]. (2010). *II Encuesta Nacional de Micronutrientes 2009-2010*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- Negri, A., Spivacow, F., & Del Valle, E. (2013). La dieta en el tratamiento de litiasis renal. *Bases Fisiopatológicas. Medicina* (Buenos Aires), 73, 267-271.
- Olivares, M., Pizarro, F., de Pablo, S., Araya, M., & Uauy, R. (2004). Iron, zinc, copper: Contents in common Chilean foods and daily intakes in Santiago, Chile. *Nutrition*, 20, 205-212. doi:10.1016/j.nut.2003.11.021
- Picó, B., & Nuez, F. (2000). Minor crops of Mesoamerica in early sources (I). Leafy vegetables. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 47, 527-540.
- Prakash, D., & Pal, M. (1991). Nutritional and anti-nutritional composition of vegetable and grain amaranth leaves. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 57, 573-583.
- Prasad, A. S. (2009). Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of the American College of Nutrition*, 28, 257-265.
- Prasad, A. S. (2014). Impact of the discovery of human zinc deficiency on health. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 357-363. doi: 10.1016/j.jtemb.2014.09.002
- Radek, M., & Savage, G. P. (2008). Oxalates in some Indian green leafy vegetables. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 59, 246-260. doi:10.1080/09637480701791176
- Ramakrishnan, U., Manjrekar, R., Rivera, J., González-Cossio, T., & Martorell, R. (1998). Micronutrients and pregnancy outcome: A review of the literature. *Nutrition Research*, 19, 103-159.
- Rude, R. K., & Gruber, H. E. (2004). Magnesium deficiency and osteoporosis: animal and human observations. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 15, 710-716. doi:10.1016/j.jnutbio.2004.08.001

- Salazar, J., Velásquez, R., Quesada, S., Piccinelli, A. L. & Rastrelli, L. (2006). Chemical composition and antinutritional factors of *Lycianthes synanthera* leaves (chomte). *Food Chemistry*, 97, 343-348. doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.015
- Sánchez-González, C., López-Chaves, C., Gómez-Aracena, J., Galindo, P., Aranda, P., & Llopis, J. (2015). Association of plasma manganese levels with chronic renal failure. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 31, 78-84. doi: 10.1016/j.jtemb.2015.04.001
- Sandstead, H. H., & Freeland-Graves, J. H. (2014). Dietary phytate, zinc and hidden zinc deficiency. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28, 414-417. doi:10.1016/j.jtemb.2014.08.011
- Scherz, H., & Kirchoff, E. (2006). Trace elements in food: Zinc content of raw food - A comparison of data originating from different geographical regions of the world. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19, 420-433. doi:10.1016/j.jfca.2005.10.004
- Schümann, K. (2006). Dietary reference intakes for trace elements revisited. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 20, 59-61. doi:10.1016/j.jtemb.2006.01.007
- Sharma, N., Gupta, P. C., & Rao, Ch. V. (2012). Nutrient content, mineral content and antioxidant activity of *Amaranthus viridis* and *Moringa oleifera* leaves. *Research Journal of Medicinal Plants*, 6, 253-259.
- Solomons, N. W., & Ruz, M. (1997). Zinc and iron interaction: Concepts and perspectives in the developing world. *Nutrition Research*, 17, 177-185.
- Venskutonis, P. R., & Kraujalis, P. (2013). Nutritional components of Amaranth seeds and vegetables: A review on composition, properties, and uses. *Comprehensive Review in Food Science and Food Safety*, 12, 381-412.
- Vormann, J. (2003). Magnesium: nutrition and metabolism. *Molecular Aspects of Medicine*, 24, 27-37.
- Welch, R. M., & Graham, R. D. (2005). Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 18, 299-307. doi:10.1016/j.jtemb.2005.03.001
- White, P. J., & Broadley, M. R. (2009). Biofortification of crops with seven mineral elements often lacking in human diets - iron, zinc, copper, calcium, magnesium, selenium and iodine. *New Phytologist*, 182, 49-84.
- Wu Leung, W. T., & Flores, M. (1961). *Tabla de composición de alimentos para uso en América Latina*. Bethesda: National Institutes of Health.
- Yehuda, S., & Mostofsky, D. (2010). *Iron deficiency and overload: From basic biology to clinical medicine*. New York: Humana Press.

## Uso de plasma rico en fibrina comparado con colágeno en el tratamiento de recesión gingival utilizando la técnica estenopéica. Ensayo clínico aleatorizado

*Use of fibrin-rich plasma compared to collagen in the treatment of gingival recession using the stenopic technique. Randomized clinical trial*

José M. López-Robledo\*, Leonel A. Roldán

Área Médico-Quirúrgico y Área Básica, Facultad de Odontología,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [dr.loroble@gmail.com](mailto:dr.loroble@gmail.com)

Recibido: 18 de julio 2019 / Revisión: 02 de octubre 2019 / Aceptado: 22 de octubre 2019

### Resumen

La recesión gingival (RG) es un problema de salud bucodental frecuente que aumenta con la edad, predispone a la hipersensibilidad dentaria, caries radicular, inflamación gingival y efectos antiestéticos. El objetivo de este ensayo clínico aleatorizado fue evaluar comparativamente el efecto clínico del recubrimiento radicular utilizando la técnica estenopéica Pinhole con colágeno y la técnica estenopéica Pinhole modificada al incorporarle plasma rico en fibrina (PRF). Veintiséis participantes sistémicamente sanos, con diagnóstico de RG grado I de Miller, fueron reclutados y seguidos por 6 meses después de la cirugía. Los parámetros clínicos registrados fueron nivel de inserción clínica (NIC), RG y banda de encía queratinizada. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a un grupo en quienes se utilizó PRF con 14 participantes, tratando 36 piezas dentales, y otro grupo en quienes se utilizó membrana de colágeno con 12 participantes, tratando 35 piezas dentales. Los resultados muestran un logro de ganancia en el NIC en ambos grupos, ( $M = 45.24\%$ ,  $DE = 17.37\%$ ) en el grupo PRF y ( $M = 47.37\%$ ,  $DE = 15.67\%$ ) en el grupo colágeno, diferencia que no fue significativa ( $p = .59$ ). En ambos grupos existió un aumento significativo en la banda de encía queratinizada ( $p < .01$ ). El uso de PRF como material de relleno al realizar la técnica estenopéica genera resultados similares al ser comparado con la técnica convencional que utiliza colágeno. Al presentar un menor costo el PRF aumenta las posibilidades que más personas tengan acceso al tratamiento.

**Palabras claves:** Tratamiento del conducto radicular, Procedimientos quirúrgicos orales, Fibrina/administración & dosificación

### Abstract

Gingival recession (GR) is a frequent oral health disease that increases with age and may increase risk of dental hypersensitivity, root decay, gingival inflammation and aesthetic problems. The aim of this randomized clinical trial was to compare clinical parameters of dental root coverage using Pinhole technique with collagen and modified Pinhole technique using platelet-rich fibrin (PRF). Twenty-six participants, systemically healthy, with Miller class I GR diagnosis, were recruited and measured at baseline and after 6 months follow-up. Clinical parameters measured included clinical attachment level (ICL), GR and keratinized gingival width (KGW). All participants were randomly assigned to a group using PRF, with 14 participants and 36 teeth treated, and other group using collagen, with 12 participants and 35 teeth treated. Both PRF group and collagen group gained ICL, ( $M = 45.24\%$ ,  $SD = 17.37\%$ ) in PRF group and ( $M = 47.37\%$ ,  $SD = 15.67\%$ ) in collagen group, with no statistically significant difference ( $p = .59$ ). Both groups gained KGW ( $p < .01$ ). Use of PRF as filled material by using Pinhole technique resulted in similar clinical improvements compare to collagen as filled material. Considering that PRF is cheaper than collagen, it increases chances that people can have access to treatment.

**Keywords** Root canal therapy, Oral surgical procedures, Fibrin, Platelet-Rich Fibrin

## Introducción

La recesión gingival (RG) o migración apical del margen gingival de la unión cemento esmalte representa la exposición de raíz dentaria a la cavidad oral (Kassab & Cohen, 2003), pudiendo ocasionar efectos secundarios como hipersensibilidad dental, caries radicular, efectos antiestéticos (Yan, Zhang, Zhang, Zhang, & Ji, 2018), y pérdida de las piezas dentarias comprometidas. Por tanto, la RG es causa frecuente de consulta odontológica (Caballero-García, et al., 2017; Medrano, 2014). Se estima que la prevalencia de RG supera el 50 % de la población de 18 a 64 años, llegando a alcanzar valores de 88 % de prevalencia en personas mayores de 65 años (Kassab & Cohen, 2003). Además, se reporta incremento en la medida que se instruyen a más personas y adquieren una “buena higiene oral” (Gorman, 1967; O’Leary, Drake, Crump, & Allen, 1971; Tavelli et al., 2018; Zucchelli & Mounssif, 2015).

Las opciones de tratamiento disponibles para el recubrimiento radicular son de índole quirúrgico (cirugía mucogingival), entre las que se incluye especialmente el injerto sub-epitelial de tejido conectivo (Yan et al., 2018) que representa dos heridas para el paciente, una del sitio donante y otra del sitio receptor del tejido y generalmente consigue recubrimiento de un máximo de dos o tres piezas denudadas. Opción similar representa el injerto libre de encía que se toma del paladar y se trasplanta al sitio con RG (Bednarz et al., 2016). La subsistencia del injerto depende de la irrigación del sitio receptor y considerando que la parte denudada radicular carece de periostio y un lecho vascular que alimente al injerto su viabilidad es crítica, dependerá del abastecimiento vascular que aporten los sitios adyacentes. Por eso la técnica de desplazamiento coronal de colgajo ofrece mejores condiciones de viabilidad del tejido desplazado pues no pierde su aporte sanguíneo inicial (Tavelli et al., 2018).

Cuando la operación se realiza mediante microcirugía como la técnica estenopecica de agujero de alfiler (Chao, 2012) los sitios de intervención son menos invasivos y con alto porcentaje de recubrimiento (Reddy, 2017). Las molestias del paciente disminuyen considerablemente pues no existen heridas abiertas ni en paladar ni en el sitio del desplazamiento, pues el agujero de alfiler se realiza en la mucosa alveolar y gracias a la elasticidad de esta mucosa permite la intervención de la desinserción gingival por el procedimiento de “tunelización” desde la unión mucogingival hasta el margen gingival para desplazar el colgajo hacia coronal.

En la técnica original planteada por Chao (2012) se incorpora desde el agujero de acceso tiras de colágeno que representa un alto costo de inversión, además de ser un cuerpo extraño que, aunque degradable, tiene la desventaja de no ser autólogo. Con la modificación planteada para esta investigación se incorporó plasma rico en fibrina (PRF), el cual tiene abundantes factores de crecimiento derivado de plaquetas y leucocitos que contiene en alta concentración. Al ser proveniente de la propia sangre del paciente, los costos disminuyen y la posibilidad de rechazo también.

El objetivo principal del estudio fue comparar el efecto de recubrimiento radicular entre el PRF y colágeno al ser utilizados como agentes de relleno en la técnica estenopecica a los 6 meses después del procedimiento quirúrgico.

## Materiales y métodos

Se realizó un ensayo clínico aleatorizado.

### Población y muestra

El universo consistió en participantes adultos que acudían o fueron referidos a la Facultad de Odontología de la Universidad de San Carlos de Guatemala que necesitaban un tratamiento para la RG, el cual había sido diagnosticado clínicamente. Se calculó el tamaño de muestra a partir de la variable crítica principal que es el nivel de inserción clínica, la cual es de tipo cuantitativa. El tamaño muestral se determinó con una relación 1:1, una desviación estándar de 1 mm, una diferencia  $\geq 1$ , una potencia de 0.8 y una significancia estadística de  $\alpha = .05$ , siendo un resultado de 17 sujetos para el grupo que utilizará PRF y 17 sujetos para el grupo que utilizará la técnica convencional utilizando colágeno. Los criterios de inclusión fueron: tener entre 18 y 60 años de edad, ser diagnosticados con RG grado I de Miller con una banda remanente de encía de 2 mm como mínimo en caras bucales, ausencia de bolsas periodontales,  $\geq 14$  piezas dentarias excluyendo terceros molares y  $\geq 10$  piezas dentarias posteriores. Se excluyeron a sujetos con padecimientos sistémicos no controlados, con recesiones linguales o palatales, con hábito de tabaquismo, con periodontitis activa en el sitio de la recesión, que hayan recibido tratamiento periodontal previo en los últimos 6 meses, uso de medicamentos como anticoagulantes, antibióticos, antiinflamatorios no esteroideos (Aines) en los 6 meses anteriores al estudio y sujetos



con trombocitopenias o alteraciones que limiten la intervención quirúrgica.

Cabe resaltar que luego de la fase de reclutamiento, ingresaron al estudio solamente 26 sujetos, que fueron los que cumplieron con todos los requisitos. Una vez establecida la muestra, se asignaron de manera aleatoria a dos grupos, de tal forma que, 14 sujetos se incluyeron al grupo que utilizó PRF como material de relleno, y los 12 sujetos se incluyeron al grupo que utilizó colágeno. La mayoría de los pacientes tuvieron lesiones de RG en varias piezas dentales, por lo que se procedió a tratar a estos participantes en más de una pieza dental utilizando la misma técnica quirúrgica y el mismo material de relleno según el grupo del estudio correspondiente, de tal forma que, se trataron 36 piezas dentales con RG en el grupo que utilizó PRF como material de relleno, y 35 piezas dentales con RG en el grupo que utilizó colágeno.

### Aspectos éticos

El presente estudio cumplió con el respeto a la integridad física y psicológica, así como la dignidad de los participantes en el mismo, fundamentándose en los principios bioéticos de autonomía, beneficencia, no maleficencia y justicia. Además, fue revisado y aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad

de San Carlos de Guatemala. Aquellas personas que desearon participar en el estudio tuvieron que firmar un consentimiento informado. Además, se les indicó que podían retirarse en cualquier momento del estudio, sin que implique la cancelación de sus tratamientos.

### Procedimiento quirúrgico

Todos los participantes fueron analizados sistemáticamente mediante pruebas de laboratorio de rutina una semana previa al procedimiento quirúrgico, así como control de signos vitales previo y durante la cirugía. El día de la intervención se obtuvo 20 mm de sangre del brazo en cuatro tubos de ensayo de 5 cc de tapadera roja, los cuales se centrifugaron a 3,000 rpm durante 10 min para la obtención del PRF (Figura 1) según el protocolo inicial de Choukroun y Ghanaati (2018). Se utilizó anestesia local con técnica infiltrativa. Se procedió a realizar el protocolo quirúrgico propuesto con una incisión de aproximadamente 3 mm en mucosa alveolar, sitio por el cual, se logró el desprendimiento del tejido gingival para avanzarlo coronalmente con el fin de tratar la RG (Chao, 2012). Luego se introdujo el material de relleno según el grupo de estudio correspondiente (PRF/colágeno) sin la necesidad de colocar puntos de sutura.



Figura 1. Plasma de fibrina autólogo

## Medición de variables

Se midieron en cada grupo de estudio la RG, nivel de inserción clínica (NIC), banda de encía queratinizada y percepción final del participante. Para las variables clínicas periodontales, las mediciones se realizaron a través de la técnica de observación estandarizada por computadora mediante la fotografía digital utilizando un software creado específicamente para el presente estudio, para corregir la variación en la percepción clínica de ambos investigadores y contar con una mayor precisión en la medición.

## Procesamiento y análisis de datos

El resumen de los datos se realizó a través de cálculos de estadísticas descriptivas, de donde se obtuvieron frecuencias y porcentajes para las variables cualitativas, así como medias y desviación estándar para las variables cuantitativas. Para pruebas de hipótesis se utilizó una significancia estadística de .05. Además, considerando la naturaleza y escala de medición de las variables clínicas periodontales se determinó en cada procedimiento la normalidad de las variables en cada uno de los grupos, utilizando la prueba de Shapiro Wilk (Öztuna, Elhan, & Tüccar, 2006).

Para las mediciones basales, la comparación intergrupo se determinó utilizando la prueba de  $\chi^2$  cuadrado para la variable sexo y la prueba *t* de Student para las variables edad, NIC y banda de encía queratinizada. En las comparaciones intragrupo se utilizó la prueba de Wilcoxon. Para todas las mediciones a los 6 meses del procedimiento quirúrgico, se utilizó la prueba *t* de Student. Los datos se procesaron y analizaron utilizando el software R.

## Resultados

No se registraron pérdidas de sujetos durante la ejecución del presente estudio o reportes de efectos adversos. Todos los sujetos que participaron en el estudio asistieron a sus controles. Se trataron 36 piezas dentales que presentaban RG al inicio del estudio en los 14 participantes asignados al grupo en quienes se utilizó PRF como material de relleno y 35 piezas dentales con RG al inicio en los 12 participantes asignados al grupo en quienes se utilizó colágeno. En la Tabla 1 se muestran los resultados basales. El promedio de edad de los participantes estuvo en 40 años aproximadamente, y la

mayoría fue del sexo masculino. No se encontró una diferencia estadísticamente significativa en los dos grupos al inicio del estudio respecto a las variables analizadas: sexo, edad, NIC y banda de encía queratinizada.

La Tabla 2 muestra los resultados antes y después de la intervención quirúrgica los dos grupos del estudio. La RG disminuyó el promedio después del tiempo de seguimiento reflejándose una ganancia del nivel de inserción clínica, mientras que la banda de encía aumentó sus valores, siendo estas diferencias estadísticamente significativas.

En la Tabla 3 se muestran los resultados clínicos después de 6 meses del procedimiento quirúrgico. El porcentaje de ganancia del nivel de inserción clínico alcanzado para el grupo de tratamiento que utilizó PRF fue de 45 %, mientras que para el grupo que utilizó colágeno fue de 47 % (Tabla 1), no encontrándose una diferencia que sea significativa desde el punto de vista estadístico. No se encontró diferencia estadísticamente significativa entre el nivel de inserción clínico y banda de encía en los dos grupos del estudio después de 6 meses del procedimiento quirúrgico.

Respecto a la percepción de los participantes sobre el procedimiento quirúrgico y los resultados alcanzados, el grupo fibrina obtuvo un 78 % ( $n = 14$ ) de percepción buena o muy buena, y el grupo colágeno obtuvo un 89 % ( $n = 12$ ) de percepción buena o muy buena.

## Discusión

El objetivo principal del estudio fue comparar el efecto clínico al comparar de recubrimiento radicular entre PRF con el colágeno al utilizarlos como material de relleno en la técnica estenopéica propuesta por Chao (2012) después de 6 meses del procedimiento quirúrgico, el cual es un período suficiente para evaluar la estabilidad del margen gingival (Cheng, Chen, & Lu, 2007).

El promedio de la ganancia de recubrimiento de la encía en el presente estudio fue de  $M = 45\%$  y  $M = 47\%$  en los grupos de estudio PRF y colágeno respectivamente. Se encontraron resultados menores a lo reportado en la literatura. Estudios que utilizaron técnicas quirúrgicas distintas a la técnica en sujetos que presentaban RG muestran un porcentaje de ganancia de recubrimiento de la encía en un rango de  $M = 82\%$  a  $M = 99\%$  (Bouchard, Nilveus, & Etienne, 1997; Cieślík-Wegemund et al., 2018; Jankovic et al., 2012; Kuka, Ipci, Cakar, & Yılmaz, 2018; Wennström & Zucchelli, 1996).

Tabla 1

*Mediciones clínicas basales*

| Variable                    | Grupo de tratamiento                                                      |                                                             | Valor <i>p</i>   |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|
|                             | Pinhole + Plasma rico en fibrina<br>(n = 14, 36 piezas dentales tratadas) | Pinhole + Colágeno<br>(n = 12, 35 piezas dentales tratadas) |                  |
| Sexo [n(%)]                 |                                                                           |                                                             |                  |
| Masculino                   | 10 (71)                                                                   | 8 (67)                                                      | .79 <sup>a</sup> |
| Femenino                    | 4 (29)                                                                    | 4 (33)                                                      |                  |
| Edad M (DE) años            | 40.64 (14.23)                                                             | 40.92 (12.59)                                               | .96 <sup>b</sup> |
| NIC M (DE) mm               | 2.73 (0.49)                                                               | 2.52 (0.47)                                                 | .07 <sup>b</sup> |
| Banda de Encía<br>M (DE) mm | 2.06 (0.66)                                                               | 2.14 (0.77)                                                 | .61 <sup>b</sup> |

*Nota:* a. Prueba ji cuadrado, b. Prueba t de Student.

Tabla 2

*Resultados clínicos antes y después de la intervención quirúrgica*

| Variable                                   | Medición realizada |                   | Valor <i>p</i>     |
|--------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
|                                            | Basal              | 6 meses           |                    |
| Grupo de tratamiento PRF <sup>a</sup>      |                    |                   |                    |
| NIC <i>Mdn (RIQ)</i> mm                    | 2.67 (2.35, 2.97)  | 1.89 (1.67, 2.15) | < .01 <sup>c</sup> |
| Banda de Encía <i>Mdn (RIQ)</i> mm         | 2.03 (1.54, 2.45)  | 2.67 (2.33, 3.13) | < .01 <sup>c</sup> |
| Grupo de tratamiento colágeno <sup>b</sup> |                    |                   |                    |
| NIC <i>Mdn (RIQ)</i> mm                    | 2.53 (2.13, 2.81)  | 1.76 (1.52, 2.09) | < .01 <sup>c</sup> |
| Banda de Encía <i>Mdn (RIQ)</i> mm         | 2.00 (1.61, 2.71)  | 2.87 (2.17, 3.30) | < .01 <sup>c</sup> |

*Nota:* a. n = 14 y 36 piezas dentales tratadas, b. n = 12 y 35 piezas dentales tratadas, c. Prueba de Wilcoxon.

Tabla 3

*Mediciones clínicas a los 6 meses después de la cirugía*

| Variable                                                   | Grupo de Tratamiento                                                      |                                                             | Valor <i>p</i>   |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                            | Pinhole + Plasma rico en fibrina<br>(n = 14, 36 piezas dentales tratadas) | Pinhole + Colágeno<br>(n = 12, 35 piezas dentales tratadas) |                  |
| Efectividad ganancia<br>de inserción clínica<br>M (DE) (%) | 45.24 (17.37)                                                             | 47.37 (15.67)                                               | .59 <sup>a</sup> |
| NIC M (DE) mm                                              | 1.93 (0.38)                                                               | 1.79 (0.31)                                                 | .10 <sup>a</sup> |
| Banda de Encía<br>M (DE) mm                                | 2.76 (0.73)                                                               | 2.87 (0.77)                                                 | .53 <sup>a</sup> |

*Nota:* a. Prueba t de Student.

Aunque existen estudios que obtuvieron un porcentaje similar al reportado en el presente estudio, en donde utilizaron autoinjertos gingivales libres, logrando un recubrimiento radicular de 43 % (Jahnke, Sandifer, Gher, Gray, & Richardson, 1993). Mientras que estudios que utilizan la técnica estenopéica alcanzan un promedio de recubrimiento de encía de ( $M = 94.0 \%$ ,  $DE = 14.8 \%$ ) (Chao, 2012; Reddy, 2017). El encontrar valores menores a lo reportado en la literatura pudo derivar de la dificultad de cambiar el hábito de cepillado traumático que practicaban la mayoría de los participantes del estudio, debido a que se ha encontrado una relación significativa entre la RG y una mala técnica de cepillado o mala posición del cepillo dental, ocasionando una abrasión gingival (Mathur et al., 2009). Cabe resaltar también, que la mayoría de los participantes en el presente estudio presentaban defectos de RG múltiple adyacentes. La variable trauma oclusal no se midió en el estudio, pudiendo incidir en los resultados finales.

Este estudio demostró que no existe diferencia significativa en la ganancia de recubrimiento de encía entre los dos grupos después de 6 meses del procedimiento quirúrgico. Estos resultados son similares a los reportados en la literatura (Goyal, Tewari, Duhan, & Sehgal, 2011). Una posible explicación de que los resultados son similares al utilizar PRF y colágeno como material de relleno al utilizar la técnica estenopéica propuesta por Chao, es que ambos materiales son componentes naturales del cuerpo humano, por lo que no son objeto de rechazo, facilitando su aporte sustancial de componentes biológicos en la cicatrización de la encía, con la ventaja que el PRF es autólogo y de relativa fácil obtención (Chao, 2012; Choukroun & Ghanaati, 2018).

Los resultados del estudio muestran un ensanchamiento de la banda de encía adherida después de 6 meses de seguimiento. Hallazgo que es similar a lo reportado en estudios recientes de metaanálisis y revisiones sistemáticas que concluyen que los colgajos divididos dejando el periostio adherido a hueso y desplazando coronalmente el epitelio mucoso (o apicalmente) dan como resultado el ensanchamiento de la banda de encía queratinizada (Tavelli et al., 2018).

El análisis psicométrico de la aceptación o rechazo del participante en cuanto al procedimiento quirúrgico, resultados y beneficios del tratamiento basados en la sintomatología, percepción visual individual evidenció una buena aceptación. Resultados similares a lo mencionado en la literatura (Kuka et al., 2018).

Dentro de las limitaciones encontradas al realizar el presente estudio están: no contemplar la variable

traumatismo oclusal y la imposibilidad de controlar el hábito adquirido del cepillado traumático en los participantes del estudio, en donde de forma inconsciente retoman la práctica nociva al periodonto entre los períodos de cada evaluación del estudio.

Respecto a los logros y aportes alcanzados con el presente estudio está el comprobar que el PRF autólogo ofrece resultados similares al colágeno al ser utilizados como material de relleno en la técnica estenopéica propuesta por Chao (2012), con la ventaja que el PRF es más accesible para los pacientes debido a su menor costo, es de fácil obtención y totalmente compatible biológicamente con el paciente.

Algunos de los hallazgos sobresalientes encontrados durante los 6 meses de seguimiento de los participantes, está el ensanchamiento de la banda de encía adherida queratinizada en algunos casos con ambas técnicas, aunque no se generalizó en todos los pacientes, fue más común en caninos superiores (Figuras 2, 3 y 4). En pacientes que colaboraron íntegramente con las instrucciones proporcionadas se logró cobertura radicular total.

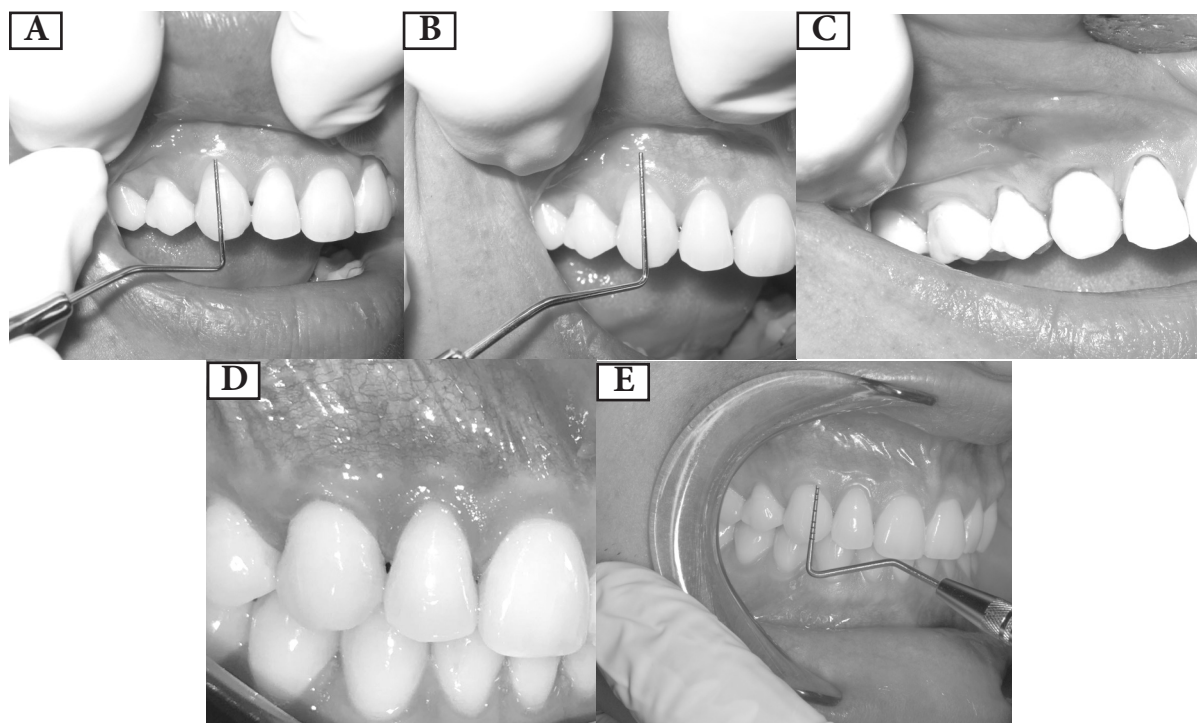
En todos los participantes existió una disminución de RG después del procedimiento quirúrgico, establecido mediante la medición basal y final del NIC, que demostró ganancia de inserción.

Con un adecuado control en la técnica de cepillado se puede lograr la cobertura completa de recesiones gingivales grado I de Miller. En caso contrario, existe alto índice de recidiva de la migración apical de los niveles de inserción clínica de hasta un 55 % aproximadamente.

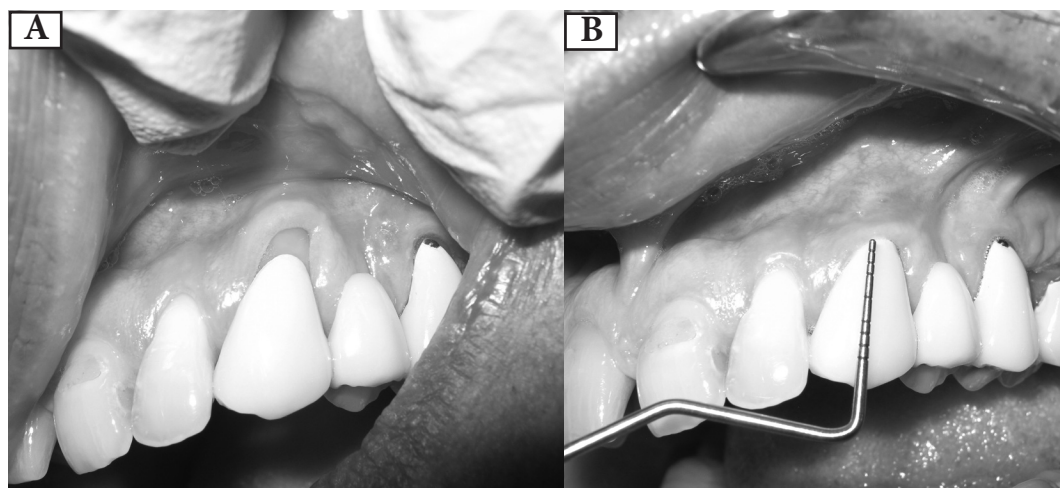
El desplazamiento del colgajo con la técnica de tunelización evidenció en varios casos ensanchamiento de la banda de la encía clínicamente visible, especialmente en caninos superiores.

Se puede concluir que el uso de PRF como material de relleno al realizar la técnica estenopéica genera resultados similares al ser comparado con la técnica convencional que utiliza colágeno. De tal forma que se acepta la hipótesis que se planteó al inicio del estudio. Este resultado es positivo para los pacientes debido a que el PRF es un material autólogo que garantiza la integración inmediata durante el proceso de cicatrización favoreciendo la reparación de los tejidos a un menor costo que el colágeno, aumentando las posibilidades que pueda implementarse en más personas.





*Figura 2.* (A) Condición inicial recesión gingival en canino superior; (B) Banda de encía inicial; (C) Avance coronal de encía con inclusión de fibrina por tunelización; (D) Cicatrización parcial al mes, troneras siguen abiertas; (E) Resultado final a los 6 meses (las papilas adyacentes llenaron las troneras).



*Figura 3.* (A) Recesión gingival en canino superior; (B) Resultado a los 6 meses.



Figura 4. (A) Recesión en canino y premolares con abrasión dental; (B) Banda de encía delgada; (C) Ensanchamiento de la banda de encía en canino.

### Agradecimientos

Se agradece al personal docente y administrativo de Periodoncia, Raúl Ralón, Jorge Ávila, personal del laboratorio de Microbiología, Marco V. García, Clara Gamboa, Doris Abrego, enfermera Patricia Salcedo, Hilda de Abril, Federico Nave y personal docente del Departamento de Educación Odontológica. Esta investigación fue cofinanciada por Digi-Usac-2018, Proyecto: 4.8.63.1.09.

### Referencias

- Bednarz, W., Kobierzycki, C., Dzięgiel, P., Botzenhart, U., Gedrange, T., & Ziętek, M. (2016). Augmentation of the hard palate thin masticatory mucosa in the potential connective tissue donor sites using two collagen materials-Clinical and histological comparison. *Annals of Anatomy*, 208, 78-84. doi:10.1016/j.aanat.2016.02.008
- Bouchard, P., Nilveus, R., & Etienne, D. (1997). Clinical evaluation of tetracycline HCl conditioning in the treatment of gingival recessions. A comparative study. *Journal of Periodontology*, 68(3), 262-269. doi:10.1902/jop.1997.68.3.262
- Caballero-García, C., Espínola-Verdún, P., Domínguez-González, D., Martínez-Benítez, G., Figueredo-Palacios, S., Fernández-Cáceres, A., & Flores-Alatorre, J. (2017). Salud bucodental y utilización de servicios odontológicos. *Memorias del Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud*, 15(3), 57-63.
- Chao, J. (2012). A Novel Approach to Root Coverage: The Pinhole Surgical Technique. *International Journal of Periodontics & Restorative Dentistry*, 32(5), 521-531.
- Cheng, Y., Chen, J., & Lu, H. (2007). Is coronally positioned flap procedure adjunct with enamel matrix derivative or root conditioning a relevant predictor for achieving root coverage? A systemic review. *Journal of Periodontal Research*, 42(5), 474-485. doi:10.1111/j.1600-0765.2007.00971.x
- Choukroun, J., & Ghanaati, S. (2018). Reduction of relative centrifugation force within injectable platelet-rich-fibrin (PRF) concentrates advances patients' own inflammatory cells, platelets and growth factors: The first introduction to the low speed centrifugation concept. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 44(1), 87-95. doi:10.1007/s00068-017-0767-9
- Cieślak-Wegemund, M., Candotto, V., Wierucka-Młynarczyk, B., Tanasiewicz, M., Gilowski, L., Duda, M., ... Ormianer, Z. (2018). Coverage of multiple recessions using the tunnel technique and a collagen matrix in the maxilla or mandible: A 6-month study. *Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents*, 32(2 Suppl. 1), 1-10.
- Gorman, W. (1967). Prevalence and etiology of gingival recession. *Journal of Periodontology*, 38(4), 316-322.
- Goyal, B., Tewari, S., Duhan, J., & Sehgal, P. (2011). Comparative evaluation of platelet-rich plasma and guided tissue regeneration membrane in

- the healing of apicomarginal defects: a clinical study. *Journal of Endodontics*, 37(6), 773-780. doi:10.1016/j.joen.2011.03.003
- Jahnke, P., Sandifer, J., Gher, M., Gray, J., & Richardson, A. (1993). Thick free gingival and connective tissue autografts for root coverage. *Journal of Periodontology*, 64(4), 315-322. doi:10.1902/jop.1993.64.4.315
- Jankovic, S., Aleksic, Z., Klokkevold, P., Lekovic, V., Dimitrijevic, B., Kenney, E., & Camargo, P. (2012). Use of platelet-rich fibrin membrane following treatment of gingival recession: a randomized clinical trial. *International Journal of Periodontics and Restorative Dentistry*, 32(2), e41-50.
- Kassab, M., & Cohen, R. (2003). The etiology and prevalence of gingival recession. *Journal of the American Dental Association*, 134(2), 220-225.
- Kuka, S., Ipci, S., Cakar, G., & Yilmaz, S. (2018). Clinical evaluation of coronally advanced flap with or without platelet-rich fibrin for the treatment of multiple gingival recessions. *Clinical Oral Investigations*, 22(3), 1551-1558. doi:10.1007/s00784-017-2225-9
- Mathur, A., Jain, M., Jain, K., Samar, M., Goutham, B., Swamy, P., & Kulkarni, S. (2009). Gingival recession in school kids aged 10-15 years in Udaipur, India. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 13(1), 16-20. doi:10.4103/0972-124X.51889
- Medrano, E. (2014). Asociación entre el motivo de consulta y el diagnóstico en pacientes de la climuzac. *Revista Iberoamericana de las Ciencias de la Salud*, 3(6), 1-12.
- O'Leary, T., Drake, R., Crump, P., & Allen, M. (1971). The incidence of recession in young males: A further study. *Journal of Periodontology*, 42(5), 264-267. doi:10.1902/jop.1971.42.5.264
- Öztuna, D., Elhan, A. H., & Tüccar, E. (2006). Investigation of four different normality tests in terms of type 1 error rate and power under different distributions. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 36(3), 171-176.
- Reddy, S. (2017). Pinhole Surgical Technique for treatment of marginal tissue recession: A case series. *Journal of Indian Society of Periodontology*, 21(6), 507-511. doi:10.4103/jisp.jisp\_138\_17
- Tavelli, L., Barootchi, S., Nguyen, T., Tattan, M., Ravidà, A., & Wang, H. (2018). Efficacy of tunnel technique in the treatment of localized and multiple gingival recessions: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Periodontology*, 89(9), 1075-1090. doi:10.1002/JPER.18-0066
- Wennström, J., & Zucchelli, G. (1996). Increased gingival dimensions. A significant factor for successful outcome of root coverage procedures? A 2-year prospective clinical study. *Journal of Clinical Periodontology*, 23(8), 770-777.
- Yan, J., Zhang, J., Zhang, Q., Zhang, X., & Ji, K. (2018). Effectiveness of laser adjunctive therapy for surgical treatment of gingival recession with flap graft techniques: a systematic review and meta-analysis. *Lasers in Medical Science*, 33(4), 899-908. doi:10.1007/s10103-018-2440-x
- Zucchelli, G., & Mounssif, I. (2015). Periodontal plastic surgery. *Periodontology 2000*, 68(1), 333-368. doi:10.1111/prd.12059

## Dengue outbreaks pattern in southern Guatemala

*Patrón de brotes de Dengue en la región sur de Guatemala*

Juan Adolfo Ponciano<sup>1\*</sup>, William Polanco<sup>2</sup>, Marlon Barrios<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Ciencias Físicas y Matemáticas (ICFM), Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas, <sup>2</sup>Unidad de Modelación Matemática e Investigación (UMMI), Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala,

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Rafael Landívar, Campus Central Z.16

\*Autor al que se dirige la correspondencia: japonciano@ecfm.usac.edu.gt

Recibido: 27/08/2018 / Fecha de 1era revisión: 28/02/2019 / Aceptado: 16/07/2019 / Disponible en línea: 02/10/2019

### Abstract

This study analyses time series of dengue occurrence in the southern region of Guatemala. Temporal patterns of epidemic outbreaks in the department of Escuintla were investigated using the official reports from 2001 to 2013. In order to identify underlying associations with climate behavior, the epidemiological data were compared with historical reports available for temperature, rainfall and humidity. Preliminary results reveal that waves of dengue outbreaks exhibit a periodic pattern modulated by climatic conditions. A hierarchical cluster analysis allowed to indirectly estimate the degree of association of each climatic variable with dengue occurrences, showing the dominance of rainfall in dengue outbreaks patterns in three different localities. A further prospective analysis was performed to check whether epidemic trends driven by rainfall are hold in the subsequent years. Results presented here give support to predictive models for dengue incidence driven by climate.

**Keywords:** Mathematical Epidemiology, compartmental models, infectious diseases

### Resumen

Este estudio analiza series de tiempo de incidencia de dengue en la región sur de Guatemala. Los patrones temporales de los brotes epidémicos observados en el departamento de Escuintla se investigaron utilizando los informes oficiales de 2001 a 2013. Con el fin de identificar posibles asociaciones subyacentes con el comportamiento climático, los datos epidemiológicos se compararon con los informes históricos disponibles para temperatura, lluvia y humedad. Los resultados preliminares revelan que las olas de brotes de dengue exhiben un patrón periódico modulado por las condiciones climáticas. Una análisis de conglomerados jerárquicos permitió estimar indirectamente el grado de asociación de cada variable climática con las incidencias del dengue, mostrando el papel dominante de la lluvia en los patrones de brotes de dengue en tres localidades diferentes. Se realizó un análisis prospectivo adicional para verificar si las tendencias epidémicas causadas por las precipitaciones se mantienen en los años subsiguientes. Los resultados presentados aquí dan soporte a los modelos predictivos epidemiológicos con forzamiento estacional.

**Palabras clave:** Epidemiología matemática, modelos compartimentales, enfermedades infecciosas



## Introduction

Dengue outbreaks have been documented in Guatemala since the late 1970s. The first known epidemic infection occurred during the rainy season in Escuintla, the coastal lowland of southern Guatemala (Villatoro, 2006). No major dengue events were registered the years after, until 1987, when a second major outbreak emerged in the same region, reaching this time a few other urban centers sharing similar climatic conditions. Since then, a global upward trend in the yearly dengue incidence has been observed, with particularly high outbreaks occurrences in 1991, 2000, 2009, 2010 and 2013 (CNE, 2001-2013; Villatoro, 2006).

Today the dengue virus has spread through the principal urban centers of the country and represents a main public health concern in Guatemala. In 2012 and 2013, the Guatemala Ministry of Public Health (MSPAS) has notified a total of 9,827 and 12,660 dengue cases, respectively, affecting 19 out of 22 departments, which are the principal administrative divisions of the country (CNE, 2001-2013). Risk factors such as rapid growth of population density, increased population mobility, poverty, weak planned urban growth and deficient basic services supply have presumably contributed to the progressive spread of dengue's epidemiological impact (Kuno, 1995).

Mosquito borne diseases are strongly modulated by climate conditions. Temperature, precipitation, humidity and wind regulate directly and indirectly vector life cycle, habitat availability, and the epidemiological mosquito-human cycle (Hoshen & Morse, 2004; Morin, Comrie, & Ernst, 2013). In the particular case of dengue, a vast literature is dedicated to identify the major associations between climatic factors and the ecology of *Aedes* genus mosquitoes, which are known to be the main transmitters of dengue virus (Brady et al., 2013; Ibarra et al., 2013). Empirical evidence enriched by statistical analyses support that precipitation and temperature work interdependently, influencing *Aedes* population dynamics and habitat availability (Barrera, Amador, & MacKay, 2011; Pliego, Velázquez-Castro, & Collar, 2017; Scott et al., 2000). Besides, humidity intervenes in the increase of feeding activity, survival and egg development of the *Aedes aegypti* (Nagao et al., 2003).

Studies of the vector ecology point out that there are lots of complexities behind climate influences (Morin et al., 2013). There must be other environmental, biological or ecological variables that may explain,

for instance, the fact that sometimes the incidence epidemic peak occurs before the rainfall peak. Precipitation is indeed necessary to maintain breeders. It provides the habitat for the aquatic stages of the mosquito life cycle. However, intense rainfall may wash out breeding sites causing a drop in vector populations.

Immature as well as adult stages of the *A. aegypti* are also known to be sensitive to temperature variability (Githeko, Lindsay, Confalonieri, & Patz, 2000). For instance, temperatures around 30-32 °C favor the reduction in the mosquito extrinsic incubation period, increasing in that way the vectorial capacity (White, Atmar, & Greenberg, 2000). However, temperatures above around 34 °C may negatively affect the survival of mosquitoes.

In general, models of dengue transmission based on mosquito biology do, indeed, find support for a strong association between transmission and weather. Although, the need for more statistical analyses to find consistency on the role of individual climate variables is also evidenced (Johansson, Dominici, & Glass, 2009).

Climate-based models aimed at understanding dengue epidemics have been applied in a wide number of areas around the world, i.e., New Caledonia (Descoux et al., 2012), Puerto Rico (Johansson et al., 2009), Singapore (Hii et al., 2009). A good number of these studies agree on the importance of describing the transmission on a local scale due to the spatial heterogeneity in transmission of vector-borne pathogens. However, there is still much work to do in order to identify underlying patterns that are susceptible of generalization.

So far, the historical data about dengue incidence collected by MSPAS in Guatemala has not been thoroughly analyzed in relation to climatic data. A close examination to the available data, focusing on climate variability, might help to identify spatio-temporal patterns of dengue outbreaks as pointed out elsewhere (Arcari, Tapper, & Pfueller, 2007; Jeefoo, Tripathi, & Souris, 2010; Pessanha, Caiaffa, Almeida, Brandao, & Proietti, 2012).

In the foreground, special attention must be paid to the department of Escuintla. Dengue figures for this geographic area demonstrates dengue endemicity, thus demanding proper implementation of control interventions. In order to contribute in providing a solid ground for the implementation of control interventions, the present study is aimed at describing the emergence of dengue outbreaks in Escuintla, and

its association with temperature, precipitation, and humidity. Here we propose to explore plausible universal relations between incidence and climatic data patterns by performing a cluster statistical analysis (Henning, Meila, Murtagh, & Rocci, 2015). The dynamics of the dengue infection will be also probed by implementing mathematical models that govern the temporal evolution of the disease. We shall recall the idea developed by K. Dietz (Dietz, 1976), who proposed the use of seasonal forcing on standard mathematical models, thus taking into account the temporal behavior of infections influenced by climatic conditions. Our claim is that a proper treatment of climate information can be useful to foresee the strength of dengue epidemics.

The paper is organized as follows. In the section Material and methods we present the epidemic and climatic time series obtained from the national reporting systems. This section also describes the database working steps needed to perform the statistical analysis. We then describe the hierarchical clustering method that is applied to unravel underlying associations in epidemic and climatic phenomena. Finally, taking into account the clustering results, we discuss the pattern of Dengue outbreaks from a dynamical point of view by using compartmental epidemic models and taking into account the basic ingredients to trigger a seasonal behavior. Final remarks and conclusions to this study are drawn from this discussion.

## Material and methods

### Epidemiological data

The MSPAS information office organizes and updates the registered epidemic data weekly. Time series data of dengue incidence from years 2001 to present are available in digital formats and ordered according to the locality of occurrence. During this period, approximately 114,000 cases were officially reported.

Clinically, the observed cases refer to dengue and dengue hemorrhagic fever, both pathogenically and epidemiologically distinct. The classic fever syndrome largely dominates the dengue epidemic landscape, however, in 2009 a burst of hemorrhagic dengue fever affected severely Guatemala's eastern region.

According to the available data, the strength of dengue epidemic has been particularly high in the southern region of the country, near the Pacific coast. The accumulated number of cases in that region accounts for around 35% of the total cases reported in the

Table 1

*Percentage of registered dengue cases per department during 2001-2013*

| Department     | %    |
|----------------|------|
| Escuintla      | 11.9 |
| Jutiapa        | 6.0  |
| Quetzaltenango | 5.8  |
| Santa Rosa     | 4.2  |
| Retalhuleu     | 2.4  |
| Suchitepéquez  | 2.3  |
| San Marcos     | 2.2  |
| Total          | 34.8 |

whole country during 2001-2013 (CNE, 2001-2013). Table 1 shows the corresponding percentages for departments having urban centers in the southern region.

Among all the departments in southern Guatemala, Escuintla presents the highest dengue morbidity. Yet, in 2010 around 2,290 people were infected by the dengue virus in Escuintla, reaching at that time the highest morbidity level of the whole country. Between 2001 and 2013, approximately 11,790 cases were notified in that region.

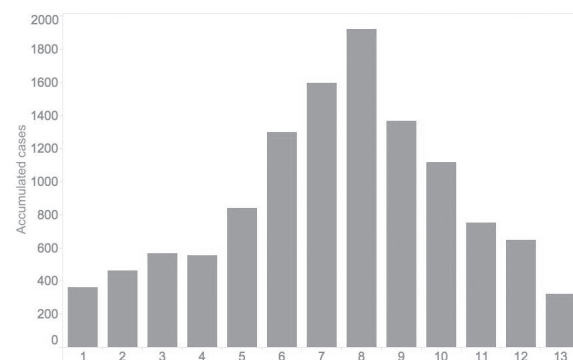


Figure 1. Accumulated cases in Escuintla 2001-2013

Dengue incidence cases show similar behavior every year. Even though the events are distributed throughout the whole year, the highest incidence rates typically occur in the rainy season, during the months of June to September. The yearly dengue temporal distribution can be roughly grasped from Figure 1 which organizes the accumulated incidence cases by time intervals of four weeks.

With an estimated population of 746,309 inhabitants (INE, 2014), Escuintla covers an area of 4,384 km<sup>2</sup> subdivided in 13 municipalities and geographically located between 91°32'O to 90°29'24'O and 13°54'48"N to 14°27'60"N.

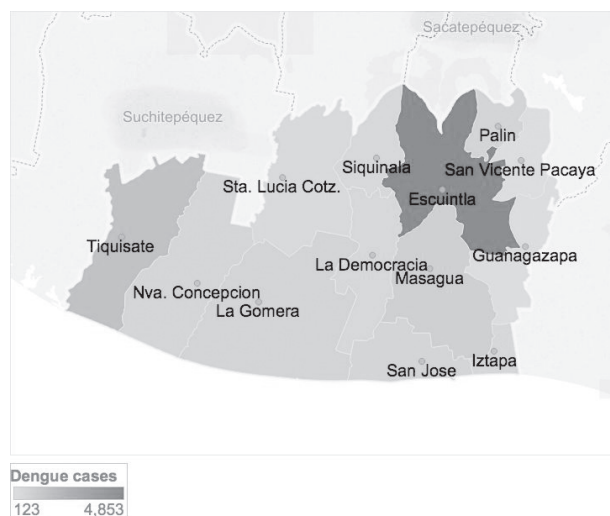


Figure 2. Spatial distribution of accumulated cases in Escuintla 2001-2013

The capital of Escuintla is Escuintla city, distant 58 km from Guatemala city and 48 km from the Pacific coast. It is the densest locality of the department and a major crossroad of trade routes with continuous flow of human population. Therefore it also serves as an important node whereby infectious disease can spread geographically. Figure 2 displays a heat map of the spatial distribution of the accumulated number of dengue cases in Escuintla from 2001 to 2013.

The department of Escuintla has a tropical wet climate with temperatures running from around 21 to 32 °C and seasonal variations dominated by precipitation. As for many countries in similar latitudes, three seasons can be distinguished: a cold season from November to February, a warm season from February to May and a rainy season the rest of the year.

Humidity levels are high the whole year, ranging from about 70% in the cold season to almost 90% in the rainy season. While most of the year, temperatures and humidity don't show extreme variability, the region does have noticeable seasonal variations in rainfall. The annual rainfall in the region varies from 3,000 mm to more than 4,000 mm.

The rainfall in 2010, when a major dengue outbreak occurred in the municipality of Escuintla, was above the average. In that year, the nearest weather station registered a precipitation of 5,000 mm, with an average rainfall in the rainy season of approximately 776 mm.

For this study, monthly climatic data were ob-

tained from the Guatemala's Institute of Meteorology (Insivumeh) (Insivumeh, 2007-2013). The Insivumeh has currently two active weather stations in Escuintla department, located in the north and the coastal border. However climatic information for former years exists also for other localities (Insivumeh, 2007-2013).

## Temporal trends

Crude data for the analysis was obtained from the national reporting systems of epidemic events and climatic conditions.

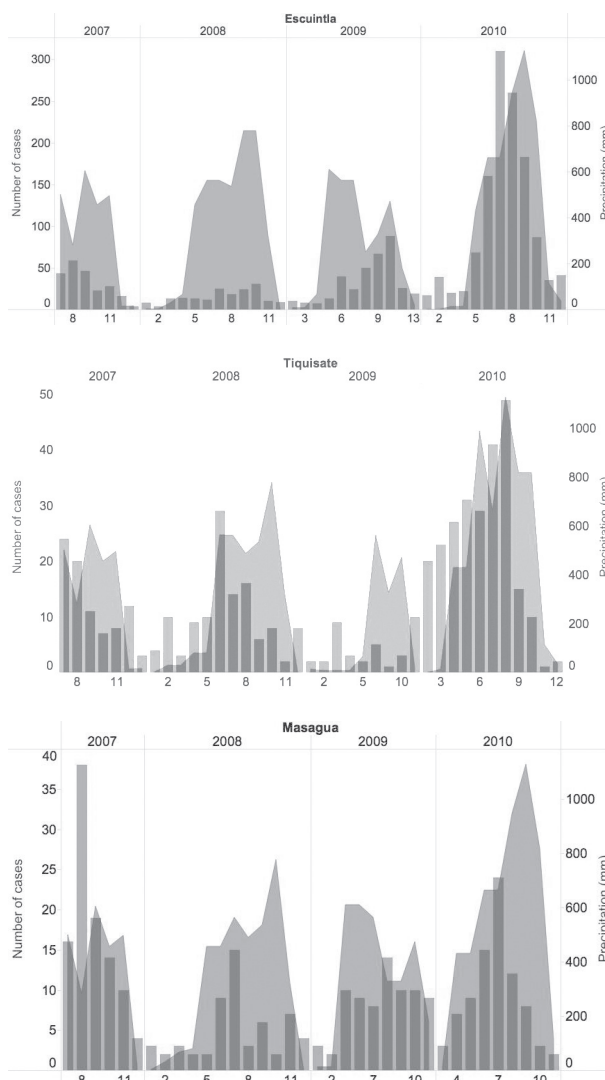


Figure 3. Dengue cases in Escuintla

Temperature, humidity and precipitation data were automatically collected from Insivumeh web site

by crafting a script to select the data of interest, download and transfer it into an Excel workbook. Prior to the statistical analysis, a compilation step was needed to integrate epidemic, climatic and geographic data. A complete database with 29,004 registers of the compiled information for the whole country was organized and managed in R. This database working step helped us to identify unregistration levels of the official statistics. It was found that the amount of available information varies considerably from one sanitary district to another and that the municipalities that present the highest amount of information are Escuintla, Tiquisate and Masagua. Therefore, in order to minimize the possibilities of having spurious results, we have selected those municipalities for performing the temporal epidemic patterns analysis. For the sake of completeness we report here our estimated degrees of lack of dengue information for Escuintla, Tiquisate, Masagua, the corresponding percentages being, respectively, 4, 12 and 25%.

A first look to the epidemic and climatic patterns in Figure 3 suggests that higher precipitation is associated with increased dengue incidences. At least qualitatively, the incidence of dengue cases follows the almost periodic rainfall behavior. The oscillating pattern in disease incidence is indeed commonly observed for endemic infections. Moreover, the infection oscillations are predicted by stability analysis of endemic equilibrium in proper mathematical models with seasonal driven dynamics (Anderson & May, 1992; Ponciano & Capistrán, 2011).

In the southern region of Guatemala, temperature and humidity are fairly flat during the whole year, with optimal values for egg and immature mosquito development (Morin et al., 2013). So, it is expected that the main variability in dengue incidences comes from precipitation.

In the foregoing we explore the associations between the temperature, humidity, precipitation and dengue incidence. The analysis will be twofold. In a first step, we will consider just local correlations between dengue incidence and climatic factors. Then, we will look for similarity between groups pertaining to different locations. In the next section we recur to clustering techniques to find group structures in the compiled dengue-climate database.

## Clustering

Hierarchical clustering analysis plays an important role in identifying similarities and patterns in com-

plex systems. The technique involves the classification of measured variables into homogenous subsets in order to unravel underlying associations in phenomena. Among many others areas, it has been applied for exploratory analysis in the context of climatic data, where it has proved to be useful in guiding the identification of climatic patterns over the year and their changes over time (Ramos, 2001).

Cluster classification is based on quantifying degrees of isolation or cohesion of sets of elements belonging to a feature space. This requires calculating the similarity, or equivalently, the distance between two elements by defining a metric on the space. Each step of the classification procedure consists on merging elements and clusters of elements by following the criterion of similarity. The final clustering output is commonly displayed in binary trees known as dendrograms. The pairwise similarity of observations is measured by the commonly called dissimilarity function. The criterion of similarity is then extended to pairs of clusters by a linkage function.

The Ward's method is a widely used technique in hierarchical clustering for defining the linkage function. It often shows good performance when compared to other methods (Gong & Richman, 1995). Considering a feature space of  $N$  elements  $\vec{x}_i$ , the distance  $W(A, B)$  between two cluster,  $A$  and  $B$ , corresponds in Ward's method to the increase of the within group sum of squares (WGSS) when they merge. Such measure is derived from the euclidean distance between the centroids of the two clusters as follows,

$$W(A, B) = \sum_{i \in A \cup B} \|\vec{x}_i - \vec{m}_{A \cup B}\|^2 - \sum_{i \in A} \|\vec{x}_i - \vec{m}_A\|^2 - \sum_{i \in B} \|\vec{x}_i - \vec{m}_B\|^2 \quad (1)$$

$$= \frac{n_A n_B}{n_A + n_B} \|\vec{m}_A - \vec{m}_B\|^2 \quad (2)$$

where  $m_k$  denotes the centroid of cluster  $k$  and  $n_k$  the numbers of elements in it.

In our particular case, when restricting the analysis to a specific locality, the measured variables of dengue incidence and climatic conditions can be grouped into 4-dimensional vectors  $\vec{x}_k$  whose components correspond to the measured attributes, namely, the number of cases, the temperature, the humidity and the precipitation. A set of  $N$  observations in time is represented by a  $N \times 4$  matrix,  $\mathbf{X}$ , which serves as input for the clustering analysis. In the next section we present the clustering results for the three localities taken into account in this work.



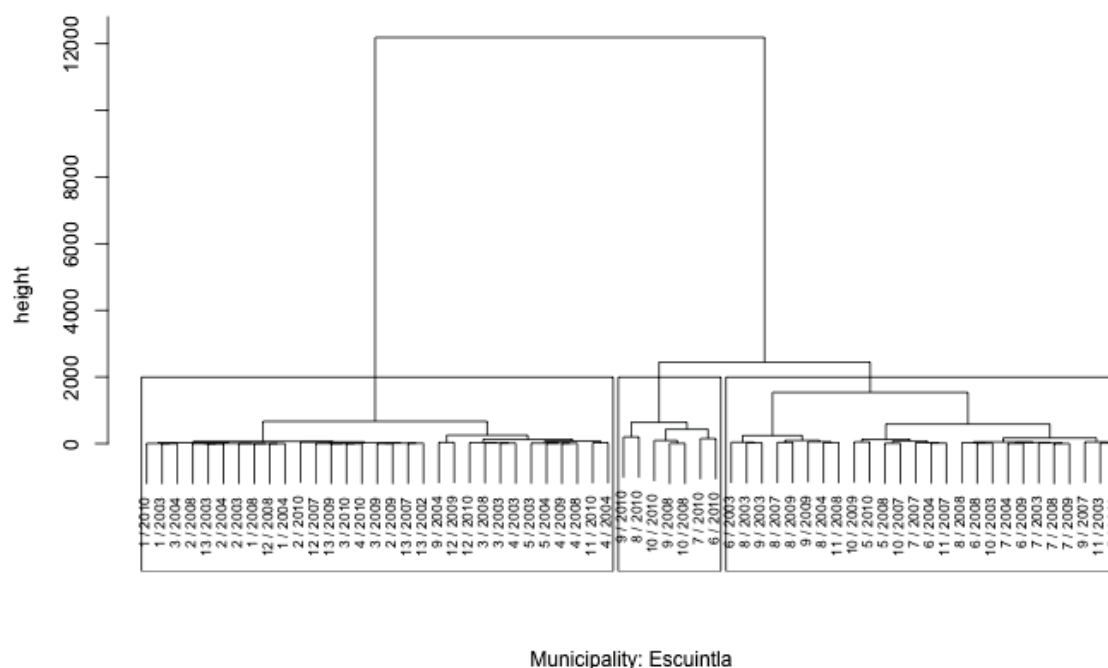


Figure 4. Cluster dendrogram: Classification of Escuintla climatic and dengue incidence data

## Results

### Cluster analysis for the municipality of Escuintla

The classification of climatic and dengue incidence data resulting from the application of Ward's Method to the database created for the municipality of Escuintla is displayed in Figure 4. An analogous analysis for Tiquisate and Masagua locations yields the dendrograms of Figure 5.

Results presented here follow from performing a cluster analysis endowed with the Ward metric and using the definition of Euclidean distance. The incidence data is analyzed together with the historical records of relevant climatic variables of precipitation, humidity and temperature. In Figures 4 and 5, the highlighted rectangles indicate clusters which are highly supported by data. In all cases, three major groups are identified, which roughly can be associated to the cases occurred during the warm, rainy and cold seasons.

A thorough analysis of the incidence data for the city of Escuintla yields the dendrogram of Figure 6. In this particular case, the input data consists of a health

information matrix composed by 104 four-week periods with dengue presence during the years 2003-2010. Results of the cluster analysis may be summarized as follows:

- There is a clear separation between two groups, the four-week periods C5 to C10 (from May to October) - red alert, and the group of C1 to C4 plus C11 to C13 (from November to April) - yellow alert group-.
- The red alert group gathers 62% of all reported cases, being the one with the higher prevalence of dengue in the few four-week periods C5 to C10, from 2003-2010.
- The yellow alert group gathers the remaining 38% of all reported cases. This group contains the largest number of four-week periods and less incidence of Dengue.
- There are two well defined seasonal strengths of dengue infection. The red alert group has on average 43 records per four-week period, while the yellow alert group has on average 20 records in

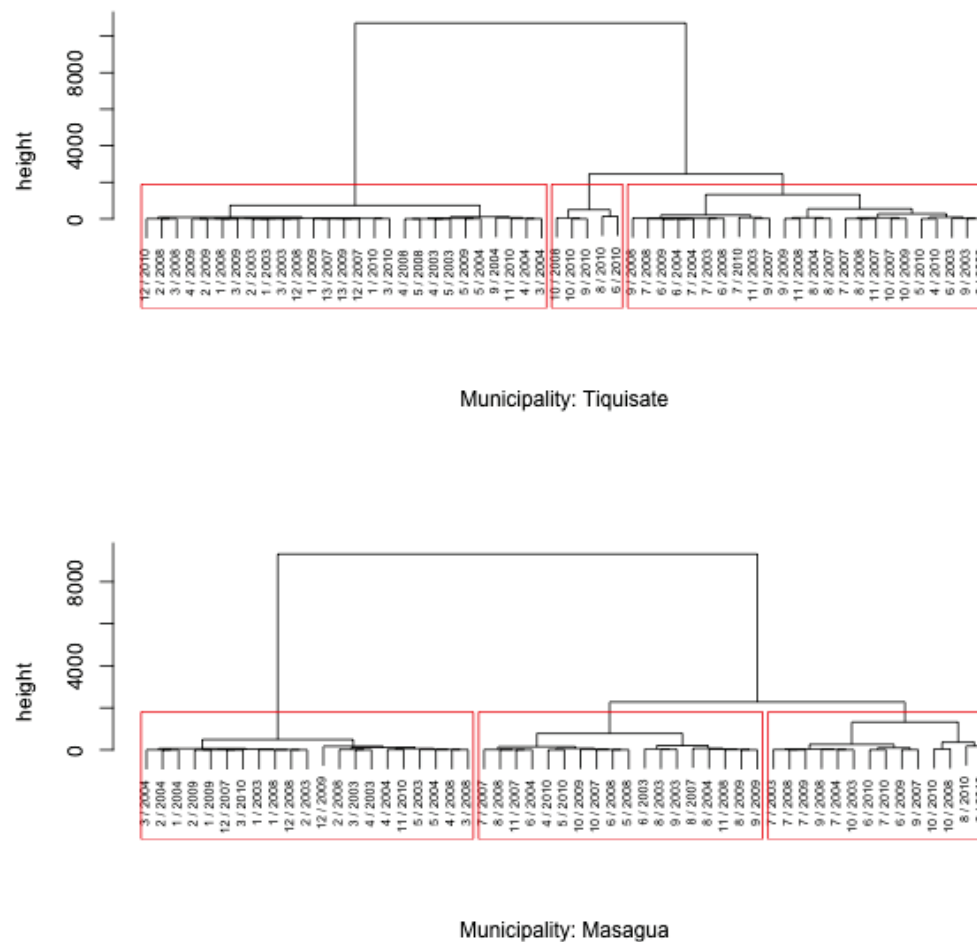


Figure 5. Cluster dendrogram: Classification of Tiquisate and Masagua Climatic and dengue incidence data

the same period. Thus the dengue infection has the double strength in the red alert group (May to October) compared to the yellow alert group (November to April).

- In order to evaluate the reliability of the clustering process, the multiscale re-sampling method (bootstrap) has been used. This method makes the comparison of theoretical-p impartial values against the normal probabilistic-p values, aimed at evaluating the uncertainty in the cluster analysis. The corresponding values for p are given in percentages. The dendrogram generated for the city of Escuintla shows the p-values at each

joint of clusters (Figure 6). Clusters having theoretical-p impartial values higher than 95%, and therefore strongly supported by the matrix data, are highlighted by rectangles in the dendrogram. For those clusters, the hypothesis that the clustering result is spurious is rejected with significance level equal to 0.05%. Probabilistic-p normal values are displayed for the suggested clusters with 69% confidence.

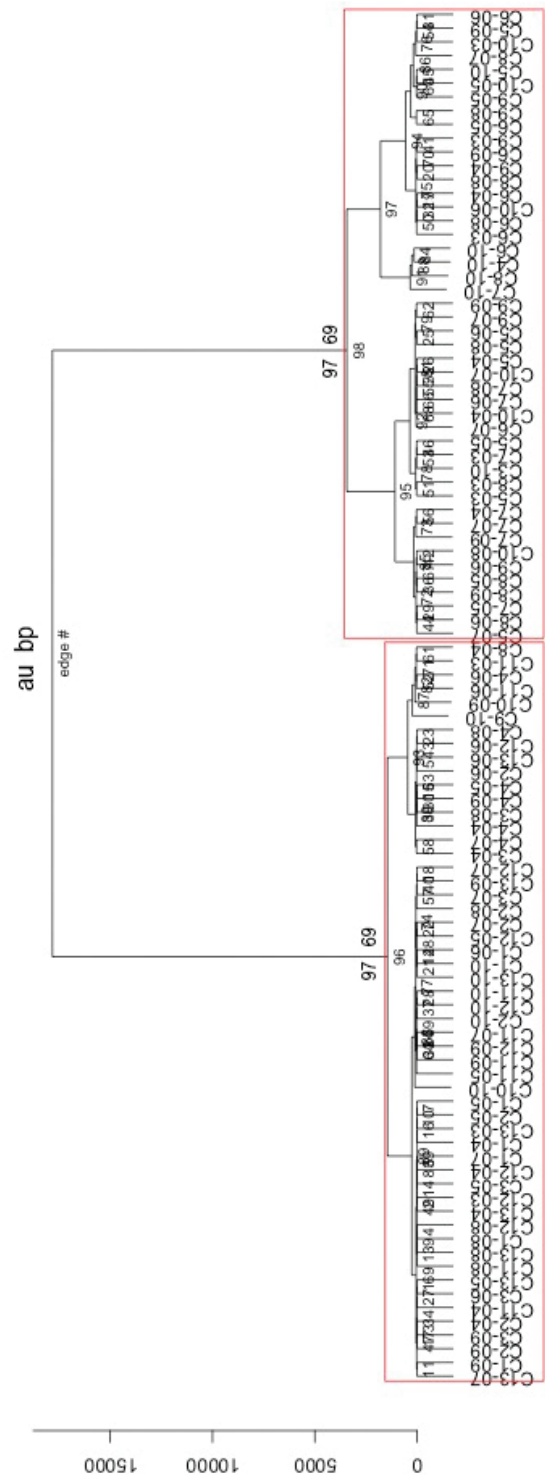


Figure 6. Cluster dendrogram for Escuintla. Clusters having theoretical-p impartial values higher than 95% are highlighted by rectangles.

## Discussion

### Modeling the dengue epidemics with seasonal forcing

The clustering analysis confirms the strong association between dengue infections and seasonality. It proved to be useful to determine an average pattern for the dengue infection during the year.

In order to gain a better insight into the transmission mechanism of the infection and to provide an analytic assessment to the seasonal effects on dengue epidemics, we may recur to mathematical modeling for the dynamics of the infection. The standard approach consists of implementing compartmental epidemic models (Capasso, 1993), where the transmission of dengue infection among humans and mosquitoes is incorporated by means of interaction terms between infectives and susceptibles in the human and vector population (Brauer, 2008; Keeling & Rohani, 2011). The basic model for vector-borne disease transmission is represented by a system of nonlinear ordinary differential equations that govern the temporal evolution of the disease, taking into account both human and vector population dynamics. Here, we shall incorporate the claim of seasonality by proposing a periodic function for  $\beta$ , which is the average number of incidences sufficient for transmission per infected individual. This idea was first developed by K. Dietz in 1976 (Dietz, 1976), when he proposed a sinusoidal forcing to model the temporal behavior of infections influenced by climatic conditions.

Letting  $S_h(t)$ ,  $I_h(t)$  and  $R_h(t)$  denote the number of susceptibles, infectives and recovered in the human population, and  $S_m(t)$  and  $I_m(t)$  the number of susceptibles and infectives in the mosquito population, the model can be written in the following form

$$\begin{aligned}\frac{dS_h}{dt} &= \alpha N_h - \beta S_h I_m - \mu S_h, \\ \frac{dI_h}{dt} &= \beta S_h I_m - (\gamma + \mu) I_h, \\ \frac{dR_h}{dt} &= \gamma I_h - \mu R_h, \\ \frac{dS_m}{dt} &= \Lambda_m - \beta I_h S_m - \mu_m S_m, \\ \frac{dI_m}{dt} &= \beta I_h S_m - \mu_m I_m,\end{aligned}\quad (3)$$

where the parameters  $\alpha$ ,  $\gamma$  refer, respectively, to the per capita natality rate of humans and the recovery rate for humans. Besides,  $\mu$  and  $\mu_m$  stand for the mortality rate

of humans and the mortality rate of mosquitoes. In the system of ordinary differential equations (3), the term  $\beta S_h I_m$  represents the expected number of infections in humans when there are  $S_h$  susceptible individuals.

The total human population in the model is designated by  $N_h(t) = S_h(t) + I_h(t) + R_h(t)$ , whereas the total population of mosquitoes is given by  $N_m = S_m + I_m$  and is governed by the following differential equation:

$$\frac{dN_m}{dt} = \Lambda_m - \mu_m N_m. \quad (4)$$

For the foregoing discussion, we shall assume that the human population has constant size with equal birth and death rate.

The system (3) has been previously used as a starting point to model the infection of *Aedes* species mosquito related diseases. For instance, models for the dengue and Zika virus are addressed thoroughly by Esteva and Vargas (Esteva & Vargas, 1998) and, Bonyah and Okosun (Bonyah & Okosun, 2016), respectively. The authors in (Bonyah & Okosun, 2016; Esteva & Vargas, 1998) have done a complete global analysis of models related to the system (3), showing that it is well suited for doing an epidemiological analysis. The figure 7 depicts the basic transmission dynamics of dengue between the host and the vector described by system (3).

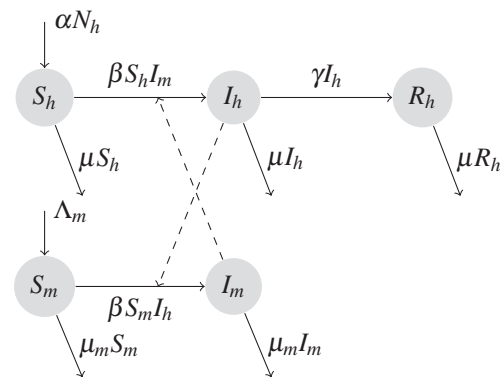


Figure 7. The model for dengue transmission

We now introduce the effects of seasonal transmission in a mechanistic fashion, by constraining the incidence rate  $\beta$  to be a periodic function of time of the type

$$\beta(t) = \beta_0 \left[ 1 + \beta_1 \cos \left( \frac{2\pi t}{T} \right) \right], \quad (5)$$

where  $\beta_1$  parametrizes the strength of the seasonality and  $T$  is the period of seasonality, given in units of



four-week periods. This choice seems to be a valid add-on to the dynamical model if we rely on a simple inspection of the yearly dengue and rainfall trends displayed in Figure 3. Moreover, the choice (5) for the rate  $\beta$  is supported by the strong association estimated by the cluster analysis. The value of the period  $T$  can be fine tuned from the observed pattern discussed in the previous section. Our first guess is that  $\beta$  has a one year period variation, so that  $T = 13$  in four-week periods units.

Sinusoidal forcing implemented by Eq.5 is commonly used to represent a generic and somehow heuristic description of the seasonal variation, without giving much insight into the underlying processes of the seasonal drivers of transmission. However, it is shown elsewhere that this sinusoidal function is likely to represent a linear transformation of a weather covariate (Ponciano & Capistrán, 2011).

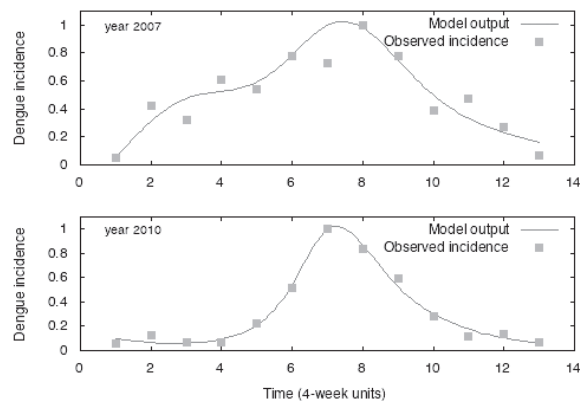


Figure 8. Model outputs using the estimated ML parameters for years 2007 and 2010

In order to evaluate the ability of the system (3), endowed with (5) for modelling the dengue incidence in the municipality of Escuintla, we checked its adequacy against the reported data.

Among all the parameters of the model, we considered  $\beta_0$ ,  $\beta_1$ ,  $\gamma$ ,  $S_h(0)$ ,  $I_h(0)$ ,  $R_h(0)$ ,  $S_M(0)$  and  $I_m(0)$  as free parameters. The parameter estimation was performed by means of the maximum likelihood, using the available time series of local Dengue infections.

The likelihood function,  $L(\alpha)$ , where  $\alpha$  is the vector of free parameters, was defined assuming the reported number of cases as independent realizations of a Poisson distribution. In such a case, as pointed out previously (Ponciano & Capistrán, 2011; Sprott, 2008), the likelihood function is defined by the product of the individual probability distribution functions

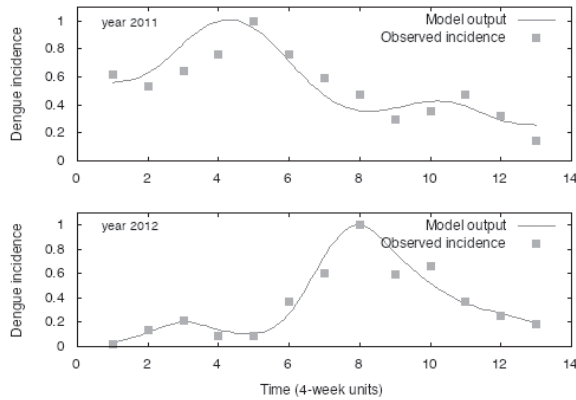


Figure 9. Model outputs using the estimated ML parameters for years 2011 and 2012

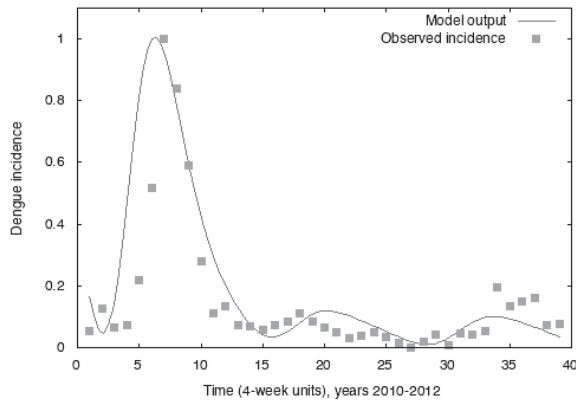


Figure 10. Model output using the estimated ML parameters corresponding to the time period 2010-2012.

of the observations, that is to say

$$L(\alpha) = \prod_{i=0}^n \frac{e^{-I_{hi}(\alpha)} (I_{hi}(\alpha))^{y_i}}{y_i!}, \quad (6)$$

where  $I_{hi}(\alpha)$  is the predicted number of infections in the  $i$ -th four-week,  $y_i$  stands for the reported number of infected individuals in the  $i$ -th four-week, and  $\alpha = (\beta_0, \beta_1, \gamma, S_h(0), I_h(0), R_h(0), S_M(0), I_m(0))$ . It can be readily seen that maximizing the likelihood function is equivalent to minimizing the negative log-likelihood. Therefore, in order to find the maximum likelihood estimates, we have applied the well known Powell conjugate direction method (Powell, 1964) in a python code for solving the system (3). The model outputs for different periods calculated with the estimated parameters are displayed in Figures 8 and 9. Those results were obtained by normalizing the vector of number of

cases to the maximum reported number during a given time period. The figures show precisely the normalized number of infected humans versus time. As it can be appreciated, the incorporation of seasonality in the force of infection provides fairly acceptable estimates for the incidence trends.

The above results suggest the hypothesis that the rainfall behavior can be used alone as a weather covariate for predicting the evolution of dengue disease in regions where the temperature and the humidity are both favorable for vector proliferation. Assuming the validity of such a claim, the family of compartmental models, related to system (3), could provide a predictive scenario for the force of dengue infection disease. Presumed scenarios should arise by taking into account the history of the infection together with the actual rainfall pattern when fixing the initial conditions in (3). Figure 10 shows the model predictions for dengue incidence corresponding to years 2010-2012 compared to the actual reported incidence for that period of time. The initial conditions obtained by the maximum likelihood method reproduce the first incidence peak, while the estimated parameters for the force of infection ensures the steady oscillatory pattern which predicts seasonality.

### Final remarks

The statistical analysis and mathematical modelling of epidemiological phenomena is an active area which helps understanding the dynamics and hidden mechanisms of infection diseases. Despite the existence of an extense literature about seasonal infectious disease epidemiology, there is still much to be investigated to better grasp the sensitivity of infectious diseases to environmental, biological or social parameters. In this work, we presented a statistical and mathematical analysis to understand the mechanisms for seasonal dengue infection dynamics in areas of dengue endemicity. Reported historical data show that peaks in dengue incidence occur roughly during the same time of the year as precipitation peaks. An estimation of how annual variation in climate modulates the disease incidence peaks is thus meaningful.

In a first step, we classified the incidence of dengue for a given region and time period in association with the variables of precipitation, temperature and humidity by using a hierarchical clustering analysis. Precipitation was found to have the major association to the observed incidence pattern for the region under investigation. On these grounds, this variable

was proposed as an adequate parameter for shaping seasonal dengue epidemic dynamics on the framework of compartmental epidemic models.

This study may be considered as a starting point for classifying the risk of dengue outbreaks by monitoring the weather behavior. As such, it could be implemented programatically for planning health resources on the basis of quantitative studies about the risk of infection diseases caused by *Aedes* genus mosquitoes. Certainly, a spatial analysis of dengue fever outcomes will improve the proposal of a surveillance strategy based on temporal trends (Tran et al., 2004). An effort in georeferencing dengue cases should be done in order to address the space-time patterning problem.

### References

- Anderson, R. M. & May, R. M. (1992). *Infectious diseases of humans: Dynamics and control*. New Jersey: Oxford University Press.
- Arcari, P., Tapper, N., & Pfueller, S. (2007). Regional variability in relationships between climate, and dengue/dhf in indonesia. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 28(3), 251–272. doi:10.1111/j.1467-9493.2007.00300.x
- Barrera, R., Amador, M., & MacKay, A. J. (2011). Population dynamics of *Aedes aegypti* and dengue as influenced by weather and human behavior in san juan, puerto rico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 5(12), e1378. doi:10.1371/journal.pntd.0001378
- Bonyah, E. & Okosun, K. (2016). Mathematical modeling of zika virus. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6(9), 673–679. doi:10.1016/S2222-1808(16)61108-8
- Brady, O. J., Johansson, M. A., Guerra, C. A., Bhatt, S., Golding, N., Pigott, D. M., . . . Hay, S. I. (2013). Modelling adult *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* survival at different temperatures in laboratory and field settings. *Parasites & Vectors*, 6(1), 351. doi:10.1186/1756-3305-6-351
- Brauer, F. (2008). Compartmental models in epidemiology. In *Mathematical epidemiology*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Capasso, V. (1993). *Mathematical structures of epidemic systems*. Berlin: Springer
- CNE. (2001-2013). Memoria de estadísticas vitales y vigilancia epidemiológica. Centro Nacional

- de Epidemiología. Recuperado de <http://epidemiologia.mspas.gob.gt>.
- Descloux, E., Mangeas, M., Menkes, C. E., Lengaigne, M., Leroy, A., Tehei, T., . . . De Lamballerie, X. (2012). Climate-based models for understanding and forecasting dengue epidemics. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 6(2), e1470. doi:10.371/journal.pntd.0001470
- Dietz, K. (1976). The incidence of infectious diseases under the influence of seasonal fluctuations. In *Mathematical models in medicine* (pp. 1–15). Berlin: Springer.
- Esteve, L. & Vargas, C. (1998). Analysis of a dengue disease transmission model. *Mathematical Biosciences*, 150(2), 131–151. doi:10.1016/S00255564(98)10003-2
- Githeko, A. K., Lindsay, S. W., Confalonieri, U. E., & Patz, J. A. (2000). Climate change and vector-borne diseases: A regional analysis. *Bulletin of the World Health Organization*, 78, 1136–1147.
- Gong, X. & Richman, M. B. (1995). On the application of cluster analysis to growing season precipitation data in north america east of the rockies. *Journal of Climate*, 8(4), 897–931. doi:10.1175/1520-0442(1995)008<0897:OTAOCA>2.0.CO;2
- Hennig, C., Meila, M., Murtagh, F., & Rocci, R. (2015). *Handbook of cluster analysis*. Boca Raton: CRC Press.
- Hii, Y. L., Rocklöv, J., Ng, N., Tang, C. S., Pang, F. Y., & Sauerborn, R. (2009). Climate variability and increase in intensity and magnitude of dengue incidence in singapore. *Global Health Action*, 2(1), 2036. doi:10.3402/gha.v2i0.2036
- Hoshen, M. & Morse, A. (2004). A weather-driven model of malaria 657 transmission. *Malaria Journal*, 3, 1–14. doi:10.1186/1475-2875-3-32
- Ibarra, A. M. S., Ryan, S. J., Beltrán, E., Mejía, R., Silva, M., & Muñoz, Á. (2013). Dengue vector dynamics (*Aedes aegypti*) influenced by climate and social factors in ecuador: Implications for targeted control. *PloS ONE*, 8(11), e78263. doi:10.1371/journal.pone.0078263
- INE. (2014). Proyecciones de población por departamento. Instituto Nacional de Estadística. Recuperado de <http://www.ine.gob.gt>.
- Insivumeh. (2007-2013). Estadísticas climáticas. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. Recuperado de <http://www.insivumeh.gob.gt>.
- Jeefoo, P., Tripathi, N. K., & Souris, M. (2010). Spatio-temporal diffusion pattern and hotspot detection of dengue in chachoengsao province, thailand. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(1), 51–74. doi:10.3390/ijerph8010051
- Johansson, M. A., Dominici, F., & Glass, G. E. (2009). Local and global effects of climate on dengue transmission in puerto rico. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 3(2), e382. doi:10.1371/journal.pntd.00003282
- Keeling, M. J. & Rohani, P. (2011). Modeling infectious diseases in humans and animals. New Jersey: Princeton University Press.
- Kuno, G. (1995). Review of the factors modulating dengue transmission. *Epidemiologic Reviews*, 17(2), 321–335. doi:10.1093
- Morin, C. W., Comrie, A. C., & Ernst, K. (2013). Climate and dengue transmission: Evidence and implications. *Environmental Health Perspectives*, 121(11-12), 1264. doi:10.1289/ehp.1306556
- Nagao, Y., Thavara, U., Chitnumsup, P., Tawatsin, A., Chansang, C., & Campbell-Lendrum, D. (2003). Climatic and social risk factors for aedes infestation in rural thailand. *Tropical Medicine & International Health*, 8(7), 650–659. doi:10.1046/j.1365-3156.2003.01075.x
- Pessanha, J. E. M. P., Caiaffa, W. T., Almeida, M. C. d. M., Brandao, S. T., & Proietti, F. A. (2012). Diffusion pattern and hotspot detection of dengue in belo horizonte, minas gerais, brazil. *Journal of Tropical Medicine*, 2012. doi:10.1155/2012/760951
- Pliego, E. P., Velázquez-Castro, J., & Collar, A. F. (2017). Seasonality on the life cycle of *Aedes aegypti* mosquito and its statistical relation with dengue outbreaks. *Applied Mathematical Modelling*, 50, 484–496. doi:10.1016/j.apm.2017.06.003
- Ponciano, J. M. & Capistrán, M. A. (2011). First principles modeling of nonlinear incidence rates in seasonal epidemics. *PLoS Computational Biology*, 7(2), e1001079. doi:10.1371/journal.pcbi.1001079

- Powell, M. J. (1964). An efficient method for finding the minimum of a function of several variables without calculating derivatives. *The Computer Journal*, 7(2), 155–162.
- Ramos, M. (2001). Divisive and hierarchical clustering techniques to analyse variability of rainfall distribution patterns in a mediterranean region. *Atmospheric Research*, 57(2), 123–138. doi:10.1016/S0169-8095(01)00065-5
- Scott, T. W., Morrison, A. C., Lorenz, L. H., Clark, G. G., Strickman, D., Kittayapong, P., . . . Edman, J. D. (2000). Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (diptera: Culicidae) in thailand and puerto rico: Population dynamics. *Journal of Medical Entomology*, 37(1), 77–88. doi:10.1603/0022-2585-37.1.77
- Sprott, D. A. (2008). Statistical inference in science. New York: Springer.
- Tran, A., Deparis, X., Dussart, P., Morvan, J., Rabarison, P., Remy, F., . . . Gardon, J. (2004). Dengue spatial and temporal patterns, french guiana, 2001. *Emerging Infectious Diseases*, 10(4), 615. doi:10.3201/eid1004.030186
- Villatoro, G. (2006). *Historia del dengue en Guatemala* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.
- White, A. C., Atmar, R. L., & Greenberg, S. B. (2000). Tropical infectious diseases: Principles, pathogens, and practice. *Annals of Internal Medicine*, 132(2), 168–168. doi:10.7326/0003-4819-132-2-200001180-00025



## Acceso y participación justa y equitativa en los beneficios que derivan de la utilización de los recursos genéticos (APB): estado actual en Guatemala

*Access and fair and equitable benefits sharing in the derived from the use of genetic resources (ABS): current status in Guatemala*

<sup>1</sup>José V. Martínez-Arévalo\*, Zonia Zacarias<sup>2</sup>, Mercedes Barrios<sup>3</sup>, Helmer Ayala<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala; <sup>2</sup>Consultora independiente; <sup>3</sup>Centro de Estudios Conservacionistas, Universidad de San Carlos de Guatemala; <sup>4</sup>Consultor independiente

\*Autor al que se dirige la correspondencia: josevm2000@yahoo.com

Recibido: 21 de enero 2019 / Revisión: 16 de mayo 2019 / Aceptado: 06 de agosto 2019

### Resumen

El tema del acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de la diversidad biológica (APB), cuyo instrumento es el Protocolo de Nagoya en el marco de la Convenio de Naciones sobre Diversidad Biológica es un tema complejo pero de alto interés para Guatemala dada su condición de País Megadiverso. Sin embargo, no se concentra solo en este protocolo, ya que día a día hacemos uso de la diversidad biológica y en ese sentido es necesario desarrollar legislación pertinente acorde a esas necesidades, que consideren a los recursos genéticos como estratégicos, vinculado a los conocimientos tradicionales y el derecho de los pueblos indígenas y comunidades locales. Así mismo hay otros convenios y compromisos de país como los establecidos con la Organización Mundial del Comercio, relacionados principalmente con la Unión Internacional para la Protección de Variedades Mejoradas y la Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, referente al Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, que deben estar vinculados al APB. Entonces dada la complejidad del tema es necesario contar con documentos, como el que se presenta en esta revisión que procura de manera sencilla sintetizar sobre ellos, para que sirva de información para algunos y de punto de discusión para otros. No se pretende un tratado profundo del APB, ya que el espacio sería insuficiente, sino más bien mostrar su estado actual, ahora que el país tiene en suspenso el Decreto de ratificación del Protocolo de Nagoya. Pero comprendiendo que a partir de los compromisos de estado con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, donde se ha generado una serie de resultados que proporcionan criterios de cómo se maneja actualmente los recursos genéticos, se puede avanzar para llevar a la práctica el concepto de APB, su comprensión, significado a nivel nacional y local y la educación sobre el tema. Es importante pues dar la relevancia necesaria a los recursos genéticos en su acceso y participación justa y equitativa de los beneficios que derivan de su utilización, de tal manera de propiciar la discusión del tema y desarrollo del marco jurídico y políticas públicas necesarias.

**Palabras claves:** Convenio de diversidad biológica, Protocolo de Nagoya, Propiedad intelectual

### Abstract

The issue of access to genetic resources and the fair and equitable sharing of the benefits derived from the use of biological diversity (ABS), whose instrument is the Nagoya Protocol under the Convention of Nations on Biological Diversity is a complex issue but of high interest to Guatemala given its status as a Megadiverse Country. However, it does not focus only on this protocol, since we make use of biological diversity every day and in that sense it is necessary to develop relevant legislation according to those needs, which consider genetic resources as strategic, linked to traditional knowledge and the right of indigenous peoples and local communities. There are also other country agreements and commitments such as those established with the World Trade Organization, mainly related to The International Union for the Protection of New Varieties of Plants and Food and Agriculture Organization of the United Nations concerning International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture which must be linked to the ABS. Then, given the complexity of the topic, it is necessary to have documents, such as the one presented in this review that attempts to synthesize them in a simple way, so that it serves as information for some and as a point of discussion for others. A deep treaty of the ABS is not intended, since the space would be insufficient, but rather to show its current status, now that the country has suspended the Decree Law of ratification of the Nagoya Protocol. But understanding that from the state commitments to the Convention on Biological Diversity, where a series of results have been generated that provide criteria for how genetic resources are currently managed, progress can be made to implement the concept of ABS, its understanding, meaning at national and local level and education on the subject. It is therefore important to give the necessary relevance to genetic resources in their access and fair and equitable sharing of the benefits that derive from their use, in such a way as to promote the discussion of the topic and development of the necessary legal framework and public policies.

**Keywords:** Biodiversity Convention, Nagoya Protocol, Intellectual Property

## Introducción

Para comprender mejor el acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de la diversidad biológica (APB), es necesario explicar en esta introducción aspectos relacionados que se encuentran en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), y que es parte de sus objetivos. El Protocolo de Nagoya es al final solo un instrumento para facilitar la aplicación del APB.

En la Reunión de Río en 1992 se llevó a cabo la firma de adhesión del CDB inicialmente por 150 países (Burhenne-Guilmin & Casey-Lefkowitz, 1993), y entró en vigor en 1993. En Guatemala se ratificó por el Congreso de la República por medio del Decreto 5-95 en 1995, que pese su importancia, fue publicado en el diario oficial hasta enero de 1996 (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, [Conap], 2013a). Este convenio surge de la necesidad de los países de conservar y utilizar de manera sostenible la diversidad biológica y los bienes y servicios ecológicos derivados, fundamentales para mantener la vida, el desarrollo económico y social de la humanidad (Glowka, Burhenne-Guilmin, & Synge, 1996; Naciones Unidas, 1992). El CDB declara que la biodiversidad es un patrimonio de cada país, por lo tanto respeta la soberanía de todos los Estados-Parte de este Convenio de Naciones Unidas; en tal sentido, el acceso a estos recursos, en particular a los recursos genéticos es limitado y debe ser considerado dentro de la regulación de cada país para terceros que deseen tener acceso. La condición previa sobre acceso a los recursos genéticos no presentaba restricciones; al declararlos como patrimonio de la humanidad por la Organización para la Agricultura y Alimentación de Naciones Unidas (FAO) en 1983 (Estrella, Monosalvas, Mariaca, & Ribadeneira, 2005) cualquiera tenía acceso. El máximo órgano del Convenio es la Conferencia de las Partes (COP) compuesta por Estados-Parte que ratifican mediante legislación nacional su adhesión, Guatemala lo hizo cuando ratificó el CDB (Conap, 2013a). La COP, tiene como función la toma de decisiones alrededor del cumplimiento e implementación del Convenio; a través de las decisiones que se adoptan en las reuniones bianuales, a la fecha (2019) se contabilizan 14 COP. Para el caso de los Protocolos de Cartagena y de Nagoya; los Estados-Parte deben adherirse de igual manera y participar en reuniones de las Partes; a la fecha (2019) se contabilizan tres Reuniones de las Partes del Protocolo de Nagoya.

El acceso y utilización de la biodiversidad, especialmente a recursos genéticos es abordado por el tercer objetivo del CDB que hace referencia a la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de la utilización de recursos genéticos (APB) (Naciones Unidas, 1992) conocido como ABS por sus siglas en inglés (access and benefit-sharing).

Tal es la importancia de los conocimientos tradicionales en la gestión de la diversidad biológica que el CDB en el artículo 8 sobre conservación in situ y su inciso (J) alienta a las partes con arreglo a su legislación nacional a respetar y preservar los conocimientos y las prácticas de las comunidades indígenas y locales pertinentes para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable, 2017; Naciones Unidas, 1992).

En la COP6 de 2002 se aprobaron y adoptaron las Directrices Voluntarias de Bonn (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica, 2002), que son un antecedente crucial para la aprobación posterior del Protocolo de Nagoya. Establecen los principios y elementos básicos del Consentimiento Informado Previo (CFP, PIC por sus siglas en inglés) y de las Condiciones Mutuamente Acordadas (CMA, MAT por sus siglas en inglés), que a partir de aquí se han perfeccionado para su mejor aplicación (Buppert & McKeethan, 2013; Greiber et al., 2012). Es importante la aprobación y adopción de estas directrices, porque aunque se consideren no vinculantes, algunos países las han considerado para el desarrollo de legislación y políticas públicas para ABS, ya sea previo a la aprobación del Protocolo de Nagoya o porque no firmaron y/o ratificaron el Protocolo (Oliva, 2016).

En la COP10 del CDB del 2010 se adoptó el Protocolo de Nagoya sobre *Acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio sobre la diversidad biológica*, para muchos un parteaguas para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad (Benítez, 2010), cuyo objetivo es:

“... la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, incluso por medio del acceso apropiado a los recursos genéticos y por medio de la transferencia apropiada de tecnologías pertinentes, teniendo en cuenta todos los derechos sobre dichos recursos y tecnologías y por medio

de la financiación apropiada, contribuyendo por ende a la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes” (Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, 2014, p. 4).

Cabe mencionar el papel de la delegación oficial del Estado de Guatemala en la participación y seguimiento de las negociaciones de las COP's, pero específicamente con el tema ABS, por ejemplo en la COP12 contribuyó con aportes relevantes en las temáticas de: consentimiento informado previo, la distribución justa y equitativa de beneficios de los recursos genéticos y en la elaboración de protocolos comunitarios (Conap, 2015).

Las disposiciones del CDB y particularmente del Protocolo de Nagoya; indican que en materia de acceso y distribución de beneficios derivados de los usos de los recursos genéticos y conocimientos tradicionales los Estados-Parte, deben desarrollar los mecanismos (legales, administrativos y de arbitraje) de la institucionalidad estatal para normar los accesos (Cabrera & López, 2008). A lo anterior existe un tema que es importante de subrayar: el Protocolo de Nagoya describe que en el marco de la soberanía de los Estados-Parte, también se debe poner atención si en caso de acceso a recursos genéticos está o no vinculado a conocimientos tradicionales de Pueblos Indígenas y Comunidades Locales (PICLs). Si el acceso se vincula con conocimientos tradicionales (Artículo 8 inciso j del CDB / artículos 5, 7 del Protocolo de Nagoya) los Estados deben salvaguardar derechos de los legítimos propietarios de dichos conocimientos tradicionales (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011).

Por lo tanto, el tema de acceso y reparto de beneficios entre Estados-Parte debe integrar diversos puntos de vista, entre estos: (a) ¿cómo tener acceso?, (b) las normas propuestas de los Estados de acuerdo a su constitución política, (c) ¿cómo otorgar los beneficios?, no necesariamente deben ser en pago directo, sino puede incluir entre otras la cooperación científico-tecnológica (Cifuentes & Mantilla, 2013), (d) mecanismos de consentimiento fundamentado previo, CFP, y (e) condiciones mutuamente acordadas (CMA), aspectos que son contemplados en el Protocolo de Nagoya. En cada Estado es de suma importancia el desarrollo de las capacidades nacionales y locales usando diversas estrategias para comprender y aplicar el ABS (Heidbrink & Oepen, 2015). Pero más importante es el cumplimiento como Estado del CDB y sus Protocolos, con lo cual lo primero se hace más sencillo.

El Protocolo de Nagoya se ve como un freno a la biopiratería, que además amplía el ámbito de la aplicación de los recursos genéticos del artículo 15 de CDB al aplicarlos también a los conocimientos tradicionales asociados (Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, 2011; Lago, 2011). De tal forma que a 2016, 92 partes lo habían firmado y 78 lo habían ratificado (Normand, 2016) y a 2018, 104 países lo han firmado (Plataforma de Bancos de Germoplasma del CGIAR, 2018).

También es preciso señalar que existen en Guatemala otros tratados internacionales que se han firmado y ratificado y que están relacionados con recursos genéticos y la participación justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización, en esta revisión, en la sección de contenido se abordaran el Tratado Internacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (Tirfaa) y en el plano de la propiedad intelectual sobre variedades vegetales mejoradas, las partes de interés del Acta de 1991 de la Unión Internacional para la Protección de Variedades Mejoradas (Upov).

Este documento tiene como objetivo presentar una revisión de manera sencilla que sintetice sobre el acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de la utilización de la diversidad biológica (APB), para que sirva de información para algunos y de punto de discusión para otros.

Es pertinente aclarar que no se trata de un artículo sobre el Protocolo de Nagoya, sino del tema ABS en general, procurando hacer un repaso de los tratados y convenios internacionales relacionados con los recursos genéticos y ABS, y cómo estos se han aplicado a las políticas públicas nacionales para su implementación en Guatemala, con discusión del estado actual y propuestas al futuro.

## Contenido

### Seguimiento al CDB en Guatemala

Con base en las modificaciones al Decreto 4-89 de Áreas Protegidas, establecidas en el Decreto 110-96, el Estado de Guatemala establece que el Conap tiene entre sus fines el planificar y coordinar la aplicación de las disposiciones en materia de conservación de la diversidad biológica contenidos en los instrumentos internacionales ratificados por Guatemala (Consejo Nacional de Áreas Protegidas, 2013a). Para instrumentalizar el cumplimiento del CDB, el Conap instituye la Dirección

de Valoración y Conservación de la Diversidad Biológica, anteriormente Oficina Técnica de Biodiversidad (Otecbio).

Los instrumentos de planificación para abordar los compromisos del CDB en Guatemala comprenden: La primera Estrategia Nacional para la Conservación y el Uso Sostenible de la Biodiversidad y su Plan de Acción, aprobada en 1999 (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 1999). Para el 2011 se desarrolla a través de un proceso participativo de 2 años, la Política Nacional de Diversidad Biológica, aprobada por el Acuerdo Gubernativo 220-2011 impulsada por el Conap en apoyo de sectores: civil, académico, privado, pueblos indígenas, gobierno y observadores de embajadas acreditadas en el país. En seguimiento a esta política fue actualizada la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su plan de acción 2012-2022, estos instrumentos responden a los compromisos adquiridos por el país durante las COP del CDB (Conap, 2013a, 2013b).

En relación a ABS en esta estrategia se plantean entre otros: (a) En el objetivo estratégico 1, Actividad estratégica 1.5 Hacer propuesta sobre acceso y uso de recursos genéticos y conocimientos tradicionales; (b) en el objetivo 8, actividad estratégica 8.1 La implementación del Protocolo de Nagoya sobre acceso a recursos genéticos y distribución justa y equitativa de beneficios; (c) en los indicadores de impacto para el objetivo estratégico 8: Desarrollar mecanismos de integración de actores involucrados en la gestión de conocimientos tradicionales colectivos asociados a la diversidad biológica a nivel local, regional y nacional. También se indican mecanismos de integración de los conocimientos tradicionales colectivos y los conocimientos científicos desarrollados. Protocolos comunitarios de acceso a conocimientos tradicionales diseñados. Mecanismos de incorporación de los conocimientos tradicionales colectivos a programas formales a nivel nacional, regional y local desarrollados; (d) En indicadores de proceso para el objetivo estratégico 3: Existencia de leyes y/o reglamentos concernientes a: protección de los conocimientos tradicionales colectivos asociados a la diversidad biológica, uso de la biotecnología moderna, acceso a los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales colectivos asociados a la diversidad biológica.

Aunado a ello se cuenta con los informes sobre el estado de la diversidad biológica, el último de los cuales corresponde al sexto informe, presentado en el 2019.

Es importante hacer notar que el país ha tenido liderazgo en el tema, al actualizar su Estrategia Nacional de Biodiversidad de 1999 a 2012, que está alineada al nuevo Plan Estratégico de la CDB 2011-2020, par-

ticularmente que el tema de ABS se puso en niveles similares tanto en la Política Nacional de Biodiversidad como en su Estrategia actual y no está limitada a recursos genéticos sino que abarca otros temas integrales como los Servicios Ecosistémicos.

Las principales acciones del Conap en cuanto al CDB se pueden resumir en la Figura 1.

### **Grupo de Países Megadiversos Afines (GPMA): Guatemala**

El grupo de países megadiversos afines nace como iniciativa de México en 2002 donde a partir una reunión ministerial se adopta la declaración de Cancún por 12 países que da vida a este grupo en la siguiente COP de Biodiversidad, posteriormente otros países se han adherido, de ellos Guatemala e Irán fueron incorporados en la COP10, con lo cual suman 19 países. Este grupo se conformó como un mecanismo de consulta y cooperación para la identificación de intereses comunes para promover la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica, y ha servido como bloque de negociación para conformar una posición en temas relacionados al acceso y reparto de beneficios de los recursos genéticos (Conap, 2014).

La intención del país de formar parte de este grupo se inició en 2006, cuando del Conap envía nota de solicitud al presidente del Grupo de Países Megadiversos Afines (GPMA) para conocerse en la COP9 en Alemania, sin embargo el canal correcto era hacerlo por medio del Ministerio de Relaciones Exteriores (Minex), de tal forma que se realizó la negociación por este medio y en Otecbio de este entonces se trazó una estrategia articulada con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Marn) y el Minex. Se convocaron y realizaron reuniones con embajadas de los países megadiversos afines acreditadas en Guatemala. Durante la COP10 se contó además con el apoyo del Embajador y Consul de Guatemala acreditado en Japón para impulsar el proceso de ingreso al GPMA, en julio de 2011 por medio de cancillería, se notifica oficialmente la incorporación de Guatemala al grupo (Conap, 2014).

Entre las varias acciones paralelas al proceso realizadas por el Conap está la preparación y publicación en 2008 del libro: *Guatemala y su biodiversidad: un enfoque histórico, cultural, biológico y económico*, en donde a través de 14 capítulos, se muestra la biodiversidad del país y se demuestra con datos por qué puede considerarse como un país megadiverso. También en este libro, en varios capítulos se empieza a hacer énfasis



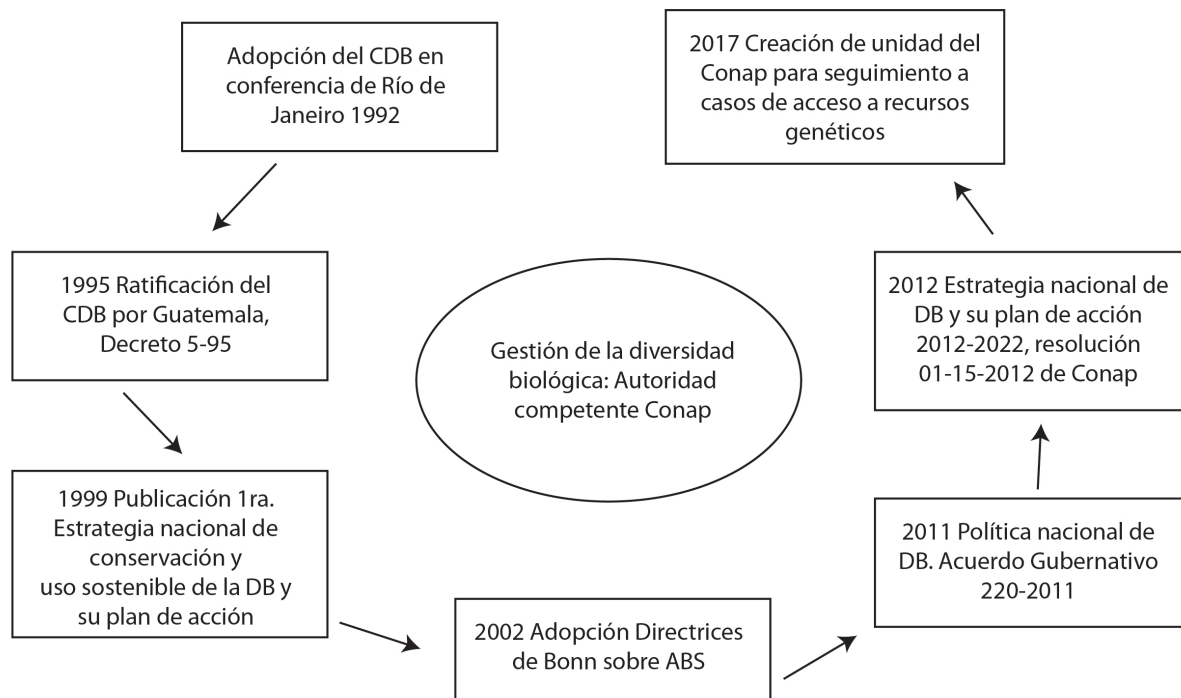


Figura 1. Acciones realizadas por el Conap en Guatemala como autoridad competente ante el CDB.

del tema del acceso a los recursos genéticos, y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de su uso (Conap, 2008).

Entre 2012 y 2016 Guatemala ha sido parte de los tres países que dirigen el GPMA. El mecanismo que tiene para organizarse internamente es por medio de una triada “troika” de países que dirigen el grupo. De tal forma que de 2012 a 2013, Guatemala ocupó el puesto de Copresidente entrante, en 2014 a 2015 la Presidencia y de 2016 a 2017 como Copresidente saliente. Con base en lo consignado en el documento de implementación sobre el CDB en Guatemala (Conap, 2014), esto ha representado para el país oportunidades al intercambio tecnológico, y de recursos humanos y financieros con otros países miembros del grupo que han tenido grandes avances en el tema de la biodiversidad. Además, tener la oportunidad de preparar propuestas de proyectos para impulsar en el CDB, optar a formar parte del consejo del Fondo Mundial para Ambiente Mundial. También

dio la oportunidad de conformar una comisión de seguimiento para asumir la responsabilidad de Guatemala como país, de manera incluyente y representativa, por medio de un grupo de expertos nacionales.

En Guatemala como un país megadiverso, el acceso y reparto justo de los beneficios de la diversidad biológica debieran de ser elemento estratégico para el desarrollo (Talledos, 2007). Sin embargo, el panorama muestra que las políticas públicas que apoyan la gestión de la diversidad biológica en el país son escasas y la asignación presupuestaria para echar a andar estos procesos es bajo. En términos generales el gasto nacional ambiental en la protección de la biodiversidad para 2014 correspondió al 0.14 % del producto interno bruto del país (Proyecto Biofin Guatemala, 2016). Un ejemplo es el presupuesto del Conap: en 2009 representó el 0.08 % de total asignado al Estado, para 2015 de 0.15 % y para 2019 de 0.14 %, este último presupuesto representa aproximadamente una inversión de 27.14



quetzales por hectárea del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, sin considerar los otros compromisos de la institución, lo cual se considera una de las mayores debilidades del Conap (2016b).

### Recursos genéticos vinculados a conocimientos tradicionales: Particularidades de Guatemala

El Artículo 2 del CDB indica que se entiende por recursos genéticos “el material genético de valor real o potencial” (p. 6), en el mismo artículo se señala como material genético: todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia y por aparte señala que recursos biológicos: “son los recursos genéticos, los organismos o partes de ellos, las poblaciones, o cualquier otro tipo del componente biótico de los ecosistemas de valor o utilidad real o potencial para la humanidad” (Naciones Unidas, 1992, p. 6); estas dos definiciones han derivado discusiones, para tratar de enmarcarlas de una manera clara (Cifuentes & Mantilla, 2013), para fines de esta revisión se puede considerar que los recursos genéticos son parte de los recursos biológicos que tienen un uso real o potencial.

En el Protocolo de Nagoya (Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, 2014), se asume la misma definición del CDB, en el Artículo 3 Ámbito, se indica que en el Protocolo se “aplicará a los recursos genéticos comprendidos en el ámbito del artículo 15 del Convenio y a los beneficios que se deriven de la utilización de dichos recursos” (p. 5). Se agrega que “este Protocolo se aplicará también a los conocimientos tradicionales asociados a los recursos genéticos comprendidos en el ámbito del Convenio y a los beneficios que se deriven de la utilización de dichos conocimientos” (p. 5). Y en el inciso c) del Artículo 2 Términos Utilizados, se indica

“Por utilización de recursos genéticos se entiende la realización de actividades de investigación y desarrollo sobre la composición genética y/o composición bioquímica de los recursos genéticos, incluyendo mediante la aplicación de biotecnología conforme a la definición que se estipula en el artículo 2 del Convenio” (p. 4).

Guatemala como parte de Mesoamérica es uno de los centros de origen y especiación de recursos fitogenéticos (Casas, Caballeros, Mapes, & Zárate, 1997) vinculados a conocimientos tradicionales y por lo tanto a pueblos indígenas y ancestralmente a la civilización Maya. Algunas de las especies que aún tienen parientes

silvestres (Azurdia, 2014) son: *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Manihot sculenta* Crantz, *Capsicum annum* L., *Persea americana* Mill., *Cucurbita pepo* L., y *Gossypium hirsutum* L. (Eguiarte et al., 2018; Zizumbo-Villareal, & Colunga-GarcíaMarín, 2016). Dichas especies contribuyeron y continúan aportando a la dieta mesoamericana y mundial, con importantes rubros en la alimentación, agro industria (León, 2000).

La diversidad de especies domesticadas en el país está asociada a la diversidad cultural (22 idiomas y cuatro pueblos: Mayas, Xinca, Garífuna y Mestizo), los cuales han aportado con el conocimientos prácticas e innovaciones tradicionales vinculadas al uso, especiación o domesticación de cultivares, imprimiendo un valor de importancia estratégica a estas especies (Conap, 2008).

### Protocolo de Nagoya en Guatemala

El gobierno de Guatemala firmó su adhesión al Protocolo de Nagoya en 2010 y lo ratificó por medio del Decreto del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica (2014). Sin embargo quedó en suspensión temporal a partir del 16 de junio 2016 por parte de la Corte de Constitucionalidad en el expediente 2606-2016, por la presentación de dos recursos de inconstitucionalidad: uno por el diputado Amílcar Pop, que señala que para la ratificación de este protocolo en el Congreso de la República, se introdujo como una moción privilegiada y de urgencia nacional (León De, 2014), por lo que debió haber al menos 105 diputados. Sin embargo la aprobación se realizó con 100. Por su parte la Red Nacional por la Defensa de la Soberanía Alimentaria en Guatemala y la Alianza Nacional por la Protección de la Biodiversidad, lo presentaron en el sentido de que si bien se hicieron consultas por medio de mesas de trabajo en varios lugares del país, buscando la representación de los sectores involucrados, previo a su aprobación, estas no se llevaron a cabo con las autoridades ancestrales, además se aduce que se corre el riesgo que con su aprobación se lleve a la privatización y comercialización de las semillas nativas así como del conocimiento ancestral (Redsag, 2018). En algunos medios incluso se menciona que el temor también va en el sentido de que este protocolo promueva los organismos vivos modificados, aunque al hacer una revisión en el texto del Protocolo no se encuentra, planteado este tema.

Desde una observancia técnica, los argumentos

presentados indican que hubo confusión entre el Protocolo de Cartagena que regula el uso de organismos genéticamente modificados y el Protocolo de Nagoya que lejos de ser una amenaza; se considera un arma importante en la defensa de los conocimientos tradicionales de los PICLs. Como lección aprendida, la comunicación previa a nivel nacional y a los sectores interesados no fue suficiente; y la desinformación e ignorancia -aunque se trate de diputados- no fue la esperada y, sin querer, se quedó en suspenso un Protocolo que es, a todas luces, una salvaguarda para los pueblos indígenas de Guatemala.

Con la suspensión del Protocolo de Nagoya en el país, el Conap se quedó en la fase de implementación de los reglamentos que como autoridad nacional competente ante el tratado tenía que desarrollar para el adecuado cumplimiento según el protocolo. De 2016 a la fecha se busca la figura legal que dé cumplimiento al CDB en relación con el ABS. Según Ridabeneira (2013) para América Latina y el Caribe los retos para la aplicación del protocolo de Nagoya son varios, pero principalmente cuatro: “dos estrictamente legales, uno de nivel general (el desarrollo de regímenes nacionales), un segundo aplicable al régimen marino, un tercer reto de carácter preventivo de actividades no autorizadas y biopiratería, y el último relativo al fomento de la investigación científica” (p. 1). Sin embargo, para Guatemala estos retos ahora se deben superar sin considerar por el momento al Protocolo de Nagoya.

El hecho de dejar en suspenso el decreto de ratificación del Protocolo de Nagoya, que como instrumento del CDB, le apuesta a una participación más justa y equitativa, deja en el país un tema que sigue en debate (Rojas, 2013), pero sin una orientación clara. El Protocolo de Nagoya permite una mayor aplicación del tercer objetivo del CDB, que a su vez es considerado clave para dar cumplimiento a la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad (Kamau, Fedder, & Winter, 2010). Pero especialmente en dar respuesta al artículo 15 y 8 j del CDB relativo al acceso a los recursos genéticos y al reconocimiento del conocimiento tradicional asociado a los recursos genéticos, respectivamente.

En el período que estuvo en vigencia (febrero 2014-junio 2016), de acuerdo con el texto del protocolo, la autoridad nacional competente para Guatemala que es el Conap, fue la responsable

“... de conceder el acceso o, según proceda, de emitir una prueba por escrito de que se ha cumplido con los requisitos de acceso, y estarán encargadas

de asesorar sobre los procedimientos y requisitos correspondientes para obtener el consentimiento fundamentado previo y concertar condiciones mutuamente acordadas” (Programa de Naciones Unidas para el Ambiente, 2014, p. 10).

Con base en este mandato, la institución desarrolló una hoja de ruta del proceso de implementación del Protocolo de Nagoya, que incluye la necesidad de apoyar con legislación y normativas acordes a este protocolo (Montenegro & López, 2016; Rivas, 2016). El Conap con apoyo de la cooperación internacional (un proyecto GEF/CDB y proyecto ABS/CCAD-GIZ) trabajó dos procesos: (a) desarrollar una propuesta de la normativa sobre el acceso de recursos genéticos, principalmente en el consentimiento previo de la parte otorgante y (b) mecanismo administrativo para otorgar el acceso; garantizando las prerrogativas del protocolo de Nagoya. Ninguno de estos caminos ha llegado a ser aprobado, en todo caso, se recomienda su aprobación previo a una posible ratificación desde el Congreso de la República.

Dos casos de acceso fueron ingresados entre el año 2014 y 2015 que constituyen las primeras experiencias de Consentimiento Informado Previo (PIC) y de Contrato de Condiciones Mutuamente Convenidas (CMA), los cuales se sistematizaron por medio de una consultoría (Montenegro & López, 2016). Estos casos fueron los proyectos:

“Evaluación del efecto del manejo forestal sobre la diversidad genética de caoba (*Swietenia macrophylla* King) y cedro (*Cedrela odorata* L.) en las concesiones forestales de la Reserva de la Biósfera Maya; y Estudio de diversidad de caoba (*Swietenia macrophylla* King) en las concesiones forestales comunitarias de la zona de usos múltiples en la Reserva de la Biosfera Maya” (Montenegro & López, 2016, p. 7).

De acuerdo con Montenegro y López (2016), las principales dificultades encontradas fueron: (a) no se contaba con un formato espacial para la solicitud; (b) en lo administrativo, no había una orientación para llevar a cabo el proceso; (c) para realizar la consulta para el PIC no había claridad de quien debería convocar a las comunidades, si el Conap o los interesados y se desconocía también la amplitud de la convocatoria; (d) se carecía de una guía para la elaboración y contenido del acta notarial para cumplir con el CMA.

¿Cómo se superaron las situaciones? De forma supletoria se utilizó el sistema de solicitud de licencia de investigación y colecta que usa actualmente el Conap. En lo administrativo se llevó a cabo la integración de la Unidad Técnica Institucional de Apoyo al Acceso a Recursos Genéticos y Participación en los Beneficios (UTA), que delimitó su rol como ente asesor y consultivo para la elaboración de dictámenes. Para su conformación el Conap en conjunto con los solicitantes identificaron y convocaron actores vinculados.

Para el tema de los contratos, los notarios participantes propusieron la redactaron de las actas y

“... se contrató un notario externo para la celebración y autorización del contrato quien también “se basó en su mejor leal saber y entender derivado del código de notariado, protocolo de Nagoya y condiciones sugeridas en dictámenes técnico legales” (Montenegro & López, 2016, p. 28).

Fue un gran reto para el Conap en lo administrativo y legal, pues al no existir normativa específica para los casos que contempla el Protocolo de Nagoya, se tuvo que tomar medidas administrativas que integran jurídicamente una vía legal de actuación de la institución, lo que se considera positivo pues generó un desarrollo institucional al aplicar la normativa vigente y generó una instancia de consulta para la toma de decisiones (Montenegro & López, 2016). A partir de estas experiencias también se generó un artículo científico (van Zonneveld, Loo, Maselli, Madrid, & Echeverría, 2018), donde además de describir lo anterior, se recalca en el aspecto de la participación comunitaria en las investigaciones realizadas, desde la planificación, toma de datos y en algunos análisis. Lo que puede servir de ejemplo del involucramiento y capacitación de las comunidades en procesos de ABS.

Si bien es cierto, el Decreto Legislativo que ratificó el Protocolo de Nagoya se encuentra suspendido actualmente, el interés tanto de empresas e instituciones nacionales como internacionales en realizar actividades de bioprospección continúan y la autoridad competente no cuenta con mecanismos aprobados para dar respuesta a esto en el marco ese Protocolo. Ante dicha situación surge la interrogante ¿Qué hacer a 2019 sin Protocolo de Nagoya? Lo más cercano de esperar es que la autoridad nacional competente (ANC), en este caso el Conap, apruebe, complemente normativa o procesos administrativos, en tres ejes: (a) entre Estados-Parte, (b) a nivel nacional, (c) a nivel local en el caso de que

los recursos genéticos estén vinculados a conocimientos tradicionales de los pueblos indígenas y comunidades locales, desarrollando PIC y CMA con los legítimos propietarios de esos recursos, y (d) en la utilidad para investigación-bioprospección. Pero muy importante seguir fortaleciendo las capacidades de los pueblos indígenas y comunidades locales, academia, sector privado entre otros, para que se fortalezca la valoración, conservación, aprovechamiento sostenible y monitoreo de las acciones relacionadas con el ABS.

También hay situaciones que hay que superar con el diálogo y consenso pues hay desconfianza de las organizaciones populares, indígenas y comunidades locales relacionadas con la seguridad alimentaria sobre el actuar del Conap con los recursos genéticos nativos. En parte hay razón porque el tema de áreas protegidas, para el cual fue creado originalmente, se ha manejado bajo el enfoque tradicional de conservación que actualmente es cuestionado (Narváez, 2007; Rodríguez & Martínez, 2013) y con una prevalencia de criterios jurídicos sobre los biológicos, sociales o de derechos individuales y colectivos.

El manejo del tema ABS requiere abordajes multi institucionales, multidisciplinario y el de sinergias entre sistemas de conocimientos (tradicional y científico); no dejando de lado el de la tecnología, el cultural, social y el desarrollo económico con equidad. Por lo que en una institución cuyo mandato inicial es la protección y conservación de áreas protegidas, su accionar en el tema de los recursos genéticos se debe de cambiar hacia modelos novedosos de conservación y gestión de la biodiversidad, tal como se sugiere actualmente, por ejemplo Esteve (2015), que propone situaciones como pasar de la mera protección de áreas de vida silvestre y ecosistemas representativos a fomentar los fines científicos, socioeconómicos y culturales y desarrollar objetivos alrededor de esto que incluyen la restauración y rehabilitación del patrimonio natural y cultural, con mayor participación social, a través de planificación y proyectos conjuntos, con visión de paisaje y considerando proporcionar bienes y servicios económicos a las comunidades locales. Aunque se puede argumentar que ya hay esfuerzos de estos en el país es necesario que queden plasmados en la legislación y políticas públicas. Todo esto es un reto para la institución, pero le servirá para ganar esa credibilidad necesaria para con los pueblos indígenas y comunidades locales.

A falta de una legislación nacional al respecto se ha visto que el CDB e instrumentos como el Protocolo de Nagoya pueden servir para avanzar en el tema, como

ha sucedido en países como Perú (Silvestri, 2016). Sin embargo, debe tomarse en cuenta que el esfuerzo no debe ser por compromisos entre Estados, sino que debe estar dirigido a establecer los mecanismos o reglas claras en los procesos de acceso a recursos genéticos que puedan funcionar tanto a nivel local, nacional e internacional; condición que conlleva fortalecer la educación, la tecnología y las capacidades locales (Nemogá-Soto, Rojas, & Lizarazo, 2013) y los mecanismos de CFP, lo cual proporcionará a los pueblos indígenas y comunidades locales una oportunidad de desarrollo, de reconocimiento de derechos y por qué no de uso propio para su desarrollo rural.

Como señala Ribadeneira (2014) entre los principales retos para la aplicación del Protocolo de Nagoya está el desarrollo de regímenes nacionales. Esto para Guatemala a la fecha es incierto ya que actualmente se tiene en suspenso el decreto que ratificaba el Protocolo de Nagoya, con lo cual los lineamientos que se proponen en él no se pueden poner en práctica, a pesar de beneficios como los señalados respecto a evitar la biopiratería (Centro del Sur, 2015). El protocolo de Nagoya viene a facilitar la aplicación del Artículo 15 del CDB, y puesto que el país firmó y ratificó el CDB, se abre el paso para seguir trabajando desde diferentes instancias para que se apruebe la legislación necesaria para la aplicación del ABS ampliado el concepto a patrimonio biocultural, como se ha expresado en la propuesta de política sobre el tema (Conap, 2016a).

Al respecto del concepto de patrimonio biocultural, se puede indicar que como menciona Cetina (2018) puede servir como un mecanismo *sui generis* que facilita

“... la protección los recursos genéticos y conocimientos tradicionales asociados a través de reconocimiento legal de los espacios territoriales y derechos de propiedad de los pueblos indígenas y comunidades locales sobre los elementos integrantes de dicho patrimonio ...” (p. 14).

El reconocimiento legal de esos espacios territoriales, de esos paisajes, incluye entre otros: la identificación y delimitación de la biodiversidad (especies silvestres y recursos genéticos) del área que sirve como identidad de la misma, su valoración y recuperación, reconocimiento de los sistemas particulares de manejo del componente biótico y abiótico del territorio y valoración de productos emblemáticos producidos a partir de sus recursos naturales (Cetina, 2018).

Para esto, el reto es demostrar que el tema ABS no

es un concepto abstracto sino algo aplicable y que sus beneficios son tanto para la biodiversidad, para la economía y para la sociedad rural y urbana (Oliva, 2016). Esto en el país ya se ha demostrado con el proyecto ABS/Guatemala que recientemente acaba de terminar.

Las experiencias piloto que se desarrollaron en el mencionado proyecto, muestran que es posible tener una figura legal para emitir acuerdos sobre el tema, que puede hacerse por ejemplo: por medio de la conformación de un comité nacional sobre ABS y aunado a autoridades locales competentes. El tema se complica cuando el acceso a recursos genéticos está vinculado a conocimientos tradicionales, donde intervienen individuos, colectividades, familias, pueblos, etc. y debe desarrollarse los PIC y CMA. Por esto el proyecto ABS permitió tener ejemplos en dos localidades piloto sobre el valor (o revaloración), el acceso y la participación local en el manejo y comercialización de productos de la biodiversidad, lo que permite tener elementos concretos de sobre el ABS a nivel local (Conap, 2018b), con productos concretos como guías de estudio para el nivel primario que tratan el tema ABS. El objetivo de estos es dar una amplia información a la mayor cantidad de población sobre los procesos ABS y crear conocimiento al respecto, para evitar casos como el reportado por Hinsley y Roberts (2018) en países de Asia con especies de orquídeas, que muestran diferentes niveles de conocimiento del ABS en los países del área e incluso algunos que tienen mínimos beneficios en el aprovechamiento sostenible de su biodiversidad debido a su falta de preparación al respecto.

Sin embargo, aunque el Decreto del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica (2014) estuviera vigente en Guatemala, hay elementos que es preciso señalar que muestran la complejidad de la aplicación del ABS para el país: (a) el contexto social, económico y político que se ven reflejados en el poco interés de promover el reconocimiento real y respeto a los conocimientos de los pueblos indígenas y comunidades locales; (b) debilidad del Estado en el cumplimiento de los objetivos de CDB, que trae consigo que la institución nombrada como punto focal aunque haga su mejor esfuerzo queda debiendo tanto por presupuesto como del interés cambiante de acuerdo las autoridades de turno; (c) poco interés de la academia en profundizar en el conocimiento y discusión de los contenidos y consecuencias de los convenios, tratados y protocolos a que el Estado se compromete en el ámbito internacional respecto al tema de biodi-



versidad y ambiente; la academia, contrario a otros países se pierde la oportunidad de la “sinergia entre sistemas de conocimientos” (científico + tradicional) y la multidisciplinariedad vinculada a la tecnología, algo altamente valorado y practicado en Europa por ejemplo; (d) pobre inclusión en el sistema educativo de contenidos que amplifiquen el papel de los elementos naturales del entorno, en la identidad, cultura y desarrollo histórico de los pueblos y las potencialidades de la conservación y aprovechamientos sostenible de la biodiversidad para su futuro como grupo cultural; y, (e) falta de visión como país del papel de la biodiversidad en la vida cotidiana, en la cultura, en la economía y en el equilibrio ecológico.

Es importante reconocer que el tema de ABS tanto en el CDB como en el Protocolo de Nagoya (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011), se refieren principalmente a las Partes es decir a las regulaciones entre Estados Parte,

Hay tres elementos a diferenciar:

- i) El Protocolo debe estar ratificado por dos o más Partes interesadas en un acceso. Esto solo marca la soberanía y la “relación entre Estados”.
- ii) La regulación y la normativa o el mecanismo administrativo es importante para establecer las “reglas del juego” entre dos o más interesados que pueden ser: universidades, empresas, investigadores, etc. Se marca la relación entre entidades (personas, personas jurídicas, empresas, transnacionales, etc.) que viven en los países. Entre estas normativas o mecanismos lo que el Protocolo indica como CFP, CMA y otros que deben cumplirse.
- iii) Si ninguna de las dos se da, la biopiratería, el acceso y todo lo que ello conlleva no está regulado y por lo tanto no es posible de perseguir por la vía legal, quizás por la vía del derecho sí, pero lleva mucho tiempo comprobarlo. En este sentido, Guatemala quedo desarmada cuando se impuso la ratificación del Protocolo.

Es muy importante que cada país desarrolle mecanismos administrativos y/o legislación pertinentes para que desde dentro se conserve y valore la biodiversidad y conocimientos asociados (Ruíz, 2011), evitando que las mayores ganancias en ABS sean de las grandes empresas y no de los verdaderos poseedores de la biodiversidad. También es importante que las normas

y reglamentos administrativos se apliquen de manera diferencial, cuando se trate entre Estados, o cuando sean con nacionales. Pero a nivel nacional también hacer diferenciación en las normativas para el tema ABS, por ejemplo, el manejo de recursos genéticos para investigación por parte de las Universidades diferenciado del manejo que puedan hacer las empresas privadas, es decir diferenciar entre lo comercial y no comercial. A este respecto von Kries y Winter (2015) proporcionan elementos que pueden ser utilizados al desarrollar procedimientos al respecto. Sin embargo no se debe perder de vista que en ocasiones, algunas investigaciones propuestas dentro la universidad pueden llevar fines diferentes a lo que plantea en el protocolo inicial. Por esto actualmente el Conap ha desarrollado un proceso participativo con universidades, para facilitar y para actualizar los procesos de licencias para colecta e investigación con vida silvestre, procurando evitar que esos proyectos lleven fines diferentes a la generación de conocimiento como universidad.

## El Tirfaa en Guatemala

El Compromiso Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura fue el primer acuerdo internacional que abordó diferentes temáticas sobre los recursos genéticos, y fue aprobado por la Conferencia de la FAO en el año 1983. En 1992 junto con aprobación de CDB se aprobó un acuerdo en el que reconocía la necesidad de buscar soluciones en relación a los recursos fitogenéticos y, en particular, al acceso a las colecciones ex situ que no están incluidas en el Convenio y a los derechos del agricultor (Santilli, 2009). Las negociaciones para la revisión del Compromiso Internacional, en armonía con el CDB, se llevaron a cabo en el marco de la Comisión de Recursos Fitogenéticos de la FAO, lo que en 1989 dio vida al Tirfaa (Santilli, 2009), que se refiere exclusivamente a especies vegetales relacionadas con la alimentación y la agricultura, entró en vigencia en 2004, Guatemala lo ratificó en 2005 (Maselli, 2013).

Los objetivos del Tirfaa son:

“... la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el CDB, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria” (FAO, 2009, p. 2).



Este convenio en términos generales establece las condiciones para el intercambio de recursos fitogenéticos de las especies que aparecen en la lista del Anexo 1 del tratado, la autoridad competente para Guatemala es el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación por medio de la Oficina de Recursos Fitozoogenéticos.

Desde su objetivo se puede notar la vinculación con el CDB, en el ámbito específico de especies cultivadas y sus parientes silvestres, además que desarrolla y amplía el tema de los derechos del agricultor. El traslape es precisamente los parientes silvestres que pueden tener genes importantes en el mejoramiento genético para la adaptación al cambio climático, resistencia a plagas y/o enfermedades, etc. La lista del Anexo 1 contempla los 65 cultivos, es decir especies domesticadas, comprendidos en el sistema multilateral (que es equivalente al Protocolo de Nagoya), algunos de interés para Guatemala como el maíz y el frijol desde el punto de vista de centro de origen y otros como el arroz desde el aspecto de país beneficiario del banco de germoplasma de las áreas de centro de origen de ese cultivo.

Sin embargo, es de hacer notar que el tratado tiene criterios de interdependencia alimentaria, es decir facilitar el intercambio en favor de aquellos países cuya alimentación depende exclusivamente de recursos fitogenéticos de especies foráneas. De tal manera que para países proveedores de esos recursos fitogenéticos como los de América el tratado cobra gran relevancia (Gerbasí, 2008). Es importante señalar que a la entrada en vigencia del Tirfaa, muchas de las accesiones mayores se encuentran en los bancos de germoplasma de los Centros Internacionales de Investigación Agrícola (CIIA) del Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (GICIAI). Según Moore y Tymowski (2008) los Centros del GICIAI sólo mantienen en la actualidad aproximadamente un 12 % de las muestras que se conservan en condiciones *ex situ* en el mundo, pero en realidad conservan un porcentaje comparativamente más alto de la diversidad conocida, en gran parte como consecuencia de la composición de las colecciones compuestas de parientes silvestres cuya proporción es del 73 % de las que contienen las colecciones nacionales. De acuerdo al Artículo 15 del Tratado, estas colecciones son accesibles para los países de acuerdo con las reglas que se plantean. Los bancos de germoplasma nacionales tienen relativamente pocas accesiones y el mantenimiento de las mismas es alto. Las comunidades locales, es decir los agricultores, tienen las mayores representaciones *in situ*, pero la conservación *ex situ* es débil.

Para el reconocimiento de los derechos del agricultor en el Tirfaa se creó un fondo de investigación, del cual a 2018 se han realizado cuatro convocatorias para optar a fondos de investigación y desarrollo en recurso fitogenéticos que contempla este Tratado. En Guatemala varias organizaciones han obtenido recursos para desarrollar proyectos por ejemplo, las acciones de la Asociación de Organizaciones de los Cuchumatanes (Asocuch), que en su última fase fueron financiados por dicho fondo y como producto de ello entregaron 225 accesiones de maíz y 7 de frijol para su conservación en el banco de germoplasma del (Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas [Icta], 2018). El proyecto ejecutado fue: Uso sostenible de la agro-biodiversidad de maíz, frijol y especies sub-utilizadas en comunidades indígenas de Centroamérica: Una estrategia para la seguridad alimentaria y adaptación climática, que incluyó 90 organizaciones de productores de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Costa Rica, tuvo como objetivos: Fortalecimiento de red de reservas comunitarias de semillas, desarrollo de variedades de maíz y frijol bajo el enfoque de fitomejoramiento participativo, fortalecimiento de los procesos de producción y comercialización de semilla y fortalecimiento de las comisiones de recursos fitogenéticos de Guatemala (Asocuch, 2015).

A la fecha en Guatemala aún no se tiene una aplicación clara del tratado en el país, lo que puede atribuirse a la debilidad técnica y jurídica y de la autoridad competente para establecer las normas y procedimientos claros necesarios. En la práctica se ha apoyado bastante para la discusión del tema en la Comisión Nacional de Recursos Fitogenéticos. Es de hacer notar que en este ámbito el Estado de Guatemala debe legislar respecto al uso y acceso de recursos fitogenéticos y sobre el derecho de los agricultores respecto a conservar, usar, intercambiar y vender semillas ya que el Tirfaa es un instrumento internacional vinculante que reconoce el papel de los agricultores y de las comunidades locales en la conservación de la agrobiodiversidad (Santilli, 2009). Cabe mencionar que este Tratado ha tenido funcionalidad en otros países y entre centros internacionales con bancos de germoplasma y mejoradores particulares.

## La propiedad intelectual en la biodiversidad

La protección de la propiedad intelectual se convierte en una herramienta que le asegura a su poseedor la posibilidad de ganancias económicas sobre un producto protegido, lo cual se encuentra normado tanto en

el ámbito global en convenios y tratados internacionales, de tal manera que las legislaciones nacionales deben de estar ceñidas a estos, porque de lo contrario están excluidas de su participación en el mercado global.

Existe diversos mecanismos dentro de los regímenes de la protección de la propiedad intelectual que se aplican a los productos para su protección con diferentes características y dependiente del tipo de producto, entre ellos se encuentra, las marcas, los derechos de autor, y las patentes entre otros.

Aplicar la propiedad intelectual en la biodiversidad es muy complicado, pues implica el material biológico y los conocimientos tradicionales (Arana, 2012; Boff & Giménez, 2017), y debe comprenderse que no todo lo biológico puede patentarse, pues cuando se habla de propiedad intelectual hay requisitos específicos que se deben de llenar. El régimen actual de propiedad intelectual solamente reconoce la propiedad individual, no así la propiedad colectiva que en este caso promueven los pueblos indígenas y comunidades locales.

En Guatemala se regula por el Decreto de Propiedad Industrial 57-2000 y sus modificaciones realizadas en años posteriores (Secretaría de Integración Económica de Centroamérica, s.f.). En el Artículo 93 indica que los requisitos para ser patentable son: “novedad, nivel inventivo y sea susceptible de aplicación industrial” y “Para el caso específico de una variedad vegetal, serán condiciones de patentabilidad de la misma el ser nueva, distinta, homogénea y estable” (p. 57). Esto implica que no es sencillo patentar un material vegetal, ya que requiere trabajo de mejoramiento genético comprobable.

Sin embargo, el reclamo de los pueblos indígenas y comunidades locales muchas veces es que con la propiedad intelectual se promueve la biopiratería, pues los vegetales y su conocimiento tradicional son tomados de la naturaleza, sin consulta a los pueblos locales y luego son manipulados genéticamente para que puedan ser patentados, con lo cual los verdaderos dueños de esos materiales nunca reciben un beneficio directo o indirecto (Mackey & Liang, 2012). Por lo tanto, para que esté acorde con lo que se estipula en el CDB en sus Artículos 15 y 16, debe mediar el consentimiento fundamentado previo de los titulares de derecho. Al respecto en el comité intergubernamental de la Organización Mundial sobre Propiedad Intelectual (Ompi) sobre Propiedad Intelectual y Recursos Genéticos, Conocimientos Tradicionales y Folclore (CIG), se está examinando el establecimiento de un instrumento jurídico internacional sobre cuestiones de propiedad intelectual relacionadas con los recursos genéticos en el sentido de: (a) prevenir otorgar patentes que no tengan completamente comprobada su

originalidad, y (b) Asegurar y hacer un seguimiento de los marcos de acceso y participación en los beneficios, por ejemplo, que se compruebe que se ha obtenido el consentimiento fundamentado previo y el acceso a los beneficios para los recursos genéticos sujetos a patente (World Intellectual Property Organization, 2018).

En el plano de la propiedad intelectual sobre variedades vegetales mejoradas, Guatemala, pidió la adhesión al Acta de 1991 de la Upov, en el marco de los tratados de libre comercio con Estados Unidos y Canadá, que se utiliza como una alternativa a las patentes vegetales (Dutfield, 2011), por lo tanto hay compromiso de elaborar una normativa al respecto, que está referida especialmente para variedades mejoradas, muchas veces de material genético que ya está en manos de mejoradores y que conllevan un trabajo genético de largo tiempo.

Por su parte, la relación de los contenidos en el Acta 1991 de Upov y su relación con lo que se refiere a ABS es necesario llevarlo a una discusión amplia ya que en el país el decreto con el cual se cumplía como Estado con el compromiso de adhesión a Upov para la protección de variedades mejoradas, creo mucha controversia y evidenció una brecha amplia entre la visión de los mejoradores y los agricultores (Alvarado, 2016).

Pareciera que al hablar del protocolo de Nagoya se está en contra de la propiedad intelectual, sin embargo no son totalmente excluyentes, pues la posibilidad de generar beneficios de un producto de la biodiversidad, se puede realizar por medio del Consentimiento Previo Informado y con mayor certeza con los Términos Mutuamente Acordados (Ribadeneira, 2014), así como en el monitoreo y vigilancia, que son acciones que el Protocolo le asigna a cada Estado, en acciones por ejemplo de establecimiento de puntos de chequeo, certificados de origen reconocidos internacionalmente y centros de intercambio de información sobre ABS (Delgado, 2013).

## ABS en Guatemala

Lo que se refiere la participación justa y equitativa en los beneficios de la utilización de los recursos genéticos, en todo caso va a depender de una negociación justa y equitativa de los beneficios, pero no con todos, sino con comunidades con quien se haga la negociación (Lago, 2007). Sin embargo, los pueblos indígenas y comunidades locales muchas veces están poco preparadas y por eso es importante desarrollar capacidades en estos temas, en la organización y gobernanza territorial de este tipo de procesos.

Se debe reconocer que en el imaginario de los pueblos indígenas y comunidades locales el concepto de recursos genéticos como tal y ABS es poco conocido y por ende el término se utiliza muy poco. Sin embargo desde sus conocimientos, innovaciones y prácticas es totalmente compatible; esa es la razón de como los agricultores en sierra de los Cuchumatanes hacen fitomejoramiento participativo y selección masal estratificada (Asocuch, 2015); evidenciando que la sinergia entre sistemas de conocimientos es posible. El manejo de este concepto se da más en el plano técnico de las instituciones públicas y privadas relacionadas con la temática. Esto no debe verse como indicador de que las y los titulares del conocimiento carezcan de una comprensión del tema, sino la necesidad de equiparar conocimientos para la mejor comprensión entre los poseedores y del conocimiento y los que quieren poseer ese bien. En ese sentido el planteamiento y la exigencia que se plantea es el reconocimiento de los titulares de derechos; comprender que los conocimientos pertenecen a los pueblos indígenas y comunidades locales (Conap, 2018a) y que por lo tanto en un ámbito ABS, la cultura y lo económico, tiene que tener una negociación justa.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (Pnuma) ha promovido en varios países proyectos que contribuyan a demostrar en los pueblos indígenas y comunidades locales el valor del ABS. En Guatemala entre los años 2014-2017 se desarrolló el proyecto denominado Acceso y distribución de beneficios y protección de los conocimientos tradicionales para promover la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad en Guatemala *Access and Benefit Sharing and Protection of Traditional Knowledge to Promote Biodiversity Conservation and Sustainable Use in Guatemala*, que tuvo como principales objetivos: (1) Desarrollar marcos políticos y legales, y mecanismos institucionales para el acceso y la distribución de beneficios (ABS), para fortalecer la conservación de la biodiversidad, promover el desarrollo rural y apoyar la adaptación al cambio climático; (2) Proteger el conocimiento cultural tradicional asociado con el uso sostenible de la biodiversidad para catalizar su potencial para el desarrollo rural; y, (3) Construir vínculos entre la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible (Conap, 2018a).

Los principales resultados de este proyecto permitieron dejar la propuesta de la política sobre recursos genéticos y patrimonio biocultural y algunos avances para el planteamiento de un proyecto de decreto sobre el tema; el trabajo realizado en dos áreas piloto del país (Rabinal, Baja Verapaz, y San Juan La Laguna, Sololá)

donde se pudo hacer la identificación de los recursos genéticos en agroecosistemas, desarrollar elementos de conservación de recursos genéticos y desarrollo de innovaciones de los productos que se producen, además de la creación de la autoridad local competente y ejemplos de acceso.

En la parte de educación para la formación de capital humano se elaboraron guías de estudio de primaria sobre recursos genéticos y patrimonio biocultural para incluirse en el currículo nacional base de primaria de los municipios anotados.

Se realizó un curso de alto nivel sobre ABS, que contó con la participación de profesionales vinculados con las principales instituciones que tienen que ver con el tema, en donde se buscó la capacitación en temas de biodiversidad, patrimonio biocultural, el acceso y reparto justo de los recursos genéticos y los la legislación y vacíos legales en el país sobre el tema.

## Conclusiones

Los instrumentos desarrollados para el cumplimiento del CDB, por parte del Conap, tienen elementos para el manejo del tema ABS en el país, sin embargo hace falta legislación con carácter de ley en el tema de acceso a los recursos genéticos y patrimonio biocultural, al respecto ya se tiene trabajo adelantado en la propuesta del proyecto ABS/Guatemala. La legislación en acceso de los recursos genéticos y patrimonio biocultural, pondrá al país en condiciones adecuadas para un futuro cumplimiento del Protocolo de Nagoya, a la vez que puede englobar el cumplimiento de otros compromisos de Estado con recursos fitogenéticos como son Upov y Tirfaa.

Guatemala como país megadiverso, debe potenciar su biodiversidad y los conocimientos tradicionales asociados, convirtiéndolos en parte estratégica del Estado, para lo cual algunas acciones pueden ser: (a) contar con la legislación correspondiente, (b) contar con una asignación presupuestaria mayor para las instituciones involucradas en su conservación y manejo de tal forma de dar cumplimiento a los convenios internacionales y al interno tener la capacidad económica para valorar los recursos genéticos y conocimientos tradicionales; y, (c) educación rural a distintos niveles sobre ABS, ya que en la población guatemalteca hay desconocimiento sobre el tema de acceso, beneficios y reparto justo del aprovechamiento de los recursos genéticos y la importancia que revisten para desarrollar la biodiversidad y los conocimientos tradicionales como un eje de desa-

rollo. En este proceso de educación debe involucrarse el Conap, ministerio de educación, universidades y organizaciones no gubernamentales.

El periodo de dos años que tuvo de vigencia el Protocolo de Nagoya mostró debilidades institucionales para enfrentar su aplicación, pero a través de dos experiencias de acceso, se obtuvieron lecciones aprendidas que abonan para la reglamentación al respecto. Es más, es importante que el Conap siga trabajando sobre una propuesta para su aplicación, por medio de propiciar la legislación pertinente que debe aprobarse para ABS en el marco del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Tener esta legislación es beneficio tanto para la institución que puede ampliar sus criterios de aplicación a los recursos genéticos y a los pueblos indígenas y comunidades locales en la valoración de su biodiversidad y el reconocimiento como verdaderos poseedores de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales asociados que pueden aprovecharse en el país.

## Referencias

- Alvarado, E. A. (2016). *Efectividad de la acción colectiva en el contexto guatemalteco: El caso de las movilizaciones y protestas sociales del año 2014 contra la ley para protección de obtenciones vegetales (ley Monsanto)* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Escuela de Ciencia Política. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/28/28\\_0884.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/28/28_0884.pdf)
- Arana, M. C. (2012). Identificación de relaciones entre la propiedad industrial y la biodiversidad: El caso peruano. *Anuario Andino de Derechos Intelectuales*, 8(8), 255-284.
- Asociación de Organizaciones de los Cuchumatanes. (2015). Uso sostenible de la agro-biodiversidad de maíz, frijol y especies sub-utilizadas en comunidades indígenas de Centroamérica: Una estrategia para la seguridad alimentaria y adaptación climática. Recuperado de <http://asocuch.com/typography.html>
- Azurdia, C. (2014). *Cultivos nativos de Guatemala y bioseguridad del uso de organismos vivos modificados. Frijol (Phaseolus spp.)* (Documento Técnico No. 9-2014). Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Benítez, H. (2010). ¿Logrará la diplomacia ambiental una esperanza para nuestro capital natural? *Am-bienta*, (91), 20-31.
- Boff, S. O., & Giménez, M. C. (2017). Conocimientos tradicionales: Acercamientos de los marcos regulatorios de propiedad intelectual entre Brasil y México. *Revista de Opinión Jurídica, Fortaleza*, 15(21), 198-219. doi:10.12662/2447-6641oj.v15i21.p198-219.2017
- Buppert, T., & McKeehan, A. (2013). *Directrices para la aplicación del consentimiento libre, previo e informado: Manual para conservación internacional*. Arlington: Conservation International. Recuperado de [https://www.conservation.org/sitecollectiondocuments/ci\\_fpic-guidelines-espanol.pdf](https://www.conservation.org/sitecollectiondocuments/ci_fpic-guidelines-espanol.pdf)
- Burhenne-Guilmin, F., & Casey-Lefkowitz, S. (1992). The Convention on Biological Diversity: A hard won global achievement, *Yearbook of International Environmental Law*, 381, 43-59. doi: 10.1093/yiel/3.1.43
- Cabrera, J., & López, C. (2008). *Enfrentando los problemas de acceso: Protegiendo las fuentes, mientras que se brinda certeza a los usuarios*. Gland, Suiza: Union Mundial para la Naturaleza. Recuperado de <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/EPLP-067-1-Es.pdf>
- Casas, A., Caballeros, J., Mapes, C., & Zárata, S. (1997). Manejo de la vegetación, domesticación de plantas y origen de la agricultura en Mesoamérica. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 61, 31-47. doi: 10.17129/botsci.1537
- Centro del Sur. (2015). *Características principales, desafíos y oportunidades del protocolo de Nagoya. Informe sobre políticas*. Ginebra: Autor. Recuperado de [https://www.southcentre.int/wp-content/uploads/2015/10/PB18\\_Nagoya-Protocol-Main-Characteristics-Challenges-and-Opportunities\\_ES.pdf](https://www.southcentre.int/wp-content/uploads/2015/10/PB18_Nagoya-Protocol-Main-Characteristics-Challenges-and-Opportunities_ES.pdf)
- Cetina, R. (2018). *El Patrimonio biocultural como mecanismo sui generis de protección de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales en Guatemala*. Guatemala: Cooperación Alemana.
- Cifuentes, G., & Mantilla, L. (2013). Los recursos genéticos en el convenio sobre la diversidad biológica: Consideraciones preliminares para el entendimiento del concepto jurídico de recurso genético. *Juridicas CUC*, 9(1), 63-87.



- Comisión Nacional del Medio Ambiente. (1999). *Estrategia nacional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad y su plan de acción Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable. (2017). *Conocimiento tradicional asociado a los recursos biológicos* (Cuaderno de divulgación 1). México: Autor
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2008). *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (Documento técnico 67, 06-2008). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013a). *Implementación del convenio de diversidad biológica en Guatemala: Logros y oportunidades* (Políticas, Programas y Proyectos No. 14, 01-2013). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013b). *Política nacional de diversidad biológica, estrategia nacional de diversidad biológica (Acuerdo Gubernativo 220-2011) y su plan de acción 2012-2022 (Resolución 01-16-2012)*. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2014). *V informe nacional de cumplimiento a los acuerdos del convenio sobre la diversidad biológica* (Documento Técnico No. 3 - 2014). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2015). *Resultados de la doceava conferencia de las partes del convenio sobre diversidad biológica y sus protocolos* (Documento técnico No. 01-2015). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2016a). *ABS Guatemala, acceso a los conocimientos tradicionales y reparto de beneficios para la promoción de la conservación de la diversidad biológica y el desarrollo rural* (Documento técnico No. 31-2016). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2016b). *Plan estratégico institucional de Conap 2016-2025*. Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2018a). *Aporte de las mujeres, pueblos indígenas y comunidades locales en la construcción y conservación del patrimonio biocultural a nivel territorial en la República de Guatemala* (Documento técnico No. 12-2018). Guatemala: Autor.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2018b). *Rondas regionales de dialogo con pueblos indígenas y comunidades locales* (Documento Técnico No. 04-2018). Guatemala: Autor.
- Decreto del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica, 06-2014. Diario de Centroamérica, No. 6, t.299 (3 de marzo de 2014).
- Delgado, D. (2013). *El flujo y monitoreo de los recursos genéticos en el marco del protocolo de Nagoya*. Lima: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de [https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/El\\_Flujo\\_y\\_Monitoreo\\_de\\_Recursos\\_Gen%C3%A9ticos.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/El_Flujo_y_Monitoreo_de_Recursos_Gen%C3%A9ticos.pdf)
- Dutfield, G. (2011). *Alimentos, diversidad biológica y propiedad intelectual: El papel de la UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales)* (Documento Temático sobre Propiedad Intelectual # 9). Ginebra: Quaker United Nations Office. Recuperado de <http://quino.org/sites/default/files/resources/Alimentos%2C%2Bdiversidad%2Bbiol%C3%B3gica%2By%2BPI%2B-%2BUPOV.pdf>
- Eguarte, L. E., Hernández-Rosales H. S., Barrera-Re-dondo, J., Castellanos-Morales, G., Paredes-Torres, L. M., Sánchez-de la Vega, G., ... Lira, R. (2018). Domesticación, diversidad y recursos genéticos y genómicos de México: El caso de las calabazas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 85-101. doi: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.159.
- Esteve, M. A. (2015). Evolución de los paradigmas en conservación de la naturaleza desde una perspectiva ambiental: En recuerdo de Ricardo Codorníu. *Revista Eubacteria*, 34, 44-50.
- Estrella, J., Monaservas, R., Mariaca J., & Ribadeneira, M. (2005). Biodiversidad y recurso fitogenéticos: Una guía para su uso y acceso en Ecuador. Quito: Ecociencia.
- Gerbasi, F. (2008). Importancia del tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. *Recursos Naturales y Ambiente*, 53, 6-8.



- Glowka, L., Burhenne-Guilmin, F., & Synge, H. (1996). *Guía del convenio sobre la diversidad biológica*. Gland y Cambridge: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- Greiber, T., Peña, S., Åhrén, M., Nieto, J., Chege, E., Cabrera, ... Williams, Ch. (2012). Guía explicativa del protocolo de Nagoya sobre acceso y participación en los beneficios (Serie de Política y Derecho Ambiental No. 83). Gland, Suiza: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de [https://cmsdata.iucn.org/downloads/guia\\_explicativa\\_del\\_protocolo\\_de\\_nagoya.pdf](https://cmsdata.iucn.org/downloads/guia_explicativa_del_protocolo_de_nagoya.pdf)
- Heidbrink, K., Oepen, M. (2015). *Comunicación estratégica para ABS*. Quito: Ministerio del Ambiente y Comisión Centroamericana de Ambiente. Recuperado de [http://www.abs-initiative.info/fileadmin/media/Knowledge\\_Center/Publications/CEPA/Guide\\_-\\_Strategic\\_Communication\\_ABS\\_-\\_ABS\\_Initiative\\_-\\_SP\\_-\\_201601.pdf](http://www.abs-initiative.info/fileadmin/media/Knowledge_Center/Publications/CEPA/Guide_-_Strategic_Communication_ABS_-_ABS_Initiative_-_SP_-_201601.pdf)
- Hinsley, A., & Roberts, D. L. (2018). Assessing the extent of access and benefit sharing in the wildlife trade: Lessons from horticultural orchids in Southeast Asia. *Environmental Conservation*, 45(3), 261-268. doi:10.1017/S0376892917000467
- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. (junio 2018). *ICTA guardiana de la riqueza genética nativa de maíz y frijol de la Sierra de los Cuchumatanes*. Boletín, 1-2 Recuperado de <https://www.icta.gob.gt/publicaciones%202018/boletines/Boletín%20ICTA%20Junio,%202018.pdf>
- Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible. (2011). Síntesis de la primera reunión del comité intergubernamental del protocolo de Nagoya para el convenio sobre la diversidad biológica: 5 al 10 de junio 2011. *Boletín de Negociaciones de la Tierra*, 9(551), 1-16.
- Kamau, E. C., Fedder, B., & Winter G. (2010). The Nagoya Protocol on access to genetic resources and benefit sharing: What is new and what are the implications for provider and user countries and the scientific community? *Law, Environment and Development Journal* 6(3), 248-262.
- Lago, A. (2007). El acceso a los recursos genéticos y el reparto justo y equitativo de los beneficios derivados de su utilización. *Documentación Social*, 145, 211-230.
- Lago, A. (2011). El protocolo de Nagoya. *Ambienta*, 94, 36-43.
- León, J. (2000). *Botánica de los cultivos tropicales* (3.<sup>a</sup> ed.). San José: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- León De, K. (marzo 2014). El Protocolo de Nagoya y el sector industrial. *Revista Industria y Negocios*.
- Mackey, T. K., & Liang, B. A. (2012). Integrating biodiversity management and indigenous bio-piracy protection to promote environmental justice and global health. *American Journal of Public Health*, 102(6), 1091-1095. doi:10.2105/AJPH.2011.300408
- Maselli, S. (2013). Recursos fitogenéticos: Elementos clave para el desarrollo y seguridad alimentaria. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 26, 56-59.
- Montenegro, C., & López, B. (2016). *Sistematización, análisis, lecciones aprendidas y recomendaciones derivadas de las experiencias de acceso llevadas a cabo por el CONAP*. Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Moore, G., & Tymowski, W. (2008). *Guía explicativa del tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura* (Serie política y derecho ambiental, No. 57). Gland, Suiza: Unión Mundial para la Naturaleza.
- Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la diversidad biológica*. New York: Autor. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Narváez, I. (2007). La política ambiental del Estado: ¿Hacia el colapso del modelo de conservación? En G. Fontaine & I. Narváez (Eds.), *Yasuni en el siglo XXI. El Estado ecuatoriano y la conservación de la Amazonía* (Cap. 1). Quito: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales.
- Nemogá-Soto, G. R., Rojas, D. A., Lizarazo, O. A. (2013). *La investigación científica en biodiversidad en los países megadiversos: Oportunidades para alianzas técnico-científicas*. Quito: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. Recuperado de [https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/Doc\\_Tec\\_Investigacion\\_Cientifica.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/migrated/docs/Doc_Tec_Investigacion_Cientifica.pdf)
- Normand, V. (2016). The Nagoya protocol status of progress towards ratification and implementation, and capacity-building activities. Recupe-

- rado de <https://www.cbd.int/doc/meetings/abs/abschiac-2016-01/other/abschiac-2016-01-presentation-scbd-en.pdf>
- Oliva, M. J. (2016). La implementación del Protocolo de Nagoya: Reflexiones, desafíos y oportunidades. *Puentes*, 17(9), 8-11.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2009). *Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Roma: Autor. Recuperado de [http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/hnd/files/Tratado\\_internacional\\_sobre\\_los\\_recursos\\_fitogeneticos\\_para\\_la\\_alimentacion\\_y\\_la\\_agricultura.pdf](http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/hnd/files/Tratado_internacional_sobre_los_recursos_fitogeneticos_para_la_alimentacion_y_la_agricultura.pdf)
- Plataforma de Bancos de Germoplasma del CGIAR. (2018). *Directrices sobre el protocolo de Nagoya para los centros de investigación del CGIAR*. Montpellier, Francia: Autor. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/96971/Directrices-ES.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Proyecto Biofin Guatemala. (2016). *Integración del gasto público y privado en protección y conservación de la diversidad biológica de Guatemala*. Guatemala: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Programa de Naciones Unidas para el Ambiente. (2014). *El protocolo de Nagoya. En vías de aplicación*. Montreal, Canadá: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- Redsag. (2 de febrero de 2018). Protocolo de Nagoya, un decreto que promueve la privatización y la comercialización de la biodiversidad en Guatemala. Recuperado de [http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Protocolo\\_de\\_Nagoya\\_un\\_Decreto\\_que\\_promueve\\_la\\_privatizacion\\_y\\_la\\_comercializacion\\_de\\_la\\_biodiversidad\\_en\\_Guatemala](http://www.biodiversidadla.org/Documentos/Protocolo_de_Nagoya_un_Decreto_que_promueve_la_privatizacion_y_la_comercializacion_de_la_biodiversidad_en_Guatemala)
- Ribadeneira, M. (2014). Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización: Cuatro retos para su implementación en países de América Latina y el Caribe. *Opera*, 15, 127-146.
- Rivas, A. J. (2016). *Análisis jurídico del protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización dentro del marco del convenio sobre diversidad biológica y su aplicación en Guatemala* (Tesis de licenciatura). Universidad Rafael Landívar, Guatemala.
- Rodríguez, D., & Martínez J. (2013). *Evaluación de la eficacia de las áreas protegidas*. Bilbao: Fundación BBVA.
- Rojas, D. L. (2013). Vicisitudes del Protocolo de Nagoya en Colombia. *Revista Gestión y Ambiente*, 16(3), 17-23.
- Ruiz, M. (2011). Un ensayo crítico del Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos: Problemas de definición y de fondo. *Anuario Andino de Derechos Intelectuales*, 7(7), 373-378.
- Santilli, J. (2009). *Agrobiodiversidade e direitos dos agricultores* (Tesis de maestría). Pontificia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (s.f.). *Leyes relevantes sobre propiedad intelectual: Guatemala ley de propiedad industrial y sus reformas, Decreto No. 57-2000*. Guatemala: Autor.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2002). *Directrices de Bonn sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios provenientes de su utilización*. Montreal: Autor.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio sobre la diversidad biológica: Texto y anexo*. Montreal, Canadá: Autor
- Silvestri, L. C. (2016). Conservación de la diversidad genética en el Perú: Desafíos en la implementación del régimen de acceso a recursos genéticos y distribución de beneficios. *Revista Peruana de Biología*, 23(1), 73-79. doi:10.15381/rpb.v23i1.XXXX
- Talledos, E. (2007). La biodiversidad como recurso estratégico. *Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales*, 11(245), 38.
- van Zonneveld, M., Loo, J., Maselli, S., Madrid, J. J., & Echeverria, J. L. (2018). Bridging molecular genetics and participatory research: How access and benefits haring stimulate interdisciplinary

- research for tropical biology and conservation. *Biotropica*, 50(1), 178-186. doi:10.1111/btp.12515
- von Kries, C., & Winter, G. (2015). Defining commercial and non-commercial research and development under the Nagoya Protocol and in other contexts. En E. C. Kamau, G. Winter & P. T. Stoll (Eds.). *Research and development on genetic resources. Public domain approaches in implementing the Nagoya protocol* (Cap. 3, pp. 60-74). London: Routledge.
- World Intellectual Property Organization. (2018). *A Guide to intellectual property issues in access and benefit-sharing agreements*. Geneva: Autor.
- Zizumbo-Villarreal, D., & Colunga-GarcíaMarín, P. (2016). La milpa del occidente de Mesoamérica: Profundidad histórica, dinámica evolutiva y rutas de dispersión a Suramérica. *Revista Geografía Agrícola*, 58, 36-46. doi:10.5154/rga.2017.58.001

# Instrucciones para autores

**C**iencia, Tecnología y Salud es la Revista de Investigación y Postgrado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, orientada a divulgar los conocimientos de las áreas científicas, tecnológicas y de la salud humana y animal a la comunidad científica nacional e internacional. Constituye una publicación de carácter semestral no lucrativa en formato digital (Open Journal System-OJS) y en forma impresa, cuyos manuscritos, aceptados para publicación son sometidos a procesos de revisión y arbitraje por pares ciegos y externos, lo que garantiza al lector y autores un alto nivel y rigor académico.

## Instrucciones generales (lea detenidamente todas las instrucciones para autor)

1. La Revista publica los siguientes tipos de manuscritos:
  - a. Artículos científicos
  - b. Artículos de revisión
  - c. Ensayos
  - d. Reseñas
  - e. Reporte de casos
  - f. Comunicaciones cortas
  - g. Conferencias de congresos científicos
  - h. Resúmenes de congreso
2. La revista presta consideración editorial a artículos originales inéditos en idioma español e inglés. Si el material a publicar ha sido presentado en forma parcial en algún Congreso Científico, indíquelo al final del resumen o en carta al editor.
3. Para enviar un manuscrito regístrese como autor en la plataforma OJS, (sección registrarse), los artículos incompletos que no cumplan las Instrucciones para Autores, serán devueltos sin evaluación.
4. Todos los trabajos deben presentarse en formato MS Word (versión 2007) o formato LaTeX (por medio de la plantilla que puede descargar en <https://github.com/hepfpeh/cts-DIGI>). Tamaño carta, letra Times New Roman 12 puntos, interlineado de 1.5, márgenes de 2.5 cm, a una columna, sin justificar, páginas numeradas y las citas y referencias de acuerdo al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6a edición. El sistema de medidas utilizado debe ser el sistema métrico decimal y las palabras en otro idioma deben aparecer en cursiva, excepto las abreviaturas comunes en el idioma en que se escribe (et al., per se, a priori, etc.)
5. Todos los trabajos deben incluir una portadilla, donde se consigne el título corto (no mayor a 11 palabras), título en español e inglés, los nombres de los autores (nombre, apellido), su afiliación institucional (utilizar números arábigos en superíndice) y dirección electrónica para enviar correspondencia (se indicará al autor con un asterisco).
6. Los manuscritos que informen investigaciones con seres humanos o animales, deben incluir una sección de Aspectos

Éticos del trabajo, incluyendo la aprobación por un Comité de Ética cuando corresponda, el consentimiento informado en caso de estudios con seres humanos y los procedimientos utilizados para el manejo ético de animales de laboratorio.

7. Las tablas, figuras e imágenes, deben ser enviadas en archivos separados (archivos complementarios OJS) y en el formato original utilizado (Ej. .doc, .docx, .xls, .xlsx, .png, .jpg, TIFF). Las imágenes en colores, deben tener un mínimo de 300 dpi de resolución. Para el caso de mapas, se debe colocar los créditos, sistema de coordenadas y escala.

## Instrucciones específicas:

Se recomienda a los autores revisar un número anterior de la revista para visualizar el contenido del artículo previo a su envío.

### 1. Artículo científico

Son artículos que informan sobre resultados de proyectos de investigación. La extensión máxima es de 20 páginas e incluye lo siguiente:

- a. Resumen: Objetivos, metodología, resultados más relevantes y conclusión. No más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract (inglés): Objetivos, metodología, resultados más relevantes y conclusión. No más de 250 palabras, incluir 5 keywords
- c. Introducción
- d. Métodos
- e. Resultados
- f. Discusión
- g. Agradecimientos (incluir fuente y número de financiamiento)
- h. Referencias (Normas APA)
- i. Tablas y Figuras (Normas APA)

### 2. Artículos de revisión

Los artículos de revisión presentan temas de importancia tratados por expertos y únicamente se aceptan por invitación del Consejo Editorial. La extensión máxima es de 20 páginas y deben incluir lo siguiente:



- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract (inglés): incluir 5 keywords
- c. Introducción
- d. Contenido
- e. Conclusiones
- f. Referencias (mínimo 50 referencias)
- g. Tablas y Figuras (Normas APA)

### 3. Ensayos

Los ensayos son trabajos en que el autor aborda su interpretación de un tema relevante a la ciencia, la tecnología o la salud. Plantea argumentos y opiniones personales basados en literatura científica, concluyendo con una posición sobre el tema seleccionado. La extensión máxima es de 20 páginas e incluye lo siguiente:

- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract
- c. Introducción
- d. Contenido
- e. Conclusiones
- f. Referencias (Normas APA)

### 4. Reseñas

Las reseñas son revisiones y comentarios sobre nuevos libros (con ISBN), videos u otras obras. Su extensión máxima es de dos páginas y su formato es libre. Debe incluir la referencia bibliográfica completa, fotografía de la obra y dirección electrónica cuando aplique.

### 5. Reporte de casos

Estos artículos presentan en forma detallada y documentada casos especiales que merezcan la atención del ámbito de la revista. Pueden ser casos clínicos, tecnológicos o de otros campos de la ciencia. La extensión máxima es de 10 páginas e incluye lo siguiente:

- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract: incluir 5 keywords
- c. Introducción
- d. Presentación del caso
- e. Discusión
- f. Referencias (Normas APA)
- g. Tablas y Figuras (Normas APA)

### 6. Comunicaciones cortas

Estos artículos presentan datos de interés sobre un estudio limitado o resultados preliminares de una investigación de impacto. Los artículos breves incluyen (pero no se limitan): desarrollo de nuevos materiales, experimentos y teoría de vanguardia, novedad en simulación y modela-

ción, elucidación de mecanismos químicos. La extensión máxima es de 10 páginas e incluye lo siguiente:

- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract: incluir 5 keywords
- c. Introducción
- d. Métodos
- e. Resultados
- f. Discusión
- g. Agradecimientos
- h. Referencias

### 7. Conferencias de congresos científicos

Son conferencias presentadas en congresos o eventos científicos acordes a la temática de la revista. El Comité Organizador del congreso o evento científico hace una solicitud formal al Comité Editorial para la asignación editorial. Las conferencias son revisadas, editadas y seleccionadas por el Comité Organizador y no son evaluadas por pares. La extensión máxima es de 20 páginas e incluye lo siguiente:

- a. Portadilla
- b. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 5 palabras clave
- c. Abstract y keywords
- d. Introducción
- e. Contenido
- f. Conclusiones
- g. Referencias (Normas APA)

### 8. Resúmenes de congreso

Se publicarán ponencias orales o de poster de Congresos que así lo soliciten. Los trabajos incluyen:

- a. Título en español e inglés
- b. Nombre y afiliación de los autores
- c. Nombre del autor responsable al que se dirige la correspondencia
- d. Resumen: objetivo, metodología, resultados más relevantes y conclusión. Máximo 250 palabras, incluir 5 palabras clave.
- e. Abstract (resumen en inglés), incluir 5 keywords.
- f. Nombre del Congreso, lugar y fecha, y modo en que fue presentado (Oral o Póster)

### Proceso de publicación

El proceso de publicación tiene tres etapas. La primera realizada por el Comité Editorial para revisar formato, redacción, estructura y estadística; con las observaciones se devuelve al autor para su corrección. La segunda etapa consiste en el envío a pares ciegos externos, en caso de opiniones contradictorias, se enviará a un tercer par. La última etapa consiste en la edición final (filología), diagramación y aceptación de prueba de imprenta. Los autores deberán contestar las demandas de corrección en cada etapa, en un máximo de 30 días, en caso contrario, el manuscrito se declarará rechazado y deberá comenzar el trámite de aceptación nuevamente.

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6 Num. 2 jul/dic 2019

---

## Revisores de este volumen

---

### **Arturo Brenes Angulo**

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

### **Carlos Bregni Román**

Centro Clínico de Cabeza y Cuello, Guatemala

### **Carlos Montenegro**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Carolina Árevalo Valdéz**

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (Igss),  
Guatemala

### **César Azurdia**

Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap),  
Guatemala

### **Clara L. Godínez**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Claudia Romero**

Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

### **Claudia E. Toledo**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Cristian Tovilla Hernandez**

El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula México

### **Dulce Ma. G. Salmones Blásquez**

Instituto de Ecología (Inecol), México

### **Edgar S. Pérez**

Fundación para el Desarrollo Rural Junej T'inam,  
Guatemala

### **Edgardo Cáceres Estrada**

Centro Mesoramericano de Estudios sobre  
Tecnología Apropiaada (Cenat), Guatemala

### **Elisa C. Hernández**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Everardo Barba Macías**

El Colegio de la Frontera Sur, Villahermosa, México

### **Gerardo Mata Montes de Oca**

Instituto de Ecología (Inecol), México

### **José F. Moreira Ramírez**

Sociedad para la Conservación de la Vida Silvestre,  
Guatemala

### **José F. García Ochaeta**

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación,  
Guatemala

### **Jose Franco**

University of North Florida, United State

### **José V. Martínez**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Julieta Salazar de Ariza**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

### **Luis A. Callejas**

Clinica de Periodoncia Integral, Guatemala

### **Mahbubur Rahman**

University of North Florida, United State

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 6    Num. 2    jul/dic 2019

## Revisores de este volumen

---

**Manolo Rivera**

Instituto de Física Aplicada, Universidad de Bonn  
Alemania

**María Najera**

Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

**Maura Liseth Quezada**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Natalia Labrín Sotomayor**

El Colegio de la Frontera Sur, Campeche, México

**Pedro Pardo**

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Rony Pérez**

Programa Moscamed, Guatemala

**Salvador Horacio Guzman Maldonado**

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales,  
Agrícolas y Pecuarias (Inifap), México

**Sucelly Orozco**

Universidad de San Carlos de Guatemala



## Editorial

### Artículos Científicos

*Bovine freeze-dried blood as alternative for feeding of screwworm larvae*

Diego Medina-Arellano

*Enemigos naturales nativos de mosca blanca (Hemiptera: Aleyrodidae) en el cultivo de ejote francés en Chimaltenango, Guatemala*

Claudia E. Toledo-Perdomo

*Aporte al conocimiento de la conectividad del manglar de Las Lisas-La Barrona, Guatemala*

Celia V. Dávila-Pérez, Manolo J. García, Pilar M. Velásquez-Jofre

*Primera aproximación al uso de la ocupación del tapir (Tapirella bairdii Gill, 1865) como indicador de la integridad ecológica en la Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala*

Manolo J. García, Raquel S. Leonardo, Vivian R. González-Castillo, Gerber D. Guzman-Flores, Nery Jurado, Mynor A. Sandoval, Carlos A. Gaitán, Adriana Rivera, Andrea L. Aguilera, María G. Cajbon-Vivar, Cristel M. Pineda, Ana L. Lobos

*Contenido de oligoelementos y factores antinutricionales de hojas comestibles nativas de Mesoamérica*

Armando Cáceres, Vicente Martínez-Arévalo, Max S. Mérida-Reyes, Aníbal Sacbajá, Alejandra López y Sully M. Cruz

*Uso de plasma rico en fibrina comparado con colágeno en el tratamiento de recesión gingival utilizando la técnica estenopéica. Ensayo clínico aleatorizado regional*

José M. López-Robledo, Leonel A. Roldán

*Dengue outbreaks pattern in southern Guatemala*

Juan Adolfo Ponciano, William Polanco, Marlon Barrios

### Artículo de Revisión

*Acceso y participación justa y equitativa en los beneficios que derivan de la utilización de los recursos genéticos (APB): estado actual en Guatemala*

José V. Martínez-Arévalo, Zonia Zacarias, Mercedes Barrios, Helmer Ayala

Los artículos científicos son indexados en:

**latindex ROAD**

**DOAJ** DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

**LILACS**

**MIAR**  
Matriz de Información para el  
Análisis de Revistas

**BASE**

**EBSCO  
HOST**

<http://digi.usac.edu.gt/ojsrevistas>