

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

Universidad de San Carlos de Guatemala

ISSN: 2409-3459

Volumen 2 Número 1

enero / junio 2015

**Artículos Científicos**

**Artículos de Revisión**

**Ensayos Científicos**

**Reseñas**

**Reporte de Casos**



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

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



Sistema de Estudios de Postgrado

Revista de Investigación y Postgrado  
Guatemala, Centroamérica

---

Ciencia, Tecnología y Salud es una publicación de la Dirección General de Investigación (DIGI), con la colaboración del Sistema de Estudios de Postgrado (SEP), de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC). 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 revisión y arbitraje por pares, lo que garantiza al lector y autores un alto nivel y rigor académico.

500

C569 Ciencia, Tecnología y Salud / Dirección General de Investigación, Sistema de Estudios de Postgrado. - - Vol. 2, no. 1. (ene./jun. 2015).  
-- Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, DIGI, SEP, Unidad de Publicaciones y Divulgación, 2015.  
v. : il. ; 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. Sistema de Estudios de Postgrado

---

## Universidad de San Carlos de Guatemala

**Carlos Guillermo Alvarado Cerezo**

Rector

**Carlos Enrique Camey Rodas**

Secretario General

**Gerardo Leonel Arroyo Catalán**

Director General de Investigación, DIGI

**Julio Rufino Salazar Pérez**

Coordinador General de Programas, DIGI

**Julio César Díaz Argueta**

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: 24187950**

**Correo: [cts@digi.usac.edu.gt](mailto:cts@digi.usac.edu.gt)**



---

**Fotografía de portada:** Dennis Guerra-Centeno

**Descripción de la fotografía de portada:** *Spilotes pullatus*, serpiente chichicúa, tomada en el 2012 en la Finca Universitaria San Julián, Patulul, Suchitepéquez.

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 criterio especificados en la licencia Creative Commons (CC BY-NC-SA 4.0)

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2410-6356 (electrónico) / 2409-3459 (impreso)

Vol. 2 Num. 1 ene/jun. 2015

---

## Directorio / Board-Staff

---

---

### Director de la revista

---

**Gerardo Leonel Arroyo Catalán**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

---

### Editor en jefe

---

**Armando Cáceres Estrada**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

---

### Co-editores y Asistente

---

**Augusto Saúl Guerra Gutiérrez**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**María del Rosario Godínez y Godínez**

Sistema de Estudios de Postgrado, USAC, Guatemala

**Andrea Eunice Rodas Morán**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala  
Asistente de Editores

---

### Comité Editorial

---

**Julio Rufino Salazar Pérez**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**Carlos Enrique Acevedo González**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**Dennis Guerra-Centeno**

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, USAC, Guatemala

**Hugo Roberto Muñoz Roldan**

Facultad de Odontología, USAC, Guatemala

**Oscar Federico Nave**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**Hilda Elena Valencia Marroquín de Abril**

Dirección General de Investigación, USAC, Guatemala

**Patricia Velez-Moller**

Facultad de Ciencias Médicas, USAC, Guatemala

---

### Consejo Editorial

---

**Freddy Araya Rodríguez**

Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo,  
Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

**Carolina Arévalo Valdéz**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC,  
Guatemala

**Rodolfo Espinosa**

R.E. Ingeniería, Guatemala

**Heisler Gómez Méndez**

Universidad Federal de Lavras, Brasil

**Eduardo López Bastida**

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cuba

**María Carlota Monroy**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC, Guatemala

**Enrique Pazos**

Facultad de Ingeniería, USAC, Guatemala

**Eduardo Rubio**

Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Igor Iván Slowing Umaña**

Iowa State University, United States of America

---

### Unidad de Publicaciones y Divulgación

---

**Marlene Pawlova Pérez Muñoz**

Unidad de Publicaciones y Divulgación, Guatemala

**Mynor Alexander Alegria Monterroso**

Diseñador gráfico, Guatemala

---

### Asesores de edición

---

**Dara Sucl Higueros Pellecer**

Bibliotecóloga (Normalización documental)

**José David Marroquín**

Asesor filológico, Guatemala

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2410-6356 (electrónico) / 2409-3459 (impreso)

Vol. 2 Num. 1 ene/jun. 2015

---

## Contenido / Contents

---

### Editorial / Editorial ..... 3

#### Artículos Científicos / Scientific Articles

##### Caracterización morfométrica de la gallina de cuello desnudo (*Gallus domesticus nudicollis*) en la región ch'ortí de Guatemala

*Morphometric characterization of chickens naked neck (Gallus domesticus nudicollis) in the ch'orti, region, Guatemala*

Raúl Jáuregui, Hector Flores, Luis Vásquez y María J. Oliva .. 5

##### Riqueza de herpetofauna de la Finca Universitaria San Julián, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala

*Herpetofaunal richness of San Julian University Farm, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala*

Dennis Guerra-Centeno, Héctor Fuentes-Rousselin, David Morán-Villatoro, Carlos Valdez-Sandoval ..... 13

##### Evaluación de la capacidad neutralizante de extractos de plantas de uso popular en Guatemala como antídotos para el envenenamiento por la mordedura de *Bothrops asper*

*Neutralizing activities of ethanolic extracts of six plants traditionally used in Guatemala as antidotes for the envenomation caused by the snake Bothrops asper*

Patricia Saravia-Otten, Rosario Hernández, José M. Gutiérrez, Max Mérida, Armando Cáceres..... 25

##### Efecto del uso de la tierra sobre la erosión y sedimentación de los suelos en El Estor, Izabal

*Effect of land use on soil erosion and sedimentation, in the Estor, Izabal*

Erick Fernando Coc, Eddi Alejandro Vanegas Chacón ..... 39

##### Identificación de microorganismos del género *Phytophthora* asociados a especies de *Quercus* sp. y *Pinus* sp., en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez

*Identification of microorganisms of Phytophthora genre associated to Quercus sp. and Pinus sp. species in the provinces of Guatemala and Sacatepéquez*

José Humberto Calderón Díaz, María del Carmen Santos Bravo ..... 47

##### Regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en tres Biotopos protegidos en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala

*Natural vegetal regeneration as a basis for the development of strategies for ecological restoration in three Protected Biotopes in the Maya Biosphere Reserve, Guatemala.*

Manolo García, Jessica López, María Ramírez ..... 53

#### Ensayos Científicos / Scientific Essay

##### Ética sobre el envenenamiento ofídico en el paisaje agrario de Guatemala

*Ethics of snakebite envenoming in agrarian landscapes of Guatemala*

Dennis Guerra-Centeno ..... 65

##### Erradicación de diabetes en Guatemala: Un sueño posible

*A dream to achieve: diabetes eradication in Guatemala*

José Antonio Cornejo Guerra ..... 75

#### Reseña / Review

##### Hierba Mora, Chipilín, Jícama y Bledo

*Hierba Mora, Chipilin, Jicama and Bledo*

Augusto Saúl Guerra Gutiérrez ..... 85

#### Instrucciones para autores

*Instructions for authors*..... 87

#### Revisores de este número

*Reviewers of this issue* ..... 89

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2410-6356 (electrónico) / 2409-3459 (impreso)

Vol. 2 Num. 1 ene/jun. 2015

## Editorial / Editorial

---

Es con mucha satisfacción que estamos presentando este segundo número de la revista *Ciencia, Tecnología y Salud*, después de haber consolidado el sistema de convocatoria, recepción, evaluación por pares y edición de manuscritos de artículos científicos para la comunidad científica nacional e internacional. Además, hemos avanzado en utilizar en forma sistemática la plataforma Open Journal System (OJS), lo cual simplifica el proceso de edición y control de los manuscritos recibidos, aunque todavía nos falta camino por recorrer y perfeccionarnos en su uso todos los miembros del equipo de edición.

En este número se presentan ocho artículos que presentan diversos aspectos del enfoque multidisciplinario que se plantea en la revista. El primer artículo se refiere a la caracterización morfológica y faneróptica de las gallinas de cuello desnudo de la región ch'orti de Chiquimula, cuyos datos podrían servir de base para el mejoramiento de esta gallina criolla con genética propia que aparentemente tiene una buena capacidad reproductiva, pero que requiere de un esfuerzo grande por parte de los criadores para desarrollar un programa de conservación y mejoramiento que permita homogeneizar la variedad sin caer en consanguinidad extrema.

El tema central de este número se refiere a tres aspectos relacionados sobre anfibios y reptiles de la riqueza zoológica de Guatemala. En primer lugar el estudio de la riqueza de herpetofauna en una finca de la Universidad de San Carlos en la costa sur, que con técnicas de captura y avistamiento sin depredación de las especies e investigación social y documental, durante los últimos 10 años, puso de manifiesto la gran diversidad de herpetofauna que presenta esa finca, demostrando la presencia cuando menos de 28 especies de anfibios y 69 de reptiles e indica su relación con el hombre. El segundo se refiere a un ensayo sobre la ética en el manejo del envenenamiento por mordeduras de serpientes, una problemática del agro que ha recibido

poca atención y apoyo por parte de las autoridades gubernamentales, a pesar del impacto que tiene para los trabajadores de estas regiones rurales; el autor termina incitando a todos los sectores para que contribuyan a disminuir las inequidades en salud y contribuir a la prevención, tratamiento y mitigación de la vulnerabilidad de la población a riesgo. El último es una evaluación experimental de la capacidad neutralizante de extractos etanólicos de seis especies vegetales usadas popularmente en Guatemala para combatir el envenenamiento producido por la mordedura de *Bothrops asper*; por métodos in vitro se evaluó la actividad neutralizadora sobre los efectos proteolíticos y de fosfolipasa A2 (PLA2) del veneno de esta especie; ninguno de los extractos demostró actividad PLA2 intrínseca, pero *Sansevieria hyacinthoides* demostró una neutralización moderada de la actividad PLA2, mientras que *Piper peltatum* y *Cissampelos pareira* demostraron una capacidad moderada de neutralizar la actividad proteolítica del veneno.

Respecto al tema de investigaciones relacionadas con el agro y la ecología, el primer artículo se refiere al efecto del uso de la tierra sobre los niveles de erosión y sedimentación de los suelos en El Estor, Izabal; los autores evaluaron cuatro usos de la tierra (barbecho, agricultura anual, plantaciones de hule y bosque secundarios latifoliado) y midieron en tiempo y espacio, por el método de medición directa de varillas de erosión instaladas en lugares representativos, el efecto sobre el suelo; se concluye que las plantaciones de hule son las que causan las mayores tasas de erosión comparado con el bosque secundario. El segundo se refiere al aislamiento e identificación de especies y cepas de hongos del género *Phytophthora* que afecta los bosques mixtos y viveros de especies forestales del género *Quercus* y *Pinus* en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez, demostrando que la cepa VP16 es de alta incidencia en la zona y que ataca con severidad a la

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2410-6356 (electrónico) / 2409-3459 (impreso)

Vol. 2 Num. 1 ene/jun. 2015

## Editorial / Editorial

---

mayoría de las especies de *Pinus*. El tercero se refiere a la regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en zonas de reserva; los autores realizaron varias encuestas de campo en zonas de reserva del Petén y una revisión de literatura para determinar la dinámica de regeneración natural mediante la caracterización de la estructura y composición de la vegetación en diversos estadios de regeneración natural; los datos recopilados permitieron desarrollar un marco conceptual para desarrollar una estrategia de restauración ecológica natural en la Reserva de la Biosfera Maya.

El último artículo es un ensayo sobre un problema de gran incidencia tanto en Guatemala como a nivel mundial. El autor hace una revisión de los factores locales e internacionales que inciden en la pandemia de diabetes a nivel global; después de un análisis integral de los factores que inciden, concluye que en Guatemala la enfermedad está en franco aumento, convirtiéndose

en una de las principales causas de mortalidad a nivel nacional, se demuestra que es evidente que el país posee las condiciones para el aumento de la enfermedad, particularmente por el alto índice de obesidad infantil y del adulto, la falta de actividad física, el sedentarismo y la carencia de planes de prevención, diagnóstico y tratamiento temprano por parte de las autoridades sanitarias.

Con gran entusiasmo vemos que, aunque lentamente, los sectores académicos comienzan a reaccionar y están en la disposición de hacer públicos sus resultados. Instamos a los sectores académicos a contactarnos para conocer las instrucciones para los autores y viabilizar sus trabajos en el concepto de universalización de las investigaciones y resultados, como un compromiso inherente al profesor universitario. Por otro lado, la publicación de las investigaciones nacionales aumentará las posibilidades de contacto con otros investigadores, visibilizará las actividades de investigación del país y mejorará los indicadores académicos de nuestro país.

# Caracterización morfométrica de la gallina de cuello desnudo (*Gallus domesticus nudicollis*) en la región ch'ortí de Chiquimula, Guatemala

Raúl Jáuregui\*, Hector Flores, Luis Vásquez y María J. Oliva

Instituto de Investigación, Centro Universitario de Oriente (CUNORI),  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Recibido: 19 de septiembre 2014 / Fecha de 1era. revisión: 07 de octubre de 2014 / Fecha de 2da. revisión: 21 de enero de 2015

Aceptado: 29 de febrero de 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

## Resumen

Se caracterizaron morfométrica, faneróptica y morfológicamente a gallinas y gallos de cuello desnudo (324 hembras y 60 machos) en los cuatro municipios de la región ch'ortí de Chiquimula. Las variables evaluadas fueron 18 cuantitativas para la hembra y 16 para el macho, nueve cualitativas y ocho índices zoométricos. El análisis de las variables zoométricas se realizó a través del procedimiento análisis univariado, con medidas de tendencia central y medidas de dispersión, y para analizar la proporcionalidad y armonía entre las diversas regiones corporales mediante la correlación de Pearson. Los resultados principales son: peso de 1.84 kg/hembra y 2.29 kg/macho; alzada 27.84 cm/hembra y 32.51 cm/macho; metatarso 10.25 cm/hembra y 11.76 cm/macho; ambos tienen más alzada que longitud, inclinados hacia adelante; en cuanto a sus perímetros, el abdominal es el mayor y curvado característica de las gallinas ponedoras y una grupa alargada con dorso plano. Sus índices corporales son aves alargadas, con capacidad reproductiva (índice pélvico 71.82%) y poca formación de músculo para la producción de carne (índice compactación 6.80%/hembra y 7.03%/macho), cabeza alargada, tórax elíptico y miembros fuertes y altos. Las características morfológicas y fanerópticas describen un ave de piel blanca, metatarso amarillo, plumas en garganta, cresta simple con barbilla y orejuelas, los colores de pluma son la combinación de marrón, negro, gris y blanco, el color de la cáscara varía del blanco al marrón claro y con una armonización corporal hasta del 61% lo que le da una homogeneidad medianamente aceptable a la morfoestructura de la gallina.

Palabras claves: Morfología aviar, zoometría, recursos zoogenéticos locales.

## Abstract

Hens and roosters naked neck (324 females and 60 males) were characterized morphological and phenotypically in four villages of the ch'ortí area in the province of Chiquimula. Variables evaluated were 18 quantitative for females and 16 for males, nine qualitative and eight zoometric ranges. The zoometric variables analyzed were made according to the univariate analysis procedure with measurements of central tendency and dispersion measurements to analyze the proportion and harmony between the different corporeal areas we used the Pearson correlation. In the results weight of 1.84 kg/female and 2.29 kg/male; raised 27.84 cm/female and 32.51cm/male; metatarsal 10.25 cm/female and 11.76 cm/male; the hen has more height than length, raised in the front, concerning to the perimeters, the abdominal is the biggest and curved, which is characteristic in lay eggs hens with flat dorsal. Corporeal indices, they are elongated birds, reproductive capability (pelvic index 71.82%) and less muscles developed to produce meat as food for humans (compactness index 6.80% female and 7.03% male), elongated head, elliptical thorax and long and strong extremities. Phenotypically and morphologically characteristics describe a bird with white skin, yellow metatarsus, feathering on the throat, simple crest, chin and earlobes, the feathering colors are a combination of brown, black, grey, and white, and the colors of the egg shell are from white to light brown, and also has a good corporal harmony up to 61%, which brings an acceptable mild homogeneity comparable to the structure of a hen.

Keywords: Hen morphology, zoometry, local zoogenetics resources



## Introducción

La raza de gallina de cuello desnudo como tal tiene un origen impreciso. Fue descubierta en 1873 en una aldea vecina a Schassburg (Transilvania) por el cirujano J. Klusch. Su nombre científico es *Gallus domesticus* L. subespecie *nudicollis*, nombres locales: carioaca, cuello desnudo, cuelli pelada; en inglés: turkens-naked neck; en francés, cou-nu; en alemán, nackthäse (Valencia, 2011).

En el área rural de Guatemala se hace evidente la presencia de gallinas y gallos de cuello desnudo, pelucas (Figura 1A); en el oriente del país y en es-

pecial en la región ch'ortí, la crianza de estas sigue siendo una práctica de obtención de proteína animal o de recursos económicos. Sin considerar información de las principales características de esta especie y de los proyectos de asistencia a los pequeños productores, estos son animales que a través del tiempo han resistido los cambios ambientales y reproducirse pese a las condiciones adversas, lo cual evidencia que esta especie genéticamente puede ser mejorada y preservada. (Suchini, 2009; Valle, 2007).

En este sentido, se realizó la caracterización de estas gallinas y gallos para determinar un patrón racial sobre el cual continuar el proceso de selección



Figura 1. **A.** Una gallina de cuello desnudo muestreada de las comunidades de la región Ch'ortí, Chiquimula, donde se aprecia su cuello desprovisto de plumas con diferentes colores de plumas. **B.** Lo especial de este gallo peluco es su piel corrugada y colorada, con ojos vivaces y bien marcada su orejuela y barbilla. **C.** Parte del rescate de las pelucas que se encuentran en la granja experimental del Centro Universitario de Oriente, nótese el cuello de la gallina desprovisto de plumas y la diversidad de colores en el plumaje. **D.** Gallina peluca con plumaje gris al igual que sus patas, tiene un color verde pálido en la cáscara del huevo.

y conservación, que permitan determinar su morfoestructura. Así como, sus características fanerópticas, morfológicas y morfométricas para poder establecer el estándar de la gallina peluca, elementos importantes para su selección y conservación (Méndez, 2010; Parés i Casanova, 2009; Valencia, 2011).

El presente estudio se llevó a cabo en comunidades rurales de los municipios de Jocotán, Camotán, San Juan Ermita y Olopa, conformando estos municipios la región ch'ortí del departamento de Chiquimula.

## Materiales y métodos

Se caracterizaron morfométrica, faneróptica y morfológicamente a gallinas y gallos de cuello desnudo (324 hembras y 60 machos) en cuatro municipios de la región ch'ortí de Chiquimula. Las variables cuantitativas evaluadas fueron un total de 18 para la hembra y 16 para el macho, nueve cualitativas y ocho índices zoométricos. La evaluación se realizó en aves adultas y que se encontraron en cualquiera de las comunidades previamente identificadas, mediante un muestreo simple aleatorio con un 95% de confianza; el análisis de las variables zoométricas se realizó a través del procedimiento análisis univariado del programa SAS (versión 2000), con lo cual se determinaron la media aritmética, desviación estándar (DE) y coeficiente de variación (CV). El grado de armonía del conjunto o relación entre las dimensiones de las distintas partes del cuerpo del animal, se midió a partir de la correlación de Pearson (Méndez, 2010) que sirvió para analizar la conformación de un animal atendiendo a la proporcionalidad y armonía entre las diversas regiones corporales (Araujo, 2004).

## Resultados

Por las condiciones de manejo y realización del estudio, los resultados de esta variedad de gallina se deben interpretar con cautela. En la [Tabla 1](#) pueden observarse los datos de la hembra peluca con pesos de  $1.84 \pm 0.44$  kg. En cuanto a las medidas corporales, sus longitudes fueron: ala de  $25.62 \pm 2.05$  cm, miembro posterior  $42.76 \pm 4.57$  cm y largo de cabeza  $9.1 \pm 0.6$  cm.

Sus diámetros importantes son: dorso esternal  $6.72 \pm 1.06$  cm longitudinal  $21.36 \pm 2.54$  cm y perímetros sustanciales; torácico con  $32.28 \pm 3.25$  cm y abdominal de  $35.05 \pm 3.85$  cm. La grupa tiene un ancho de  $3.29 \pm 0.27$  cm por  $5.56 \pm 1.53$  cm de largo. Por último las alzadas: dorso o cruz  $27.84 \pm 3.10$  cm

y de la grupa  $27.03 \pm 2.96$  cm. Sin embargo, el CV de las medidas corporales de las gallinas fue muy homogéneo en los resultados de las longitudes, perímetros, diámetros y alzadas a excepción de los pesos que son heterogéneos.

Lo anterior permite describir la forma del ave de la siguiente manera: es una gallina que tiene más alzada que longitud por lo que se considera con un tronco cuadrado, algo levantado por delante; en cuanto a sus perímetros, el abdominal es el mayor y curvado característica de las gallinas ponedoras y una grupa alargada con dorso plano.

Las medidas corporales del macho fueron: peso de  $2.29 \pm 0.66$  kg. En cuanto a las medidas corporales, las longitudes alcanzaron los siguientes promedios: ala  $28.35 \pm 2.26$  cm, miembro posterior  $47.88 \pm 5.59$  cm, cabeza  $8.85 \pm 0.81$  cm y metatarso  $11.76 \pm 1.43$  cm. Entre los diámetros, el dorso-esternal de  $6.99 \pm 0.95$  cm; bicostal  $9.69 \pm 1.15$  cm y longitudinal  $23.11 \pm 2.59$  cm. Los perímetros, torácico fueron de  $32.91 \pm 4.07$  cm y abdominal de  $37.05 \pm 4.37$  cm.

Sin embargo, el CV de estas medidas corporales del gallo va de muy homogéneo a homogéneo en los resultados de las longitudes, perímetros, diámetros y alzadas a excepción del peso que es muy heterogéneo.

En las correlaciones obtenidas en ambos géneros presentaron los siguientes resultados: en las gallinas hubo 93 correlaciones de 153 que en total fueron altamente significativas ( $p < 0.0001$ ) que equivale al 60.78%, lo que aproxima a una armonía corporal mediana alta. En los gallos la situación varía debido a que 62 correlaciones de 153 fueron altamente significativas ( $p < 0.0001$ ), correspondiente al 40.52%, lo que da como resultado una armonía corporal mediana baja.

En la [Tabla 2](#) se presentan los datos de los índices corporales que a pesar de la poca información precisa sobre ellos se establecieron las siguientes interpretaciones: del índice corporal (ICP) se puede deducir que este tipo de gallinas (66.57%) y gallos (70.86%) son aves longilíneas o alargadas, donde predomina su diámetro longitudinal sobre su perímetro torácico, marcando la tendencia a ser mesolíneas cuando se acercan al 100%.

De igual forma, el índice pélvico (IPV) indica que en la gallina (71.82%) posee muy buena capacidad reproductora debido a que es una pelvis más ancha que larga, ya que entre más se acerque al 100% mayor será su habilidad para la postura. En ese sentido, en el gallo (55.83%) su tendencia es una pelvis equilibrada en ancho y largo condición que está ligada al sexo.

Los resultados de la profundidad relativa del pecho (PRP) son similares en la gallina (24.84%) y el gallo (21.65%) y, en apariencia, son bajos porque este es un índice que entre más bajo, más se inclina para aves productoras de carne.

Del índice torácico (IT) se obtuvieron porcentajes muy elevados tanto en la gallina (137.92%) como en el gallo (143.16%), lo que refleja las variaciones en la forma de la región torácica que puede ser circular o elíptica, en el caso de estas aves es la elíptica, es decir que la región torácica es más larga que ancha (Parés i Casanova, 2009), que de acuerdo a las frecuencias de porcentajes encontrados hay resultados mayores que la media y que corresponden a aves con tórax circular.

Respecto al índice cefálico (ICF) se encontró que en las gallinas es de 41.86% y en gallos de 40.71%,

de donde se deduce que, en proporción, ésta posee un cráneo de apariencia más alargada, debido a que entre más bajo sea el porcentaje del índice, la cabeza es más larga que ancha (Méndez, 2010).

Del índice de proporcionalidad (IPD) los resultados son porcentajes altos tanto en la gallina (132.26%) como en el gallo (141.15%), lo que implica que son animales con proporciones alargadas pues el 99% de los animales muestreados presentan esta característica.

Del índice metacarpo torácico (IMT) pueden observarse que los resultados en la gallina (15.40%) y en el gallo (17.41%) son similares e índices muy bajos, pero la explicación es debido a que este tipo de ave tiene miembros sumamente fuertes y altos, aunado a que son de peso liviano y sumamente ágiles y veloces.

Tabla 1

Resultados de las medias, desviación estándar y coeficiente de variación de las medidas corporales de las gallinas y gallos de cuello desnudo en las variables zoométricas.

Medida corporal		Machos n=60			Hembras n=324		
		X	DE	CV	X	DE	CV
Peso (Kg)		2.29	0.66	28.82	1.84	0.44	23.94
Ancho	cabeza (cm)	3.58	0.25	7.03	3.29	0.27	8.47
Alzadas	dorso (cm)	32.51	4.00	12.30	27.84	3.10	11.13
	grupa (cm)	31.36	3.69	11.76	27.03	2.96	10.96
Longitudes	ala (cm)	28.35	2.26	8.00	25.62	52.0	8.00
	miembro post (cm)	47.88	5.59	11.69	42.76	4.57	10.70
	cabeza (cm)	8.85	0.81	9.15	7.91	0.60	7.68
	pico (cm)	3.78	0.38	10.29	3.52	0.33	9.63
	cara (cm)	6.83	0.53	7.80	6.23	0.66	10.68
Diámetros	metatarso (cm)	11.76	1.43	12.15	10.28	1.23	12.02
	dorsoesternal (cm)	6.99	0.95	13.65	6.72	1.06	15.8
	bicostal (cm)	9.69	1.15	11.93	9.03	0.99	11.00
Perímetros	longitudinal (cm)	23.11	2.59	11.20	21.36	2.54	11.93
	torácico (cm)	32.91	4.07	12.37	32.28	3.25	10.07
	abdominal (cm)	37.05	4.37	11.79	35.05	3.85	10.99
Grupa	metatarso (cm)	5.68	0.70	12.33	4.93	0.53	10.79
	ancho (cm)	-	-	-	3.91	1.15	29.51
	largo (cm)	-	-	-	5.56	1.53	27.59

Nota. Las medidas corporales de la grupa del macho no se obtuvieron por ser de poca relevancia.

Tabla 2  
Resultados de las medias, desviación estándar y coeficiente de variación de los índices corporales de gallinas y gallos pelucos.

Índices	n	ICP	IPV	PRP	IT	ICF	IPD	IMT	IC
Hembra	Media	66.57	71.82	24.84	137.92	41.86	132.26	15.40	6.80
	DE	8.82	19.75	11.88	28.44	5.22	17.97	2.03	3.50
	CV	13.25	27.49	47.89	20.62	12.48	13.58	13.21	501.53
	EE	0.49	1.29	0.66	1.58	0.29	1.00	0.11	0.19
Macho	Media	70.86	55.83	21.65	143.16	40.71	141.15	17.41	7.03
n = 60	DE	9.04	20.2	2.68	18.73	4.14	14.91	2.37	1.75
	CV	12.75	36.18	12.38	13.09	10.19	10.56	13.61	24.96
	EE	1.16	2.60	0.34	2.48	0.53	1.92	0.30	0.22

Nota. ICP: Índice corporal, IPV: Índice pelviano, PRP: Profundidad relativa del pecho, IT: Índice torácico, ICF: Índice cefálico, IPD: Índice de proporcionalidad, IMT: Índice metacarpo torácico, IC: Índice de compacidad.

Del índice de compacidad (IC) los porcentajes son sumamente bajos tanto en la gallina (6.80%) como en el gallo (7.03%), pero expresa el peso relativo, cortedad relativa y carga del metatarso, así como la aptitud motriz que lo relaciona con la fortaleza de las extremidades lo que justificaría los índices bajos.

Se pudo determinar que las características morfológicas de la cabeza son: cresta simple (gen rppp) con una frecuencia del 90.89% (Campo, 2010) tiene presencia de la barbilla en un 94.79% y con orejuelas en un 73.18%.

Cabe mencionar que la cabeza de la hembra es alargada, delgada y fina. La cresta es medianamente pequeña con tres a cuatro dientes bien definidos y un espolón levemente levantado de la línea del cuello. El pico alargado, mediano, fuerte y ligeramente encorvado, de color amarillo hasta pigmentado de negro. La barbilla es desarrollada de forma ovalada con su borde inferior redondeado y piel lisa, las orejuelas de tamaño moderado y ovaladas, bien pegadas a la cara y de piel corrugada.

La piel es decolorada a colorada encendido que incluye cresta, barbilla, orejuelas, cara y en algunos casos se extiende una capa hasta algunas de las vértebras cervicales, todo con piel corrugada (Figura 1B).

Además, es característica la pluma sobre la cabeza y delante de la orejuela y los ojos son de color pardo marrón (gen brbr) redondeados y vivaces (Álvarez, 2010).

Otras evidencias morfológicas fueron la ausencia de plumas en el metatarso con una frecuencia de 97.14% y la presencia de plumas sobre la región de la garganta (buche) en un 98.96%.

El tronco posee un dorso ancho cayendo levemente hacia la grupa, de pecho ancho, profundo y redondeado, abdomen desarrollado, en especial en la gallina que es sumamente curvo y profundo y la cola de tamaño mediano.

Los miembros posteriores con muslos fuertes y robustos y los metatarsos largos, fuertes y gruesos, posee cuatro dedos (gen popo). Las alas de tamaño mediano, bien plegadas y ceñidas al cuerpo (Álvarez, 2010).

El color de piel que predomina es blanco con una frecuencia de 77.08% (gen WW) y luego la amarilla 22.66% (gen ww); en la pigmentación del metatarso el color amarillo predomina con un 41.14% (gen ww Id\_), luego el blanco con un 27.86% (gen W\_Id\_), negro 17.97% (gen W\_idid) y verde 12.76% (gen wwi-did); de la misma manera que el color de la cáscara del huevo la blanca tiene una frecuencia de 41.09%, el marrón claro 38.37%, el verde 10.08%, el marrón oscuro 6.98% y el azul 3.49% (Álvarez, 2010).

Existen colores básicos que predominan en el plumaje de las gallinas y gallos como lo son: el color marrón tiene la mayor frecuencia con 32.32%, luego el negro con 23.16%, el gris con 14.76% y el blanco con 11.70% (Figura 1C).

Sin embargo, estos colores se combinan con otros colores de pluma, por ejemplo: con el marrón se encontraron que el 26.77% de las aves son todas marrones, el 51.97% poseen plumas de color negro en el dorso y alas, un 11.02% de plumas blanco y negro principalmente en las alas y por último un 10.24% con pluma blanca.

De igual manera en las aves de color negro, el 64.84% son totalmente negras y el 28.57% tiene plumas marrones en alas, dorso y cola.

En ese mismo sentido, en las aves de color gris el 60.34% son totalmente grises, y el 22.41% tiene plumas negras en dorso y cola, el 8.62% tiene plumas marrón y negras.

En las aves de color blanco el 30.45% poseen plumas marrón en alas, dorso y cola, el 26.09% son totalmente blancas, el 25.91% tienen plumas negras y marrones y el 17.59% tienen pluma negra principalmente en las alas (Álvarez, 2010).

En la correlación de Pearson de la gallina de cuello desnudo se correlacionaron 153 datos, donde el 60.78% ( $p < 0.001$ ) son altamente significativos.

En la correlación de Pearson de la gallina de cuello desnudo, las variables que correlacionaron significativamente ( $p < 0.001$ ) fueron: longitud miembro posterior y longitud del ala ( $r = 0.71$ ), longitud de la cara y longitud del pico ( $r = 0.71$ ), diámetro dorsoesternal y longitud del metatarso ( $r = 0.73$ ), ancho de la cabeza y longitud del metatarso ( $r = 0.71$ ), perímetro abdominal y diámetro bicostal ( $r = 0.79$ ), peso y el diámetro bicostal ( $r = 0.76$ ), alzada de la cruz y alzada de la grupa ( $r = 0.81$ ), el peso y perímetro abdominal ( $r = 0.82$ ). En el caso del macho: longitud del miembro posterior y longitud del ala ( $r = 0.82$ ), diámetro longitudinal y longitud del ala ( $r = 0.88$ ), alzada de la grupa y longitud del ala ( $r = 0.83$ ), perímetro abdominal y longitud del miembro posterior ( $r = 0.78$ ), perímetro del metatarso y longitud del miembro posterior ( $r = 0.79$ ), peso y longitud del miembro posterior ( $r = 0.77$ ), longitud de la cara y longitud de la cabeza ( $r = 0.84$ ), alzada de la cruz y longitud de la cabeza ( $r = 0.79$ ), longitud de la cara y largo del pico ( $r = 0.85$ ), perímetro torácico y largo del pico ( $r = 0.77$ ), alzada de la cruz y diámetro longitudinal ( $r = 0.79$ ), alzada de la grupa y diámetro longitudinal ( $r = 0.77$ ), perímetro del metatarso y diámetro longitudinal ( $r = 0.84$ ), perímetro del metatarso y longitud de la grupa ( $r = 0.77$ ), perímetro abdominal y perímetro torácico ( $r = 0.82$ ), peso y perímetro torácico ( $r = 0.79$ ), perímetro del metatarso y perímetro abdominal ( $r = 0.86$ ), peso y perímetro

abdominal ( $r = 0.85$ ), alzada de la cruz y perímetro del metatarso ( $r = 0.79$ ).

## Discusión

La literatura existente sobre el tema es escasa, lo que impide establecer comparaciones de forma rigurosa debido a que los estudios realizados según lo reportado por varios autores, son de gallinas locales o razas ya definidas como el caso de las Baleares, Ibicenca, Mallorquina, Piñeira, Andaluza, la criolla colombiana, la criolla cubana y otras (Álvarez, 2010; Méndez, 2010; Pérez, Polanco, & Pérez, 2004; Valencia, 2011).

Lo anterior permite describir la forma de la gallina y gallo de cuello desnudo de la región ch'ortí, Chiquimula, Guatemala de acuerdo a sus medidas zoométricas de la siguiente manera: es una gallina que tiene más alzada que longitud, su cuerpo está inclinado hacia atrás; en cuanto a sus perímetros, el abdominal es el mayor y curvado, característica de las gallinas ponedoras y una grupa alargada con dorso plano.

De acuerdo a sus índices corporales las aves son alargadas, con capacidad reproductiva y poca formación de músculo para la producción de carne, cabeza alargada, tórax elíptico y miembros fuertes y altos.

En ese mismo sentido las características morfológicas y fanerópticas describen un ave de piel blanca, metatarso amarillo, sin plumas en el mismo, plumas en garganta, la cabeza tiene cresta simple con barbillas y orejuelas, los colores de las plumas son la combinación de los colores marrón, negro, gris y blanco; finalmente el color de la cáscara del huevo es blanco y marrón claro, situación que ha sido reportado por Faruque, Siddiquee, Afroz e Islam (2010).

Quedaron plenamente definidos los genes morfológicos: rpp (cresta sencilla), WW (piel blanca), Id (inhibidor de la deposición de melanina en pata), popo (cuatro dedos en la pata), Na/na (ligado al antígeno de eritrocitos CPPP) que coincide con lo indicado por Pitel y colaboradores (1999) (Figura 1D).

Sin embargo, la gallina de cuello desnudo de Madagascar dentro de otros caracteres, presenta el cuello desnudo que es una característica heredable (una mutación) que puede aparecer en cualquier raza y su presencia dar lugar a una variante racial. Esto ocurre también, en la raza española de gallinas vascas de acuerdo a Valencia (2011).

La característica más importante es que posee el cuello desprovisto de plumas (gen Na<sub>0</sub>) e incluye

distintas coloraciones de piel desde colorado hasta el rosado pálido. La piel es lisa y suave en dicha región, cuello moderadamente largo y bien arqueado. Esto constituye un patrón que tiene sus efectos en el plumaje y no se revela hasta que se altera el factor genético BMP que inhibe la formación de plumas. Junto a la producción selectiva de ácido retinoico por la piel del cuello, potencializa la señalización de BMP, por lo que la piel del cuello es más sensible que la piel del cuerpo a la supresión del desarrollo de la pluma. Lo anterior aunado a la producción selectiva de ácido retinoico por la piel del cuello constituye un patrón que tiene sus efectos en el plumaje que no se revelan si no existe el gen BMP (Mou et al., 2011).

La genética del cuello desnudo, por tanto, ha tomado el nombre de su característica quizás más espectacular, sin otro calificativo que la distinga de otras variedades genéticas. Además, de temperamento muy agradable, rústico, vigoroso, de altura mediana y tronco rectangular, como lo refiere Valencia (2011).

Una de las relaciones más estudiadas ha sido la del peso corporal relacionado con otras medidas zoométricas con la finalidad de saber si alguna de ellas pudiera servir para predecir, de una forma fiable, el peso corporal. En los trabajos descritos por Guéye, Ndiaye y Branckaert (1998); Zaragoza y colaboradores (2013) analizan la correlación de las distintas medidas zoométricas tomadas con el peso corporal y ambos concluyen que la longitud corporal y el perímetro pectoral son las medidas más apropiadas para inferir el peso corporal.

No obstante un estudio de Rajj, Igwebuike y Usman (2009) concluye que, si bien se observa mayor correlación entre perímetro pectoral y longitud corporal y peso corporal, la mejor predicción del peso corporal se obtiene del análisis de regresión entre el perímetro pectoral, longitud corporal y la anchura de la pechuga.

Pero de acuerdo a los resultados obtenidos en la correlación de Pearson, en la hembra existe una armonización corporal en la relación cabeza-cara-pico, el miembro posterior y el ala, la longitud del metatarso-grupa-alzadas; en el macho la armonización esta en miembro posterior-ala-alzadas, miembro posterior-perímetro abdominal-alzada de la cruz-peso; el diámetro dorsoesternal-diámetro longitudinal-perímetro abdominal-alzada de la cruz; perímetro abdominal-alzada de la cruz-peso.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, corresponde al peso descrito para gallos y gallinas livianos que incluyen todas las razas mediterrá-

neas, alemanas y holandesas con un peso medio de 2 kg en las hembras y machos (Campo, 2009).

Como conclusiones las gallinas y gallos de cuello desnudo de la región ch'ortí presentan características zoométricas como cuerpo alargado, cabeza alargada, tórax elíptico y miembros fuertes y altos, con capacidad reproductiva y baja proporción de carne.

Las características morfológicas y fanerópticas las describen como un ave de piel blanca, metatarso amarillo, sin plumas en el mismo, plumas en la garganta, la cabeza tiene cresta simple con barbilla y orejuelas, los colores de las plumas son la combinación de los colores marrón, negro, gris y blanco, el color de la cáscara del huevo es blanco y marrón claro.

La dispersión individual que se aprecia en los análisis indica que la gallina de cuello desnudo posee mucha influencia genética de las poblaciones introducidas por los españoles que participaron en su formación. Sin embargo, esta variabilidad esconde un potencial enorme de selección de reproductores para conseguir los objetivos morfológicos y zoométricos que se planteen. Esto indica que se pueden encontrar individuos sobresalientes para cada carácter seleccionable, ya que, con base en los resultados del estudio, existe una armonización corporal y una homogeneidad medianamente aceptable a la morfoestructura de la gallina.

En definitiva, las gallinas y gallos de cuello desnudo son una población criolla con genética propia que necesita un esfuerzo grande por parte de los criadores para desarrollar un programa de conservación que incluya control reproductivo adecuado, que permita homogeneizar la misma, sin caer en la consanguinidad extrema.

## Agradecimientos

La realización de este estudio fue posible gracias al financiamiento de la Dirección General de Investigación (Digi) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), por medio del proyecto 4.8.24.2.29.

## Referencias

- Álvarez, X. (2010). *Genética del color de la gallina Piñeira*. La Coruña, España: Fundación para o Avance Científico da Veterinaria en Galicia. Recuperado de [www.agalpi.org/publicaciones/genetica\\_color.htm](http://www.agalpi.org/publicaciones/genetica_color.htm)

- Araujo, J. (2004). *Características zoométricas de vacas de la raza Miñota*. Trabajo presentado en el IV Congreso Ibérico sobre Recursos Genéticos Animales. Ponte da Lima, Brasil.
- Campo, J. (2009). Valoración morfológica de las gallinas. En C. Sañudo (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 589-612). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Campo, J. (2010). *Razas Españolas de Gallinas*. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.
- Faruque, S., Siddiquee, N., Afroz, M., & Islam, M. (2010). Phenotypic characterization of native chicken reared under intensive management system. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 8(1), 79–82.
- Guéye, E., Ndiaye, A., & Branckaert, D. (1998). Prediction of body on the basis of body measurements in mature chickens in Senegal. *Livestock Research for Rural Development*, 10(3), 21.
- Méndez, Y. (2010). *Zoometría comparada en las gallinas Baleares* (Tesis de maestría). Universidad de Córdoba, España. Recuperado de [www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08\\_12\\_51\\_F\[1\]...pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/08_12_51_F[1]...pdf)
- Mou, C., Pitel, F., Gourichon, D., Vignoles, F., Tzika, A., Tato, P., ... Headon, D. J. (2011). Cryptic patterning of avian skin confers a developmental facility for loss of neck feathering. *PLoS Biology*, 9(3), e10011028. doi: 10.1371/Journd.pbio.1001028
- Parés i Casanova, P. M. (2009). Zoometría. En C. Sañudo (Ed.) *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 184-193). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.
- Pérez, A., Polanco, G., & Pérez, Y. (2004). Algunas características morfológicas del exterior de la gallina local de la región central de la provincia de Villa Clara, Cuba. *Livestock Research for Rural Development*, 16(10), 76.
- Pitel, F., Berg, R., Coquerelle, G., Crooijmans, R., Groenen, M., Vignal, A., & Tixier-boichard, M. (2000). Mapping the Naked Neck (NA) and Polydactyly (PO) mutants of the chicken with microsatellite molecular markers. *Genetics Selection Evolution*, 32, 73-86.
- Raij, A. O, Igwebuikwe, J., & Usman, M. (2009). Zoometrical body measurements and their relation with weight in matured local muscovy ducks in Borno state Nigeria. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(3), 58-62.
- Suchini, C. A. (2009). *Evaluación de tres dietas para gallina criolla cuello desnudo y su efecto sobre los parámetros productivos y reproductivos en su etapa final de postura bajo un sistema semiintensivo* (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula, Guatemala.
- Valencia, N. F. (2011). *La Gallina Criolla Colombiana*. Palmira: Universidad Nacional de Colombia sede Palmira.
- Valle, J. (2007). *Caracterización de la gallina de cuello desnudo en la Región Chortí Chiquimula* (Tesis de licenciatura). Centro Universitario de Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula, Guatemala.
- Zaragoza, M., Rodríguez, H., Hernández, Z., Perezgrovas, G., Martínez, C., & Méndez, E. (2013). Caracterización de gallinas batsi alak en las tierras altas del sureste de México. *Archivos de Zootecnia*, 62(239), 321-332.

## Riqueza de herpetofauna de la Finca Universitaria San Julián, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala

Dennis Guerra-Centeno<sup>1,2,\*</sup>, Héctor Fuentes-Rousselin<sup>2</sup>, David Morán-Villatoro<sup>1</sup>, Carlos Valdez-Sandoval<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, y

<sup>2</sup>Unidad de Vida Silvestre, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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

Recibido: 08 de enero de 2015 / Revisión: 06 de abril de 2015  
Aceptado: 07 de mayo de 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

### Resumen

Aprovechando actividades de docencia de la Unidad de Vida Silvestre de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se investigó la riqueza de herpetofauna de la Finca Universitaria San Julián, en Patulul, Suchitepéquez. Se emplearon 3 métodos: (1) captura/avistamiento de especímenes, (2) investigación social, (3) investigación documental. Se recorrió repetidamente un transecto de 4.5 km de longitud a través del agro paisaje de la finca. Los recorridos del transecto abarcaron un período de 10 años (2003-2013), a razón de seis sesiones por año. Cada sesión de campo consistió en un recorrido diurno y un recorrido nocturno del transecto. Se invirtieron aproximadamente 3 hr en cada recorrido diurno y 4 hr en cada recorrido nocturno. El tiempo acumulado de búsqueda fue de 420 hr-transecto. Se recorrió el equivalente a 540 km abarcando elevaciones entre 447 y 550 msnm. En cada sesión de campo participaron entre 3 y 10 personas. Tres cazadores de la finca fueron entrevistados. Se analizaron publicaciones sobre distribución de la herpetofauna para Guatemala. Se generaron dos listas que suman 97 especies. Se discute la calidad y el significado de los datos generados.

Palabras claves: Anfibios, reptiles, diversidad, distribución geográfica.

### Abstract

The herpetofaunal richness of San Julian University Farm (FUSJ), in Patulul, Suchitepequez, Guatemala, was investigated using three methods: (1) Capture/sighting of specimens, (2) social inquiry and (3) desk research. The field work was distributed over a 10 year period (2003-2013) at a rate of six fieldwork sessions each year. A 4.5 km long transect extending through the agricultural landscape of the farm was run repeatedly. Each fieldwork session included diurnal and nocturnal travels. The accumulated search time was 420 hr-transect. The equivalent to 337.5 of accumulated miles were traveled, including elevations between 1490 and 1833 feet above sea level. Three former hunters were interviewed and asked to identify species they think are present at the FUSJ. Published data were reviewed to determine which species were expected to occur in San Julian. Two lists (amphibians and reptiles) totaling 97 species (including 95 expected, 38 found and 2 not expected) was generated. The quality and significance of our data is discussed.

Keywords: Amphibians, reptiles, diversity, geographical distribution.



## Introducción

Los anfibios y reptiles constituyen grupos taxonómicos representativos de la diversidad biológica de Guatemala. Desde el punto de vista ecológico, estos grupos aportan una gran riqueza a la diversidad de vertebrados del país. La especialización evolutiva que han alcanzado estos vertebrados les permitió la ocupación de prácticamente todos los hábitats disponibles en el paisaje. Se pueden encontrar anfibios y reptiles a lo largo y ancho del territorio nacional (Acevedo, 2006; Acevedo, Wilson, Cano, & Vásquez-Almazán, 2010; Campbell & Vannini, 1989). Sin embargo, algunas de las especies están presentes en áreas geográficas muy restringidas (Acevedo, 2006).

El conocimiento de la herpetofauna de Guatemala ha crecido notablemente desde Günther (1885-1902) hasta Acevedo y colaboradores (2010). En tal sentido, el listado de la herpetofauna registrada para Guatemala, ha crecido significativamente en los últimos años. Un ejemplo es el taxón de las salamandras pletodóntidas, que aumentó de 30 especies conocidas en 1989 (Campbell & Vannini, 1989) a 64 especies que reporta actualmente el sitio web de referencia AmphibiaWeb (2015). Solamente en el año 2010, se describieron 16 nuevas especies de salamandras para Guatemala (Campbell, Smith, Streicher, Acevedo & Brodie, 2010). Campbell, Smith, Streicher, Acevedo y Brodie (2011), presentaron un interesante trabajo sobre la diversidad de las salamandras de Guatemala y señalan el dinamismo en el descubrimiento de nuevas especies en los últimos años.

Las reclasificaciones taxonómicas, a partir del uso de herramientas moleculares y de criterios morfológicos, también han contribuido a la mutabilidad en la riqueza de la herpetofauna de Guatemala. Un vistazo a la mutabilidad reciente en la nomenclatura del taxón Serpentes, permite entender la mutabilidad en la nomenclatura de toda la herpetofauna.

El cantil *Agkistrodon bilineatus* Günther, 1863 fue desglosado en varias especies (Porrás, Wilson, Schuett, & Reiser, 2013), incluyendo una de distribución en Nentón, que aún está siendo revisada. El complejo *Atropoides nummifer* (Rüppel, 1845), fue revisado por Castoe, Chippindale, Campbell, Ammerman y Parkinson (2003) y Castoe, Sasa y Parkinson (2005) y dividido en las especies *A. mexicanus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854), *A. occiduus* (Hoge, 1966) y *A. olmec* (Perez-Higareda, Smith, & Julia-Zertuche, 1985). Recientemente, Hoser trasladó la mayoría de las especies del género *Atropoides* Werman, 1992, al nue-

vo género *Adelynhoserserpenae* (Hoser, 2012) (Hoser, 2012a, 2012b, 2012c, 2013). En reacción a este cambio, Kaiser y colaboradores (2013) recomiendan que estas especies permanezcan en el género *Atropoides* hasta que se realice una revisión a fondo. Las subespecies de *Crotalus durissus* Linnaeus, 1758 con distribución para Guatemala, fueron reclasificadas a *C. simus* Latreille, 1801 y *C. tzabcan* Klauber, 1952 y posteriormente, trasladadas por Hoser (2009) a *Caudisona simus* (Latreille, 1801) y *C. tzabcan* (Klauber, 1952). Esta inestabilidad en la sistemática de anfibios y reptiles, obliga a revisar constantemente las distribuciones geográficas de las especies.

La riqueza de herpetofauna reportada para Guatemala alcanza 163 especies de anfibios y 246 especies de reptiles (Consejo Nacional de Áreas Protegidas [CONAP], 2013a). Sin embargo, esta riqueza no se encuentra distribuida uniformemente en el paisaje. Se ha publicado información sobre la distribución de la herpetofauna en Guatemala (Acevedo et al., 2010; Campbell & Vannini, 1989; Köhler, 2003). Sin embargo, esta información suele generarse a partir de registros y de extrapolaciones a las zonas biogeográficas donde se han colectado especímenes. En tal sentido, puede haber discrepancias entre las distribuciones idealistas de las especies, y la presencia en las áreas donde supuestamente habitan o se distribuyen. Esto hace que sea necesario investigar la riqueza de especies por sitio, a fin de desarrollar mejores mapas de distribución y mejores argumentos para valorar áreas específicas y poder enfocar mejor los esfuerzos de conservación.

El Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas abarca el 31,05% de la superficie terrestre del país (CONAP, 2013b). A primera vista, la proporción de superficie dedicada a la conservación parece suficiente. Sin embargo, si sobreponemos el mapa de áreas protegidas con el de las distribuciones conocidas de las especies de anfibios y reptiles, descubrimos que muchas poblaciones están en riesgo por encontrarse fuera de las áreas de protección. Resulta entonces insuficiente, al menos en cuanto a la herpetofauna, que la tercera parte del país esté siendo manejada bajo alguna categoría de conservación.

La Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) es una institución estatal que ha generado esfuerzos importantes para la conservación de la biodiversidad de Guatemala, a través de un sistema de biotopos protegidos manejado por el Centro de Estudios para la Conservación (CECON) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

Además de los biotopos, la Usac cuenta con algunas fincas que utiliza con fines de docencia productiva. La Finca Universitaria San Julián (FUSJ), administrada por la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Usac, se encuentra situada en un área interesante, desde el punto de vista de la herpetología. Como parte de las actividades docentes de la Unidad de Vida Silvestre (UVS) de la FMVZ, se realizan recorridos diurnos y nocturnos, a través del agro paisaje de la FUSJ. Aprovechando estos recorridos, se consideró pertinente investigar la riqueza de herpetofauna de dicho lugar.

En tal sentido, los objetivos de este estudio fueron: (1) generar una lista de la riqueza de la herpetofauna en el agro paisaje de la FUSJ y (2) contrastar la riqueza encontrada, con la riqueza esperada (según lo referido por la literatura) para dicho sitio.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

La FUSJ se encuentra en el municipio de Patulul, Suchitepéquez, a una distancia de 6.6 km de la cabecera municipal y a 124.6 km de la ciudad de Guatemala. Colinda al norte con la finca Santa Cecilia, al sur con la finca Las Vegas, al este con la finca La Trinidad y al oeste con las finca El Recuerdo y San Juan Luisiana (Pedroza, 1988). Está situada entre las coordenadas UTM 15 P701830.39 m E 1598257.41 m N y 15 P 700707.76 m E 1601132.57 m N (Figura 1). La elevación media es de 500 msnm. La zona de vida es bosque muy húmedo subtropical cálido (De la Cruz, 1982). En la Figura 2, se muestra un aspecto de la fisiografía de la FUSJ. La temperatura media anual es de 24° C, la precipitación promedio anual es de 2,700 mm y la evaporación anual de 1,050 mm totales a la sombra. La humedad relativa media anual es de 74.5% (Pedroza, 1988). Las especies vegetales dominantes en el área de estudio son: café (*Coffea arabica* L.), ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn), cedro (*Cedrela odorata* L.), cushín (*Inga vera* Kunth), volador (*Terminalia oblonga* Ruiz & Pav.), palo blanco (*Cybistax donnell-smithii* (Rose) Seibert), matilisguate (*Tabebuia rosea* [Bertol.] DC), melina (*Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.), teca (*Tectona grandis* L. f.) y hormigo (*Platymiscium dimorphandrum* Donn. Sm.). Las áreas circundantes están cubiertas principalmente por poáceas, siendo las más comunes: *Brachiaria ruzisiensis* R. Germ. & C. M. Evrard, *B. decumbens* Stapf., *B. brizantha* Stapf., *Cy-*

*nodon plectostachyus* (K.Schum), *Panicum maximum* Jacq., *Paspalum conjugatum* P.J. Bergius y *Pennisetum purpureum* Schumach.

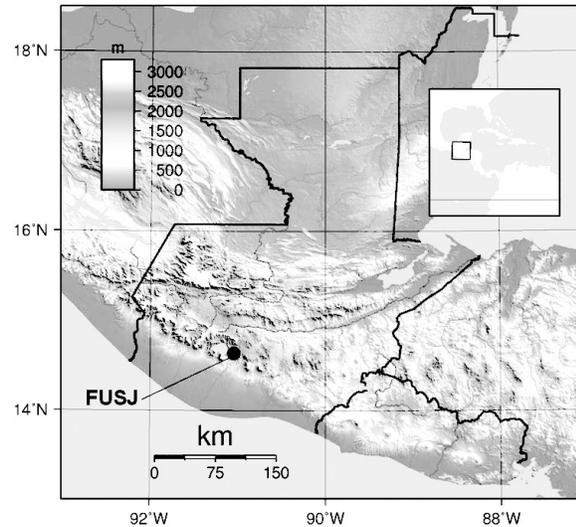


Figura 1. Localización de la Finca Universitaria San Julián, Patulul, Suchitepéquez. Autor del mapa base: Sadalmelik.



Figura 2. Aspecto de la fisiografía de la Finca Universitaria San Julián.

### Desarrollo del listado de anfibios y reptiles

Se generó un listado de los anfibios y reptiles de la finca, mediante tres métodos: captura o avistamiento, investigación social e investigación documental.

**Captura o avistamiento.** Se recorrió repetidamente, un sendero de 4.5 km de longitud (Figura 3). El esfuerzo de búsqueda se distribuyó a lo largo de 10 años (2003 - 2013), a razón de seis esfuerzos de campo por año. Cada esfuerzo de campo consistió en 3 hr de búsqueda diurna y 4 hr de búsqueda nocturna. Se invirtieron en total, 180 hr de búsqueda diurna y 240 hr de búsqueda nocturna. Los esfuerzos de campo abarcaron tanto la época seca como la lluviosa. El tiempo acumulado de búsqueda fue de 420 hr-transecto. Se recorrió el equivalente a 540 km, abarcando elevaciones de 447 a 540 msnm.



Figura 3. Ubicación del transecto que fue recorrido en la Finca Universitaria San Julián.

Se buscaron los especímenes a 30 m de cada lado del transecto. Se cubrió una superficie de búsqueda equivalente a 21.6 km<sup>2</sup>. En cada sesión de búsqueda participaron entre tres y 10 personas. Se avistaron o capturaron anfibios y reptiles presentes en el suelo, raíces tabloides, bases de árboles, hojarasca y debajo de troncos o piedras. Se capturaron especímenes a mano o mediante ganchos y tenazas herpetológicas. Todos los individuos colectados fueron liberados después de haber sido examinados, identificados y fotografiados. Se identificaron las especies utilizando guías fotográficas y claves dicotómicas publicadas en literatura científica (Campbell, 1998; Köhler, 2001, 2003; Lee, 2000). En algunos casos, se enviaron fotografías a autoridades científicas, para su identificación.

**Investigación social.** Los datos fueron obtenidos mediante una entrevista abierta (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista-Lucio, 2010) aplicada en el año 2003 a tres informantes clave. En este caso, se trataba de los cazadores de mayor edad o de mayor

experiencia en la FUSJ. Durante la entrevista, se mostraron fotografías de especies de anfibios y reptiles para que los cazadores identificaran a los animales que han observado o colectado dentro de la finca. Para esta actividad, utilizamos dos guías de identificación, la de Campbell (1998) y la de Lee (2000).

**Investigación documental.** Se consultó la literatura sobre distribución de anfibios y reptiles para Guatemala (Acevedo, 2006; Campbell & Lamar, 1989; Campbell & Vannini, 1989; Köhler, 2001, 2003). Adicionalmente, se consultaron los sitios web *AmphibiaWeb* y *The Reptile Database* (Uetz & Hošek, 2015) como referencias documentales en los temas de taxonomía, nomenclatura, riqueza y distribución de especies para Guatemala.

**Registro de especies.** Los hallazgos de cada esfuerzo de campo fueron anotados en un cuaderno de protocolo y se generó un registro fotográfico de todos los especímenes avistados o capturados en la FUSJ. Ningún espécimen fue colectado, retenido o extraído de la FUSJ.

## Resultados

Se generaron dos listas que suman 97 especies. El número de especies esperadas (según lo reportado en la literatura y lo indicado por las personas entrevistadas) fue de 95. Se capturaron 41 especies de las cuales 39 eran especies esperadas y dos eran no esperadas. Las especies *Anolis serranoi* (Köhler, 1999) y *Hemidactylus frenatus* Schlegel, 1836, no habían sido reportadas para la región donde se encuentra la FUSJ (Acevedo, 2006; Campbell & Vannini, 1989; Köhler, 2003).

Las listas incluyen 28 especies de anfibios (distribuidas en 18 géneros) y 69 especies de reptiles (distribuidas en 54 géneros), para un total de 97 especies (Tablas 1 y 2). En la Figura 4 se muestran especímenes de algunas de las 41 especies encontradas en la FUSJ.

Desde la perspectiva antropocéntrica, algunas de las especies del listado son consideradas beneficiosas, mientras que otras pueden ser perniciosas o pueden no causar ni daño ni beneficio. Algunas especies son consideradas como controladoras de plagas (ratas, ratones, insectos, etc.), otras representan un riesgo potencial por ser venenosas, algunas son utilizadas como alimento, otras tiene potencial de uso comercial (mascotas, ornamentales, carne, piel, etc.) y la mayoría son neutrales al ser humano (Tablas 1 y 2).

Tabla 1

Riqueza de anfibios de la FUSJ, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala y su relación con el humano.

Taxón	Fuente*			Relación con el humano**
	C/A	IS	ID	
<b>Bufonidae</b>				
<i>Incilius canaliferus</i> (Cope, 1877)	X		X <sup>ab</sup>	
<i>I. valliceps</i> (Wiegman, 1833)	X		X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>I. coccyfer</i> (Cope, 1866)			X <sup>d</sup>	<i>e</i>
<i>I. luetkenii</i> (Boulenger, 1891)			X <sup>d</sup>	<i>e</i>
<i>Rhinella marina</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X <sup>abd</sup>	<i>a</i>
<b>Centrolenidae</b>				
<i>Hyalinobatrachium fleischmanni</i> (Boettger, 1893)			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<b>Craugastoridae</b>				
<i>Craugastor lineatus</i> (Brocchi, 1879)			X <sup>d</sup>	<i>e</i>
<i>C. rhodopsis</i> (Cope, 1867)	X		X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>C. rupinius</i> (Campbell & Savage, 2000)	X		X <sup>ad</sup>	<i>e</i>
<b>Hylidae</b>				
<i>Agalychnis moreletii</i> (Duméril, 1853)		X	X <sup>abd</sup>	<i>d</i>
<i>Dendropsophus robertmertensi</i> (Taylor, 1937)			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Duellmanohyla schmidtorum</i> (Stuart, 1954)			X <sup>d</sup>	<i>e</i>
<i>Plectrohyla matudai</i> Hartweg, 1941			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<i>Ptychohyla euthysanota</i> Kellog, 1928			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<i>Scinax staufferi</i> Cope, 1865			X <sup>d</sup>	<i>e</i>
<i>Smilisca baudinii</i> Duméril & Bibron, 1841	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<b>Leptodactylidae</b>				
<i>Engystomops pustulosus</i> (Cope, 1864)			X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<i>Leptodactylus fragilis</i> Brocchi, 1877			X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<i>L. melanonotus</i> Hallowell, 1861		X	X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<b>Ranidae</b>				
<i>Lithobates forreri</i> (Boulenger, 1883)			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<i>L. maculatus</i> (Brochi, 1877)	X		X <sup>d</sup>	<i>c</i>
<b>Rhinophrynidae</b>				
<i>Rhinophrynus dorsalis</i> Duméril & Bibron, 1841			X <sup>ad</sup>	<i>e</i>
<b>Plethodontidae</b>				
<i>Bolitoglossa flaviventris</i> Schmidt, 1936			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>B. morio</i> Cope, 1869			X <sup>bd</sup>	<i>e</i>
<i>B. occidentalis</i> Taylor, 1941			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<i>B. salvinii</i> Gray, 1868			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>
<i>Oedipina taylori</i> Stuart, 1952			X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<b>Dermophiidae</b>				
<i>Dermophis mexicanus</i> (Duméril & Bibron, 1841)			X <sup>abd</sup>	<i>e</i>

Nota. \*C/A = Captura/Avistamiento; IS = Investigación social; ID = Investigación documental; <sup>a</sup>= Acevedo 2006; <sup>b</sup>= Campbell & Vannini 1989; <sup>c</sup>= Köhler 2003; <sup>d</sup>= AmphibiaWeb/BerkeleyMapper. \*\* *a* = controladora de plagas, *b* = venenosa, *c* = consumida como alimento, *d* = uso comercial, *e* = neutral.

Tabla 2

Riqueza de reptiles de la FUSJ, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala y su relación con el humano.

Taxón	Fuente*			Relación con el humano**
	C/A	IS	ID	
Emydidae				
<i>Kinosternon scorpioides</i> (Linnaeus, 1766)			X <sup>c</sup>	<i>d</i>
<i>Rhinoclemmys pulcherrima</i> (Gray, 1855)		X	X <sup>b</sup>	<i>d</i>
Corytophanidae				
<i>Basiliscus vittatus</i> Wiegmann, 1828	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
Dactyloidae				
<i>Anolis cristifer</i> Smith, 1968			X <sup>a</sup>	<i>e</i>
<i>A. dollfusianus</i> Bocourt, 1873	X		X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
<i>A. serranoi</i> (Köhler, 1999)	X			<i>e</i>
<i>A. wellbornae</i> AHL, 1940	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Diploglossidae				
<i>Celestus atitlanensis</i> (Smith, 1950)			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Eublepharidae				
<i>Coleonix elegans</i> Gray, 1845			X <sup>bc</sup>	<i>d</i>
Gekkonidae				
<i>Gonatodes albogularis</i> (Duméril & Bibron, 1836)	X	X	X <sup>b</sup>	<i>a</i>
<i>Hemidactylus frenatus</i> Schlegel, 1836	X			<i>a</i>
<i>Phyllodactylus tuberculatus</i> Wiegmann, 1834		X	X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
Gymnophthalmidae				
<i>Gymnophthalmus speciosus</i> (Hallowell, 1861)			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Iguanidae				
<i>Ctenosaura similis</i> (Gray, 1831)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>c, d</i>
<i>Iguana iguana</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>c, d</i>
Phrynosomatidae				
<i>Sceloporus acanthinus</i> Bocourt, 1873	X		X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>S. siniferus</i> Cope, 1870			X <sup>a</sup>	<i>e</i>
<i>S. squamosus</i> Bocourt, 1874			X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
<i>S. taeniocnemis</i>			X <sup>c</sup>	<i>e</i>
Scincidae				
<i>Marisora brachypoda</i> (Taylor, 1956)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Scincella assatus</i> (Cope, 1864)	X		X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Teiidae				
<i>Aspidoscelis deppei</i> (Wiegmann, 1834)			X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
<i>Holcosus undulatus</i> (Wiegmann, 1834)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Xantusiidae				
<i>Lepidophyma smithii</i> (Bocourt, 1876)	X		X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
Boidae				
<i>Boa constrictor</i> Linnaeus, 1758	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>a, c, d</i>
Colubridae				
<i>Coluber mentovarius</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)		X	X <sup>b</sup>	<i>a</i>
<i>Drymarchon melanurus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)			X <sup>ab</sup>	<i>a</i>
<i>Drymobius chloroticus</i> (Cope, 1886)			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>D. margaritifera</i> (Schlegel, 1837)	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Ficimia publia</i> Cope, 1866			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Lampropeltis triangulum</i> (Lacépède, 1789)	X		X <sup>abc</sup>	<i>d</i>
<i>Leptodrymus pulcherrimus</i> (Cope, 1874)			X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
<i>Leptophis mexicanus</i> Duméril, Bibron & Duméril, 1854			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>

Nota. \*C/A = Captura/Avistamiento; IS = Investigación social; ID = Investigación documental; <sup>a</sup>= Acevedo 2006; <sup>b</sup>= Campbell & Vannini 1989; <sup>c</sup>= Köhler 2003; <sup>d</sup>= AmphibiaWeb/BerkeleyMapper. \*\* *a* = controladora de plagas, *b* = venenosa, *c* = consumida como alimento, *d* = uso comercial, *e* = neutral.

Tabla 2, continuación

Taxón	Fuente*			Relación con el humano**
	C/A	IS	ID	
<i>Mastigodryas dorsalis</i> (Bocourt, 1890)	X		X <sup>ac</sup>	<i>e</i>
<i>M. melanolomus</i> (Cope, 1868)	X		X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Oxybelis aeneus</i> (Wagler, 1824)		X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>O. fulgidus</i> (Daudin, 1803)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Pliocercus elapoides</i> Cope, 1860	X		X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Scaphiodontophis annulatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Senticolis triaspis</i> (Cope, 1866)			X <sup>ac</sup>	<i>e</i>
<i>Spilotes pullatus</i> (Linnaeus, 1758)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>a</i>
<i>Stenorrhina freminvillei</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Tantilla jani</i> (Günther, 1895)			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>T. vulcani</i> Campbell, 1998			X <sup>c</sup>	<i>e</i>
Dipsadidae				
<i>Adelphicos quadrivirgatum</i> Jan, 1862			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Clelia scytalina</i> (Cope, 1867)	X		X <sup>ab</sup>	<i>a</i>
<i>Coniophanes fissidens</i> (Günther, 1858)	X		X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Conophis lineatus</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)			X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<i>Enulius flavitorques</i> (Cope, 1868)			X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<i>Geophis nasalis</i> (Cope, 1868)			X <sup>c</sup>	<i>e</i>
<i>Imantodes cenchoa</i> Linnaeus, 1758			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>I. gemmistratus</i> (Cope, 1861)		X	X <sup>bc</sup>	<i>e</i>
<i>Leptodeira annulata</i> (Linnaeus, 1758)	X		X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>L. nigrofasciata</i> Günther 1868			X <sup>c</sup>	<i>e</i>
<i>L. septentrionalis</i> (Kennicott, 1859)	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Ninia diademata</i> Baird & Girard, 1853			X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>N. sebae</i> (Duméril, Bibron & Duméril, 1854)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>e</i>
<i>Rhadinella hannsteini</i> (Stuart, 1949)			X <sup>c</sup>	<i>e</i>
<i>Sibon nebulatus</i> (Linnaeus, 1758)			X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
<i>Tropidodipsas sartorii</i> Cope, 1863	X		X <sup>b</sup>	<i>e</i>
<i>Xenodon rabdocephalus</i> (Wied, 1824)	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
Elapidae				
<i>Micrurus latifasciatus</i> Schmidt, 1933			X <sup>abc</sup>	<i>b</i>
<i>M. nigrocinctus</i> (Girard, 1854)	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>b</i>
Leptotyphlopidae				
<i>Epictia goudotii</i> (Duméril & Bibron, 1844)	X	X	X <sup>ab</sup>	<i>e</i>
Viperidae				
<i>Agkistrodon bilineatus</i> Günther, 1863			X <sup>b</sup>	<i>b</i>
<i>Atropoides occiduus</i> (Hoge, 1966)	X		X <sup>ac</sup>	<i>b</i>
<i>Bothriechis bicolor</i> (Bocourt, 1868)			X <sup>abc</sup>	<i>b</i>
<i>Bothrops asper</i> (Garman, 1883)	X	X	X <sup>abc</sup>	<i>b</i>
<i>Crotalus simus</i> Latreille, 1801		X	X <sup>abc</sup>	<i>b</i>

Nota. \*C/A = Captura/Avistamiento; IS = Investigación social; ID = Investigación documental; <sup>a</sup>= Acevedo 2006; <sup>b</sup>= Campbell & Vannini 1989; <sup>c</sup>= Köhler 2003; <sup>d</sup>= AmphibiaWeb/BerkeleyMapper. \*\* *a* = controladora de plagas, *b* = venenosa, *c* = consumida como alimento, *d* = uso comercial, *e* = neutral.



Figura 4. Algunas de las 41 especies de anfibios y reptiles que fueron encontradas en la Finca Universitaria San Julián: (1) *Incilius canaliferus*, (2) *Anolis wellbornae*, (3) *Lepidophyma smithii*, (4) *Spilotes pullatus*, (5) *Lampropeltis triangulum*, (6) *Bothrops asper*.

## Discusión

Cuando se desea valorar un sitio según los recursos biológicos que contiene, se pueden tomar al menos dos caminos: realizar una investigación de campo para constatar lo que está presente o, consultar lo que dicen las publicaciones en donde se han reportado las distribuciones geográficas de las especies que componen la diversidad conocida. Se establece entonces la posibilidad de que la riqueza encontrada sea equivalente a la riqueza esperada o que existan diferencias. La forma en que están confeccionados y presentados los mapas o las tablas de distribución geográfica en la literatura herpetológica de referencia, no siempre permite ubicar espacialmente las especies referidas.

En la publicación más reciente sobre la diversidad de la herpetofauna de Guatemala (Acevedo et al., 2010) se consigna la distribución espacial de las especies, según la Zona de Vida de Holdridge que ocupan. Partir de este tipo de datos para ubicar la presencia potencial de la riqueza, plantea algunas dificultades prácticas.

Por ejemplo, la FUSJ se encuentra situada en la zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido (De la Cruz, 1982). Si se consultan los datos presentados por Acevedo y colaboradores (2010), se observa

que en esta zona de vida se distribuyen 192 especies de anfibios y reptiles. Sin embargo, para establecer la riqueza esperada de la FUSJ a partir de este dato, se debe considerar el siguiente silogismo: todas esas 192 especies de anfibios y reptiles se distribuyen en el Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido, pero no en todo el Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido se distribuyen todas esas 192 especies de anfibios y reptiles.

En el sentido pragmático, por lo tanto, se desea establecer la riqueza potencial (esperada) de un sitio, son más útiles los mapas que muestran áreas de distribución, como los presentados por Köhler (2001, 2003). Estos mapas muestran distribuciones que al menos en apariencia, son más puntuales o específicas. El ejercicio de ubicar espacialmente la presencia de una especie en un sitio dado, se facilita enormemente cuando se parte de mapas que muestran polígonos convexos de distribución, basados en datos de campo.

Independientemente de la calidad y veracidad que puedan tener los mapas que han sido desarrollados combinando datos de *localidades tipo* o de registros geográficos, con la zonificación biogeográfica de un país, nada superaría la búsqueda en campo como herramienta para la valoración de cada sitio, en función de lo encontrado y no de lo esperado.

Con un listado de 97 especies (incluyendo 41 capturadas o avistadas), la FUSJ se convierte en un sitio importante e interesante para el estudio y conservación de la herpetofauna de Guatemala. Pensar en el hecho que exista una riqueza potencial de 97 especies de anfibios y reptiles en un sitio tan pequeño es sorprendente. Más sorprendente es, que por lo menos 41 especies —cuya presencia se ha constatado en el sitio—, sobrevivan en ese agro paisaje, donde las perturbaciones de diversa índole son frecuentes.

Cuando se comparan los datos de la presente investigación, con los datos generados en estudios similares en Mesoamérica y Sudamérica, se refuerza la idea del valor biológico y de conservación de la FUSJ. Herrera, Henríquez y Vaquerano (2006), encontraron una riqueza de 30 especies en tres áreas protegidas del bosque seco del Pacífico de El Salvador. Martín-Regalado, Gómez-Ugalde y Cisneros-Palacios (2011), contabilizaron 41 especies en el Cerro Guiengola en Tehuantepec, México. Sánchez-Aguilar, Luna-Reyes y Hernández-García (2011) registraron 43 especies en la zona de conservación El Cabildo, Amatal, Chiapas, México.

En la Reserva Natural Datanlí, en Nicaragua, se registraron 66 especies de anfibios y reptiles (Salgado & Blanco, 2007). En el Parque Nacional Natural Tayrona, en Colombia, se determinó una riqueza de 44 especies (Rueda-Solano & Castellanos-Barliza, 2010) y en el Centro Experimental Amazónico, en Putumayo, en el mismo país, se contabilizaron 44 especies (Betancourth-Cundar & Gutiérrez, 2010).

En la Reserva Natural Provincial Isla Apipé Grande, Argentina, se registraron 63 especies de anfibios y reptiles (Zaracho et al., 2014) y en la zona norte del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi, en Bolivia, se registraron 90 especies (Cortez-Fernández, 2005).

Sin considerar el tamaño y las condiciones de conservación de otros sitios donde se ha estudiado la riqueza de herpetofauna, la FUSJ ofrece una riqueza interesante para su tamaño. Algunas de las especies de la lista de la FUSJ son comunes, por ejemplo, *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibron, 1836), *Hemidactylus frenatus* Schlegel, 1836, *Holcosus undulatus* (Wiegmann, 1834), *Anolis serranoi* (Köhler, 1999) y *Coniophanes fissidens* (Günther, 1858) mientras que otras como *Lepidophyma smithii* Bocourt, 1876, *Adelphicos quadrivirgatum* Jan, 1862, *Clelia scytalina* (Cope, 1867) y *Pliocercus elapoides* (Cope, 1860), podrían considerarse raras.

De cualquier forma, la composición varía de un sitio a otro y esto es lo importante, en términos de conservación de la biodiversidad. La fragmentación de los paisajes, algo tan frecuente en la región neotropical, obliga a estudiar la composición y abundancia de cada parche. La riqueza de herpetofauna de otro sitio que apenas dista 7 km de la FUSJ, tuvo una composición diferente, aunque con ciertos traslapes (Guerra-Centeno, Morán-Villatoro, Fuentes-Rousselin, Meoño-Sánchez & Valdez-Sandoval, 2014).

Este endemismo en la distribución espacial de la herpetofauna es un factor que debe considerarse a la hora de estudiar la diversidad. El endemismo, de hecho, genera preocupación en materia de conservación. En el ámbito de Guatemala, algunas especies como *Exerodonta perkinsi* (Campbell & Brodie, 1992), *Plectrohyla tecunumani* Duellman & Campbell, 1984, *P. teuchestes* Duellman & Campbell, 1992, *Ptychohyla dendrophasma* (Campbell, Smith & Acevedo, 2000), *Craugastor adamastus* (Campbell, 1994), *C. campbelli* (Smith, 2005), *Oedipina stenopodia* Brodie & Campbell, 1993, *Diploglossus atitlanensis* Smith, 1950 y *Anolis haguei* Stuart, 1942 (Acevedo, 2006), son conocidas únicamente de la localidad tipo. De lo anterior se sigue que todos los sitios son importantes pues podrían guardar pequeñas poblaciones de especies con distribución muy restringida.

El aprovechamiento del conocimiento popular y del conocimiento científico cuando se realiza investigación social e investigación documental, permite generar un mejor dato de riqueza esperada, en contraposición con la sola utilización de referencias documentales.

Es interesante la discrepancia entre el número de especies esperadas en la FUSJ (partiendo de lo reportado en la literatura científica) y aquellas cuya presencia se logró constatar directamente (95 vs 41 especies). Esto puede tener varias explicaciones. La primera es que algunas especies no son conspicuas y por lo tanto, son difíciles de observar. La segunda es que el tamaño de las poblaciones de algunas especies podría ser muy reducido y las densidades ser muy bajas, disminuyendo la probabilidad de detección. La tercera es que algunas especies podrían haber desaparecido de la FUSJ, por causas naturales o antrópicas. El grado de perturbación generado por el cambio de uso del suelo, las prácticas agrícolas (herbicidas, plaguicidas, fertilizantes químicos, quemadas, talas, etc.) y la actividad humana en general, podría fácilmente diezmar o eliminar poblaciones enteras de la herpetofauna. La cuarta explicación tiene relación con lo que ya se discutió sobre los mapas o

tablas de distribución geográfica de especies que en ocasiones, parten de una idealización de la realidad objetiva y no de datos empíricos de campo.

De manera contraria a lo que sucede con las especies cuyos tamaños de población resultan reducidos por la actividad humana, algunas especies se ven beneficiadas por las perturbaciones antrópicas. Por ejemplo, *Gonatodes albogularis* (Duméril & Bibon, 1836) y *Hemidactylus frenatus* (Schlegel, 1836) que utilizan como refugio y sitio de forrajeo las casas y otras edificaciones construidas por el humano.

Las densidades de especies que se alimentan de roedores sinantrópicos (por ejemplo *Rattus rattus* L., 1758 y *Mus musculus* L., 1758) o de roedores depredadores de cultivos agrícolas (por ejemplo *Sigmodon hispidus* Say & Ord, 1825 y *Ortogeomys hispidus* Le Conte, 1852) como es el caso de *Bothrops asper* (Garman, 1883), *Boa constrictor* L., 1758 y *Drymarchon melanurus* (Duméril, Bibron & Duméril, 1854) podrían estar aumentadas en la FUSJ en comparación con otros sitios con menos influencia antrópica.

En este estudio, se cubrieron la mayoría de ecotopos, tales como potreros, cafetal, riachuelos, bosque secundario, plantaciones arbóreas, plantaciones de bambú, otros cultivos agrícolas y el casco de la finca. Por otro lado, aunque es más común en hábitats como el bosque nuboso, los hábitos acrodendrófilos hacen que algunas especies de anfibios y reptiles tiendan a no ser detectadas en los censos o conteos (Kays & Allison, 2001). Finalmente, si se considera que aún quedan algunas áreas de la FUSJ y algunos estratos de la vegetación por estudiar, se esperaría que el registro de especies pueda aumentar.

En cuanto a los datos que fueron generados mediante investigación social, es necesario plantear ciertas consideraciones. La primera, se refiere a la existencia de un sesgo geográfico en los datos. Los datos de investigación social se generaron el año que se decidió registrar la herpetofauna de la FUSJ (año 2003). En esa época, se utilizó material fotográfico de las especies de anfibios y reptiles que se distribuyen principalmente para la región norte de Guatemala. La segunda, consiste en la posibilidad que algunas especies conocidas por los participantes, no hayan sido reconocidas cuando estos observaron las imágenes. Por ejemplo, especies como *Incilius valliceps* (Wiegman, 1833), *Lampropeltis triangulum* (Lacépède, 1789) y *Drymobius margaritiferus* (Schlegel, 1837) que son comunes en la FUSJ, no fueron señaladas por los participantes. La tercera, es que los participantes señalaron haber visto en la FUSJ,

algunas especies -como *Agalychnis chalcidrias* (Cope, 1862)-, que no se distribuyen para la zona donde se encuentra la finca. En tal sentido, los datos generados por investigación social, deben considerarse con cierta reserva.

## Agradecimientos

Agradecemos al señor Miguel Ortiz, administrador de la FUSJ por su hospitalidad; a Ramón Fernat López, Ángel Valenzuela y Santiago Misael González, por su participación en la investigación social; a Jonathan Campbell y Manuel Acevedo por su colaboración en la identificación de especímenes y a Giovanni de la Cruz, Gabriel Herrarte, Andrés Duarte y Berni Ávila por su ayuda en la búsqueda de especímenes.

## Referencias

- Acevedo, M. (2006). Anfibios y reptiles de Guatemala: Una breve síntesis con bibliografía. En E. Cano (Ed.), *Biodiversidad de Guatemala* (v. 1, pp. 487-524). Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Acevedo, M., Wilson, L. D., Cano, E. B., & Vásquez-Almazán, C. (2010). Diversity and conservation status of the Guatemalan herpetofauna. En L. Wilson, H. Townsend & J. Johnson (Eds.), *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles* (pp. 407-434). Utah: Eagle Mountain Publishing, LC.
- AmphibiaWeb: Information on amphibian biology and conservation. [web application]. (2015, mayo). Berkeley, California: Autor. Recuperado de <http://amphibiaweb.org>
- Betancourth-Cundar, M., & Gutiérrez, A. (2010). Aspectos ecológicos de la herpetofauna del Centro Experimental Amazónico, Putumayo, Colombia. *Ecotrópicos*, 23, 61-78.
- Campbell, J. (1998). *Amphibians and Reptiles of Northern Guatemala, the Yucatán and Belize*. Oklahoma: University of Oklahoma Press.
- Campbell, J., & Lamar, W. (1989). *The venomous reptiles of Latin America*. Ithaca: Comstock Publishing Associates.

- Campbell, J., Smith, E., Streicher, J. W., Acevedo, M., & Brodie Jr, E. (2010). New Salamanders (Caudata: Plethodontidae) from Guatemala, with miscellaneous notes on known species. *Miscellaneous Publications Museum of Zoology, University of Michigan*, 200.
- Campbell, J., Smith, E., Streicher, J. W., Acevedo, M., & Brodie Jr, E. (2011). Guatemalan Salamander Diversity. *FrogLog*, 96, 22-25.
- Campbell, J., & Vannini, J. (1989). *Distribution of amphibians and reptiles in Guatemala and Belize. Proceedings of the Western Foundation of Vertebrate Zoology*. Los Angeles: Western Foundation of Vertebrate Zoology.
- Castoe, T., Chippindale, P., Campbell, J., Ammerman, L., & Parkinson, C. (2003). Molecular systematics of the Middle American jumping pitvipers (genus *Atropoides*) and phylogeography of the *Atropoides nummifer* complex. *Herpetologica*, 59(3), 420-431.
- Castoe, T., Sasa, M., & Parkinson, C. (2005). Modeling nucleotide evolution at the mesoscale: the phylogeny of the Neotropical pitvipers of the Porthidium group (Viperidae: Crotalinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 37(3), 881-898.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013a). *Listado de Áreas Protegidas*. Guatemala: Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2013b). *Integración de estadísticas e indicadores ambientales oficiales del CONAP*. Fase IV. Guatemala: Unidad de Seguimiento y Evaluación. Departamento de Planificación, Estudios y Proyectos. Secretaría Ejecutiva del Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Cortez-Fernández, C. (2005). Herpetofauna de la zona norte del Parque Nacional y Área Natural de Manejo Integrado Madidi (PNANMI-Madidi). *Ecología en Bolivia*, 40(2), 10-26.
- De la Cruz, J. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Guerra-Centeno, D., Morán-Villatoro, D., Fuentes-Rousselin, H., Meoño-Sánchez, E., & Valdez-Sandoval, C. (2014). Riqueza de herpetofauna de la reserva natural privada Los Tarrales, Cuenca del Lago Atitlán, Guatemala. *Anales de Biología*, 36, 23-31.
- Günther, A. C. L. G. (1885 – 1902): *Biologia Centrali-America. Reptila and Batrachia*. – London (Porter). SSAR Reprint 1987. Athens, Ohio. <http://www.animalbase.uni-goettingen.de/zooweb/servelet/AnimalBase/home/reference?id=2863>.
- Herrera, N., Henríquez, V., & Vaquerano, R. (2006). Herpetofauna del bosque seco de El Salvador: nuevos registros de distribución. *Mesoamericana*, 10(4), 37-43.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.
- Hoser, R. (2009). A reclassification of the Rattlesnakes; species formerly exclusively referred to the Genera *Crotalus* and *Sistrurus*. *Australian Journal of Herpetology*, 6, 1-21.
- Hoser, R. (2012a). A reassessment of the higher taxonomy of the Viperidae. *Australasian Journal of Herpetology*, 10, 35-48.
- Hoser, R. (2012b). A new genus of Jumping Pitviper from Middle America (Serpentes: Viperidae). *Australasian Journal of Herpetology*, 10, 33-34.
- Hoser, R. (2012c). A reclassification of the Rattlesnakes; species formerly exclusively referred to the Genera *Crotalus* and *Sistrurus* and a division of the elapid genus *Micrurus*. *Australasian Journal of Herpetology*, 11, 2-24.
- Hoser, R. (2013). *Adelynhoserserpenae wellsii*, a new species of Jumping Pitviper from Mexico (Serpentes: Viperidae). *Australasian Journal of Herpetology*, 16, 27-30.
- Kaiser, H., Crother, B., Kelly, C., Luiselli, L., O'Shea, M., Ota, H., & Wüster, W. (2013). Best practices: in the 21st century, taxonomic decisions in herpetology are acceptable only when supported by a body of evidence and published via peer-review. *Herpetological Review*, 44(1), 8-23.
- Kays R., & Allison, A. (2001). Arboreal tropical forest vertebrates: Current knowledge and research trends. *Plant Ecology*, 153, 109-120.

- Köhler, G. (2001). *Reptilien und Amphibien Mittelamerikas. Band 2: Schlangen*. Offenbach: Herpeton.
- Köhler, G. (2003). *Reptiles of Central America*. Offenbach: Herpeton.
- Lee, J. (2000). *A Field Guide to the Amphibians and Reptiles of the Maya World: The Lowlands of Mexico, Northern Guatemala and Belize*. New York: Comstock Publishing Associates, Cornell University Press.
- Martín-Regalado, C., Gómez-Ugalde, R., & Cisneros-Palacios, M. (2011). Herpetofauna del cerro Guiengola, istmo de Tehuantepec, Oaxaca. *Acta Zoológica Mexicana*, 27(2), 359-376.
- Pedroza, C. (1988). *Diagnóstico de la finca San Julián, Patulul, Suchitepéquez* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Escuela de Medicina Veterinaria, Guatemala.
- Porras, L., Wilson, L., Schuett, G., & Reiserer, R. (2013). A taxonomic reevaluation and conservation assessment of the common cantil, *Agkistrodon bilineatus* (Squamata: Viperidae): a race against time. *Amphibian & Reptile Conservation*, 7(1), 48-73.
- Rueda-Solano, L., & Castellanos-Barliza, J. (2010). Herpetofauna de Neguanje, Parque Nacional Natural Tayrona, Caribe Colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 15(1), 195-206.
- Salgado, H., & Blanco, F. (2007). Diversidad de la herpetofauna en la Reserva Natural Datanlí-El Diablo, Santa Maura (Jinotega). *Encuentro*, 39(77), 94-106.
- Sánchez-Aguilar, G., Luna-Reyes, R., & Hernández-García, E. (2011). Herpetofauna de la zona sujeta a conservación ecológica El Cabildo, Amatal, Chiapas, México. *Lacandonia*, 5(1), 53-65.
- Uetz, P., & Hošek, J. (Eds.). (2015). The Reptile Database. Recuperado de <http://www.reptile-database.org>
- Zaracho, V., Ingaramo, M., Semhan, R., Etchepare, E., Acosta, J., ... Álvarez, B. (2014). Herpetofauna de la Reserva Natural Provincial Isla Apipé Grande (Corrientes, Argentina). *Cuadernos de Herpetología*, 28(2), 153-160.

# Evaluación de la capacidad neutralizante de extractos de plantas de uso popular en Guatemala como antídotos para el envenenamiento por la mordedura de *Bothrops asper*

Patricia Saravia-Otten<sup>1</sup>, Rosario Hernández<sup>1</sup>, José M. Gutiérrez<sup>3</sup>, Max Mérida<sup>2</sup>, Armando Cáceres<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Bioquímica, y <sup>2</sup>Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

<sup>3</sup>Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: psaravia02@gmail.com

Recibido: 04 de marzo de 2015 / Revisión: 05 de abril de 2015  
Aceptado: 08 de mayo de 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

## Resumen

Se determinó la capacidad de los extractos de seis plantas de uso etnomédico (*Acacia hindsii*, *Aristolochia maxima*, *Cissampelos pareira*, *Hamelia patens*, *Piper peltatum* y *Sansevieria hyacinthoides*) para neutralizar los efectos proteolítico y fosfolipasa A2 (PLA2) del veneno de *Bothrops asper*, la principal especie causante de envenenamiento en el país. Estos efectos, indicadores de la capacidad miotóxica, hemorrágica e inflamatoria del veneno, se evaluaron en ensayos controlados in vitro. Las plantas fueron colectadas, secadas y extraídas por percolación con etanol. Los resultados demuestran que ninguno de los extractos posee actividad PLA2 o proteolítica intrínseca a las dosis estudiadas. Se determinó que tres de los extractos neutralizaron pobremente (< 50%) los efectos estudiados: *S. hyacinthoides* neutralizó 13.90 ± 6.41% del efecto PLA2 y *P. peltatum* y *C. pareira* el 32.98 ± 5.51% y 24.52 ± 7.45%, respectivamente, del efecto proteolítico. Por ello, ningún extracto se evaluó en pruebas de neutralización de la letalidad en ratones. Se concluye que no es recomendable el uso aislado de estas plantas en el tratamiento del envenenamiento por mordedura de *B. asper*, aunque posiblemente las que demostraron alguna actividad puedan resultar potenciadas al usarse en combinación con otras plantas, como se hace en las recetas tradicionales. Dada la complejidad de los componentes del veneno y sus efectos fisiopatológicos, falta investigar la capacidad de las plantas estudiadas para neutralizar las coagulopatías, edema y miotoxicidad producidas durante el envenenamiento.

**Palabras claves:** Plantas antiofídicas, actividad proteolítica, fosfolipasa A2 (PLA2), veneno de *B. asper*.

## Abstract

Many plants are reported to be used in Guatemalan traditional medicine as antidotes against various effects of the snakebite; however, very few attempts have been made to evaluate their neutralizing capacity in controlled experiments. Six plants (*Acacia hindsii*, *Cissampelos pareira*, *Hamelia patens*, *Piper peltatum*, *Sansevieria hyacinthoides* and *Aristolochia maxima*) were evaluated in vitro for their ability to neutralize phospholipase A2 (PLA2) and proteolytic effects of the venom of *Bothrops asper*, the snake responsible for approximately half of the snakebite envenomations in Central America. These effects are indicative of the ability of *B. asper* venom to produce myotoxicity, hemorrhage and inflammation. Plants were collected, dried and extracted by maceration with ethanol. After pre-incubation of several amounts of each extract with a challenge dose of venom, *S. hyacinthoides* demonstrated a low neutralizing capacity (< DE<sub>50</sub>) of the PLA2 effect (13.90 ± 6.41%); *C. pareira* (32.98 ± 5.51%) and *P. peltatum* (24.52 ± 7.45%) neutralized less than 50% of the proteolytic effect. The results suggest that neither of the tested plants should be used individually to treat the main effects of *B. asper* envenomation. However, the three low-active extracts might be potentiated when used in mixtures composed of several plants, as prepared by traditional healers. Given the complexity of the venom components and the multiple pathologic effects produced by *B. asper* envenomation, more tests are required to fully investigate the ability of these plants to neutralize the coagulant, fibrin(ogen)olytic, edematizing and myotoxic effects of the venom.

**Keywords:** Plant extracts, proteolytic effect, phospholipase A2 (PLA2), *B. asper* venom.



## Introducción

El envenenamiento ofídico es un problema de salud importante a nivel mundial (World Health Organization, 2007). La mordedura de serpiente produce una alta tasa de mortalidad, morbilidad, secuelas físicas como desfiguración o amputación y psicológicas crónicas (Williams et al., 2010), lo que incide en una pérdida importante de productividad por la incapacidad física. Como los trabajadores rurales son el grupo de mayor riesgo, el envenenamiento ofídico tiene un impacto socioeconómico directo sobre las familias y comunidades de los afectados y por lo tanto contribuye al ciclo de pobreza e inequidad prevaleciente (Gutiérrez, Warrell et al., 2013).

La magnitud del problema es difícil de determinar en Centroamérica, ya que por la falta de atención médica y medios de comunicación en las áreas remotas, donde ocurren la mayoría de accidentes ofídicos, se produce un subregistro de datos disponibles. Además, por tradición, en nuestros pueblos indígenas se prefiere utilizar el servicio de herbolarios o curanderos antes de buscar ayuda en centros hospitalarios, lo que los vuelve invisibles en los datos epidemiológicos. En Guatemala, según datos del Centro Nacional de Epidemiología (CNE) y el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), el número de casos de mordedura de serpiente registrados entre 2001-2010 fue de 7,377 (Morales, 2012).

La serpiente que causa el mayor número de accidentes ofídicos en el país es *Bothrops asper* (Gutiérrez, 2010), que se distribuye en el norte y alguna población aislada en la cuenca del Pacífico (Campbell & Lamar, 1989). El envenenamiento por *B. asper* produce el desarrollo inmediato de daño tisular local caracterizado por edema, dolor, sangrado y necrosis; y en el envenenamiento grave, por hemorragia sistémica, coagulopatías, shock cardiovascular e insuficiencia renal aguda (Gutiérrez, 2002, 2010). Los principales componentes del veneno, metaloproteinasas y PLA2, son los responsables de las manifestaciones locales y sistémicas que caracterizan al envenenamiento (Angulo & Lomonte, 2009).

En la medicina popular de Guatemala se usan varias plantas contra la mordedura de serpientes (Hay, 2002; Morton, 1977). Estos antídotos se usan para tratar el accidente ofídico en regiones selváticas, donde el acceso inmediato a sueros antiofídicos y atención médica es sumamente difícil. Existen sin embargo muy pocos estudios científicos que validen si dichas plantas o sus

extractos son realmente efectivas en la neutralización del envenenamiento. De determinarse que una o más plantas utilizadas en Guatemala son efectivas, podría mejorarse el tratamiento de emergencia del accidente ofídico, usarse como una alternativa o complemento terapéutico al tratamiento con antisueros. En caso contrario, es importante demostrar las limitaciones de dichas sustancias, para prevenir que el paciente reciba un tratamiento inadecuado con hierbas sin valor curativo o que causen efectos tóxicos.

Con este estudio se retomó la búsqueda de bioactividad en plantas de uso etnomédico para el tratamiento del accidente ofídico en Guatemala. Se evaluaron in vitro los extractos etanólicos de seis plantas usadas como antiofídicos, para neutralizar los efectos PLA2 y proteolítico del veneno, importantes indicadores de su capacidad para producir hemorragia, miotoxicidad e inflamación (Lomonte et al., 2012). Inicialmente se propuso que los dos extractos que demostraran la mayor capacidad neutralizante de uno o ambos efectos in vitro, se evaluarían por su capacidad para neutralizar el efecto letal del veneno en ratones. Sin embargo, ninguno de los extractos estudiados en la primera fase alcanzó la  $DE_{50}$ , por lo que no se justifica su evaluación en animales. Se concluye que el uso aislado de las plantas del estudio posiblemente será ineficaz para tratar envenenamientos causados por mordedura de *B. asper*, pero es necesario ampliar el panel de tamizaje con pruebas que determinen la capacidad de las plantas para neutralizar otros efectos del veneno, tales como coagulopatías, edema y miotoxicidad, con el fin de realizar una evaluación completa que permita determinar su potencial efectividad in vivo.

## Materiales y métodos

### Selección y colecta de especies vegetales

A partir de encuestas de campo, revisión de literatura y bases de datos generadas en estudios anteriores (Saravia, Cáceres, Velásquez, & Lara, 2001), se identificaron 24 especies vegetales de uso popular en el país para el tratamiento de mordedura de serpientes. De estas se seleccionaron seis especies: *Acacia hindsii* Benth, *Aristolochia maxima* Jacq., *Cissampelos pareira* L., *Hamelia patens* Jacq., *Piper peltatum* L. y *Sansevieria hyacinthoides* Druce (Tabla 1), según su disponibilidad, abundancia y capacidad de recolección. La Coleta se realizó en base a un muestreo estratificado, preferencial y por conveniencia en lugares donde se tienen las

Tabla 1.  
 Datos de recolección de las plantas del proyecto

Familia / especie (número de registro)*	Nombre común	Parte utilizada	Lugar de colecta Coordenadas y altitud
Rubiaceae / <i>Hamelia patens</i> Jacq. (CFEH 1384)	Chichipín	Hojas	San Bernardino, Suchitepéquez. N 14° 33' 43.5"; W 091° 27' 19.3" 548 msnm**
Asparagaceae / <i>Sansevieria hyacinthoides</i> (L.) Druce (CFEH 1380)	Oreja de burro	Hojas	Guatemala, Guatemala N 14° 34' 48.22"; W 90° 33' 14.23" 1,474 msnm**
Menispermaceae / <i>Cissampelos pareira</i> L. (CFEH 1381)	Alcotán	Raíz	Guatemala, Guatemala N 14° 35' 20.37"; W 90° 29' 56.90" 1,485 msnm**
Piperaceae / <i>Piper peltatum</i> L. (CFEH 1382)	Cordoncillo	Hojas	Morales, Izabal N 15° 26' 32.20"; W 88° 49' 54.10" 46 msnm**
Fabaceae / <i>Acacia hindsii</i> Benth. (CFEH 1383)	Ixcanal	Corteza	San Jacinto, Chiquimula. N 14° 39' 18.20"; W 89° 29' 56.90" 401 msnm**
Aristolochiaceae / <i>Aristolochia</i> sp. (CFEH 1378)	Guaco	Hojas y corteza	Samayac, Suchitepéquez. N 14° 33' 08.2"; W 090° 28' 01.1" 476 msnm**

Nota. \*CFEH: *Cemat Farmaya ethnobotanical herbarium*. \*\*msnm: metros sobre el nivel del mar.

especies bajo cultivo o por manejo. Dado que el uso como antiofidico de la mayoría de ellas es común en todo el país, se asume que las especies presentan una composición química similar. La recolección, embalaje y transporte se realizó conforme a los principios de las buenas prácticas de colecta y el proceso conforme a las técnicas convencionales de secado y molienda (Cáceres, 2009).

### Obtención de extractos vegetales

Se prepararon extractos etanólicos por percolación continua según Kuklinski (2000) y el Ministerio de Sanidad y Consumo (2002). Se pesaron 200 g de material vegetal y se agregaron 2,000 ml del disolvente previamente establecido. Esto se colocó en un percolador, se dejó reposar de 24-48 hr y se recogió el 85% del volumen; se colocó más disolvente, se dejó reposar y

se repitió el proceso hasta obtener un volumen similar al doble del peso inicial del material vegetal (fracción diluida). Esta fracción se concentró hasta alcanzar el 15% del volumen y se mezcló con el 85% de líquido obtenido en la primera recolección. La concentración se realizó por medio de rotaevaporador (Harwood & Moody, 1989) a una temperatura no mayor de 45°C. El extracto concentrado se traspasó a un cristizador, se colocó en una desecadora para eliminar el disolvente restante, se pesó y se determinó el porcentaje de rendimiento tomando en cuenta el peso final del extracto seco dividido el material vegetal pesado multiplicado por 100.

### Veneno de *B. asper*

Se utilizó una mezcla (*pool*) de veneno colectado en el serpentario del Instituto Clodomiro Picado,

Universidad de Costa Rica (proporcionado por el Dr. José María Gutiérrez); el cual fue obtenido a partir de al menos 40 especímenes adultos provenientes de la región del Pacífico de Costa Rica. La mezcla de veneno fue centrifugada, liofilizada y guardada a  $-20^{\circ}\text{C}$  hasta su uso. Estudios previos realizados por Saravia, Rojas y colaboradores (2001), demostraron que el perfil toxicológico del veneno de las serpientes de Costa Rica es similar al de las especies guatemaltecas.

### Disolución de extractos vegetales

Los extractos vegetales etanólicos de consistencia viscosa grado miel, se disolvieron en una solución tampón de fosfatos (PBS) pH 7.2 utilizando Tween80 como emulsionante (PBS-T80), según el protocolo propuesto por Saravia, Cáceres y colaboradores (2001) con algunas modificaciones. Se pesó la cantidad de extracto en un tubo cónico Falcon y se agregó Tween 80 (5% v/v) y la mitad del volumen final de PBS. Esta mezcla se agitó en vórtex hasta lograr la mayor disolución del extracto; se completó el volumen final con PBS y se calentó a  $37^{\circ}\text{C}$  en baño de María por 30 min, agitando constantemente con una varilla de vidrio. La mezcla fue sometida a sonicación por 15 min y nuevamente calentada a  $37^{\circ}\text{C}$  en reposo. La disolución se centrifugó a 2,500 rpm por 15 min, y el sobrenadante se filtró. El filtrado fue identificado (solución madre o *stock*), alicuotado y almacenado en congelación ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) para su uso posterior.

### Actividades PLA2 y proteolítica intrínsecas de los extractos por ensayos dosis–respuesta

Antes de enfrentar el veneno con los extractos vegetales, se midió la actividad PLA2 y proteolítica intrínseca de cada extracto, utilizando ensayos dosis–respuesta, con el fin de determinar los niveles de extracto que podrían utilizarse sin provocar dichos efectos, los cuales invalidarían los resultados de las pruebas de neutralización.

### Actividad PLA2 intrínseca

Se incubaron diversas dosis de cada extracto con fosfatidilcolina de la yema de huevo como sustrato. Los ácidos grasos liberados se titularon con NaOH según el método de Dole (1956) con las modificaciones realizadas por Gutiérrez, Lomonte, Chaves, Moreno y Cerdas (1986). Las dosis de los extractos analizados

(1.25, 0.625, 0.312, 0.156 y 0.078 mg) se seleccionaron en base a estudios previos (Saravia, Cáceres et al., 2001). Se colocaron 100  $\mu\text{l}$  de cada dosis en tubos de vidrio de 15 ml y se incubaron por 2 min a  $37^{\circ}\text{C}$  en baño de María. Como blanco se utilizaron 100  $\mu\text{l}$  de PBS–T80 al 5% y como control positivo 100  $\mu\text{l}$  de veneno disuelto en PBS (dosis reto). Se agregó a cada tubo 1 ml de solución fresca de sustrato (yema de huevo en solución tampón, 1:5) y se incubaron por 20 min a  $37^{\circ}\text{C}$  en baño de María. Se agregaron 5 ml de mezcla de alcohol isopropílico, n-heptano, ácido sulfúrico (40:10:1) a cada tubo, se tapó, se agitó vigorosamente en vórtex y se dejó reposar por 10 min. Se agregaron 2 ml de n-heptano y 3 ml de agua destilada a cada tubo, se mezcló y se dejó reposar hasta que se separaron dos fases. Se transfirieron 2 ml de la fase superior de cada reacción a un tubo de ensayo de 10 ml, se agregó 1 ml de la mezcla de titulación (azul de timol al 0.01%) y se mezcló en vórtex. Se tituló cada una de las mezclas agregando volúmenes de 20  $\mu\text{l}$  de NaOH 0.018 N fresco, libre de  $\text{CO}_2$  y mezclando en vórtex, hasta observar visualmente un viraje de color amarillo a verde. Cada ensayo se realizó por triplicado y se repitió en tres días diferentes. Se determinó el volumen de NaOH 0.018 N utilizado en la titulación de cada tubo restando el volumen empleado en la titulación del blanco. Se calculó la cantidad de  $\mu\text{Eq}$  de NaOH utilizados en la titulación y se expresó la actividad PLA2 en  $\mu\text{Eq}/\text{mg}\cdot\text{min}$ .

### Actividad proteolítica intrínseca

Debido a que el color verde intenso de los extractos vegetales podría interferir con la prueba colorimétrica, se determinó inicialmente el espectro de absorción de cada extracto a diversas concentraciones (1.25 a 0.039 mg) a cinco longitudes de onda cercanas a 450 nm (400–500 nm). Todos los extractos absorbieron con mayor intensidad a 400 nm, por lo que se incluyó un control interno que permitió restar la absorbancia del color de cada extracto (ruido de fondo). La capacidad proteolítica de los extractos sobre azocaseína se evaluó utilizando una modificación del método de Wang, Shih y Huang (2004). Se prepararon las mismas dosis de cada extracto en PBS pH 7.2. Por dosis de extracto se preparó en un microtubo de reacción una mezcla que contenía 100  $\mu\text{l}$  de solución de sustrato (azocaseína 10 mg/ml en PBS) y 20  $\mu\text{l}$  de extracto (serie X). El control negativo (control Z) contenía 100  $\mu\text{l}$  de solución de sustrato y 20  $\mu\text{l}$  de PBS, y el control positivo contenía 100  $\mu\text{l}$  de solución de sustrato y 20  $\mu\text{l}$  de veneno en

PBS (dosis reto). Para eliminar la interferencia del color de los extractos se preparó un control interno para cada dosis de extracto, el cual contenía 100  $\mu$ l de PBS libre de azocaseína y 20  $\mu$ l de cada dosis de extracto (serie Y). Para eliminar la absorbancia por el Tween-80 se preparó otro control que contenía 100  $\mu$ l de PBS libre de azocaseína y 20  $\mu$ l de diluciones seriadas de PBS-T80 (2.5 a 0.078%), que representan el porcentaje de Tween 80 presente en cada dosis de extracto (serie A). Todos se incubaron por 90 min en baño de María. Se agregaron 200  $\mu$ l de ácido tricloroacético a cada tubo; se mezclaron en vórtex y se centrifugaron a 4,000 rpm. De cada sobrenadante se transfirieron 150  $\mu$ l a una placa de 96 pozos de fondo plano, y se agregó a cada pozo 150  $\mu$ l de NaOH 0.5 N. Las placas se mezclaron por agitación y la absorbancia a 450 nm se leyó en un espectrofotómetro. Cada ensayo se realizó por triplicado y se repitió en tres días diferentes.

La actividad proteolítica de cada extracto se calculó de la siguiente manera: A cada ensayo (serie X) se le restó el valor de absorbancia del blanco (control Z) para obtener el valor de absorbancia neta del ensayo. A la absorbancia del control interno (serie Y) se le restó el valor de absorbancia del control de Tween 80 (serie A), para obtener la absorbancia correspondiente al color característico del extracto. Finalmente, al valor de absorbancia neta del ensayo ( $X - Z$ ) se le restó la absorbancia característica de la planta ( $Y - A$ ), obteniéndose así la variación de absorbancia del sobrenadante atribuida a la actividad proteolítica del extracto sobre el sustrato.

### Determinación de la dosis reto de veneno

Se determinaron las dosis reto de veneno a utilizar en las pruebas de neutralización que evalúan las actividades proteolítica y PLA2 del lote de veneno, utilizando los ensayos de dosis-respuesta descritos. Se evaluaron varias dosis del veneno para la actividad PLA2 (1.562, 3.125, 6.25, 12.5 y 25  $\mu$ g) y proteolítica (0.78, 3.125, 6.25, 12.5, 18, 25, 50 y 100  $\mu$ g) de acuerdo a los ámbitos reportados en estudios anteriores (Gutiérrez, Tsai et al., 2013; Saravia, Rojas et al., 2001). Con los resultados obtenidos se elaboraron gráficas que representan la concentración de veneno vs.  $\mu$ Eq/mg.min (para ensayo PLA2) o el cambio de absorbancia del sobrenadante a 450 nm (para ensayo de actividad proteolítica). Se determinó la menor concentración de veneno que produjo la máxima actividad estudiada y se eligió como dosis reto la dosis anterior a ésta (dosis sub óptima). Cada

dosis de veneno se evaluó por triplicado, el ensayo se repitió en tres días diferentes.

### Pruebas de neutralización de las actividades PLA2 y proteolítica del veneno

Se utilizó el ensayo de pre incubación descrito por Gutiérrez y colaboradores (1990), el cual consiste en incubar la dosis reto del veneno con dosis variables del extracto. La dosis reto de veneno para la actividad PLA2 (3.125  $\mu$ g) se enfrentó a dosis variables de extracto a razón veneno: extracto (p/p) de 1:400 hasta 1:12.5. Estas relaciones se seleccionaron para el tamizaje en base a estudios previos (Saravia, Cáceres et al., 2001). Para los ensayos de neutralización de la actividad proteolítica del veneno, la dosis reto (25  $\mu$ g) se enfrentó a dosis variables de extracto a razón veneno: extracto (p/p) de 1:50 hasta 1:3.125. Se seleccionó este ámbito en base a los resultados obtenidos en el estudio del espectro de absorción de los extractos vegetales, en donde se determinó que podía leerse sin interferencia la absorbancia del ensayo cuando se utilizan hasta 1.25 mg de extracto. Para cada experimento se prepararon los controles correspondientes según la metodología previamente descrita; las mezclas y controles se incubaron por 30 min a 37°C, al cabo de los cuales se estudió la actividad neutralizante empleando el ensayo dosis-respuesta. Los experimentos se realizaron por triplicado y se repitieron en tres días diferentes. Los resultados de los experimentos de neutralización se expresaron en términos porcentuales donde el 100% corresponde a la neutralización total del efecto evaluado y el 0% a un efecto de igual magnitud al inducido por el veneno solo. Para establecer el grado de efectividad del extracto se aplicaron los mismos criterios utilizados en un estudio anterior (Saravia, Cáceres et al., 2001) con mínimas modificaciones: neutralización total (100%); neutralización parcial ( $\geq 50\%$  ( $DE_{50}$ ) pero menos del 100%); neutralización pobre (más del 1% pero menos del 50%); ausencia de neutralización (0 - 1%).

### Análisis estadístico

El análisis se realizó por un diseño de bloques al azar, para cada planta se analizó PBS 7.2, la dosis reto del veneno (3.125  $\mu$ g actividad PLA2, y 25  $\mu$ g actividad proteolítica), enfrentados a dosis variables de extracto a razón veneno:extracto de 1:400 hasta 1:12.5

para actividad PLA2 y de 1:50 hasta 1:3.125 para actividad proteolítica. Los ensayos se realizaron en tres días diferentes (bloques), con tres réplicas por ensayo por conveniencia, para un total de nueve lecturas. Se calculó la actividad intrínseca de cada planta, así como su capacidad neutralizante. Para el ensayo de actividad PLA2 la respuesta se midió como la cantidad de  $\mu$  equivalentes de NaOH liberados por  $\mu$ g de proteína por minuto; para el ensayo de actividad proteolítica la respuesta se midió por absorbancia. Los resultados que presentaron algún grado de neutralización fueron evaluados por análisis de varianza de dos vías (ANDEVA), con un nivel de significancia  $\alpha$  de 0.05. Para los tratamientos que demostraron diferencias significativas con respecto al control (veneno), se realizó la prueba de Dunnett (comparaciones pareadas).

## Resultados

### Recolección, secado y obtención de extractos etanólicos de las seis plantas del estudio

De cada planta se colectó la parte que se utiliza tradicionalmente en el tratamiento de la mordedura de serpiente, en los lugares indicados en la [Tabla 1](#). Se

depositó una muestra en el Herbario CFEH del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya y se le asignó un número de registro. El material seco se extrajo con etanol y se concentró, obteniéndose rendimientos del 11 al 37%.

### Actividad PLA2 intrínseca de las plantas y pruebas de neutralización

Se midió la actividad PLA2 del veneno por medio del ensayo de dosis–respuesta para determinar la dosis reto (3.125  $\mu$ g) a utilizar en los ensayos de neutralización (datos no mostrados). Seguidamente, se midió la actividad PLA2 intrínseca de cada uno de los extractos, demostrándose que ninguno de ellos la presenta a las dosis estudiadas (0.078-1.25 mg). Los ensayos de neutralización del efecto PLA2 del veneno demostraron que *S. hyacinthoides* presentó alguna capacidad neutralizante ([Tabla 2](#)). A pesar de haberse observado diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar los valores de neutralización de las dos relaciones veneno-extracto más altas evaluadas (1:400 y 1:200) con la actividad del control de veneno, su capacidad neutralizante es pobre, ya que no logró alcanzar la dosis efectiva media ( $DE_{50}$ , relación veneno: extracto

Tabla 2.

Evaluación de la actividad PLA2 intrínseca de los extractos vegetales etanólicos y su capacidad neutralizante

Planta (extracto etanólico)	Actividad fosfolipasa A2 intrínseca <sup>a</sup> ( $\mu$ Eq/mg.min)	Neutralización de la actividad fosfolipasa A2 del veneno <sup>b</sup> (%)
<i>Hamelia patens</i> (hoja)	0	0
<i>Aristolochia maxima</i> (corteza)	0	0
<i>Aristolochia máxima</i> (hoja)	0	0
<i>Piper peltatum</i> (hoja)	0	0
<i>Sansevieria hyacinthoides</i> (hoja)	0	13.90 $\pm$ 6.41 <sup>c</sup>
<i>Acacia hindsii</i> (corteza)	0	0
<i>Cissampelos pareira</i> (raíz)	0	0

*Nota.* <sup>a</sup>La actividad PLA2 intrínseca de los extractos etanólicos se evaluó incubando diferentes dosis de cada extracto (0.078 – 1.25 mg) con el sustrato y titulando los ácidos grasos liberados.

<sup>b</sup>Neutralización: se preincubaron dosis variables de extractos (1: 400 hasta 1: 12.5 p/p) con una dosis fija de veneno (dosis reto (DR): 3.125  $\mu$ g) antes de exponerlas al sustrato, posteriormente se determinó la cantidad de ácidos grasos liberados en comparación con el control (DR de veneno). <sup>c</sup>Los números indican el porcentaje de neutralización obtenido con el mayor nivel de extracto utilizado. Los resultados se presentan como el promedio  $\pm$  DS (n = 9) de tres ensayos independientes realizados en triplicado.

que neutraliza el 50% del efecto del veneno) (Bogarín et al., 1995; Gutiérrez et al., 1990).

### Actividad proteolítica intrínseca de las plantas y pruebas de neutralización

Se midió la actividad proteolítica sobre azocaseína del veneno por medio del ensayo de dosis-respuesta para determinar la dosis reto (25 µg) para los ensayos de neutralización (datos no mostrados). Como se muestra en la Tabla 3, ninguno de los extractos etanólicos mostró actividad proteolítica intrínseca a las dosis estudiadas. En las pruebas de neutralización se encontró que los extractos de *P. peltatum* y *C. pareira* mostraron alguna capacidad para neutralizar la actividad del veneno. *P. peltatum* mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) al comparar los valores de neutralización de las primeras tres relaciones veneno: planta (1:50, 1:25 y 1:12.5) con la del control de veneno; *C. pareira* mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) para las primeras dos relaciones evaluadas (1:50 y 1:25); sin embargo, ninguna de estas alcanzó la  $DE_{50}$ .

### Discusión

En Guatemala la serpiente que causa el mayor número de accidentes ofídicos es *Bothrops asper* (Gutiérrez, 2010). La administración temprana de sueros antiofídicos es el tratamiento recomendado para contrarrestar el envenenamiento (Gupta & Peshin, 2012; Gutiérrez, 2010), pero su uso en áreas rurales presenta serias limitaciones en cuanto a accesibilidad y riesgo de reacciones alérgicas severas. Los antisuecos son altamente eficaces en la neutralización de los efectos sistémicos producidos por el veneno, pero su efecto es pobre sobre los daños locales (como se citó en Lomonte, León, Angulo, Rucavado, & Núñez, 2009). Dado que la mayoría de accidentes ofídicos suceden en áreas rurales alejadas de los centros de salud, un número indeterminado de víctimas de envenenamiento ofídico son tratados por curanderos o chamanes con plantas, de acuerdo a sus recetas tradicionales (Coe & Anderson, 2005; Orellana, 1987; Otero, Fonnegra et al., 2000).

Por ello, se plantea la necesidad de validar científicamente si las plantas utilizadas en estos antídotos son

Tabla 3.

Evaluación de la actividad proteolítica intrínseca de los extractos vegetales etanólicos y su capacidad neutralizante.

Planta (extracto etanólico)	Actividad proteolítica intrínseca <sup>a</sup>	Neutralización de la actividad proteolítica del veneno <sup>b</sup> (%)
<i>Hamelia patens</i>	0	0
<i>Aristolochia maxima</i> (corteza)	0	0
<i>Aristolochia máxima</i> (hoja)	0	0
<i>Piper peltatum</i>	0	24.52 ± 7.45 <sup>c</sup>
<i>Sansevieria hyacinthoides</i>	0	0
<i>Acacia hindsii</i>	0	0
<i>Cissampelos pareira</i>	0	32.98 ± 5.51 <sup>c</sup>

Nota. <sup>a</sup>La actividad proteolítica intrínseca de los extractos vegetales se determinó incubando diferentes dosis de extractos (0.039-1.25 mg) con azocaseína. La cantidad de los productos de degradación del sustrato se determinó midiendo la absorbancia del sobrenadante a 450 nm.

<sup>b</sup>Neutralización: se preincubaron dosis variables de extractos con una dosis fija de veneno (dosis reto (DR): 25 µg) y se realizó el procedimiento descrito para la determinación de la actividad proteolítica. Las relaciones DR : extracto (p/p) ensayadas fueron de 1:50 hasta 1:3.125.

<sup>c</sup>Los números indican el porcentaje de neutralización obtenido con el mayor nivel de extracto utilizado. Los resultados se presentan como el promedio ± DS (n = 9) de tres ensayos independientes realizados en triplicado.

realmente efectivas en la neutralización de los venenos de las serpientes del país, lo que contribuiría a disminuir o retardar los efectos locales y sistémicos del envenenamiento ofídico en el lugar del accidente, mientras se obtiene tratamiento médico.

En la medicina popular de Guatemala se usan varias plantas contra la mordedura de serpientes (Morton, 1977). Aunque existen personas especializadas en este tipo de tratamientos, se ha reportado que no existe un criterio común en cuanto a las recetas, preparación, dosificación o administración de los antídotos (Hay, 2002; Saravia, Cáceres et al., 2001). Previamente se estudió la capacidad de los extractos etanólicos y acuosos de *Dorstenia contrajerva*, *Neurolaena lobata* y *Eupatorium odoratum* para neutralizar los efectos del veneno de *B. asper*. Algunos demostraron una capacidad neutralizante pobre del efecto hemorrágico e intermedia del efecto coagulante, pero fallaron en neutralizar los efectos PLA2 y letal del veneno (Saravia, Cáceres et al., 2001).

Con el fin de dar continuación a los estudios de validación de las plantas utilizadas como antiofídicos en Guatemala, se estandarizaron dos técnicas de tamizaje in vitro para la detección de actividad antifosfolipasa A2 y antiproteolítica de los extractos etanólicos de seis plantas medicinales utilizadas en el país.

Las PLA2 forman parte de los principales componentes tóxicos del veneno de *B. asper* (Angulo & Lomonte, 2009). Estas despliegan una amplia variedad de actividades farmacológicas, como miotoxicidad, cardiotoxicidad, anticoagulación y edema. Por esta razón, se han realizado esfuerzos en la búsqueda de compuestos naturales que logren la inhibición de la actividad PLA2 de los venenos de serpiente de forma rápida, sin producir los efectos secundarios de los antiseros (como se citó en Carvalho et al., 2013).

El efecto proteolítico del veneno de *B. asper* está mediado principalmente por metaloproteinasas dependientes de zinc (*snake venom metalloproteinases*, SVMPs) y en menor proporción por serinaproteinasas (Gutiérrez, 2002). Estas enzimas son responsables de algunas de las consecuencias más comunes de los envenenamientos por serpientes de la familia Viperidae, como el sangrado local y sistémico, el cual contribuye a la lesión tisular permanente en el tejido muscular, así como a hipovolemia y choque cardiovascular (Gutiérrez, 1995). Se ha demostrado que las SVMPs también inducen mionecrosis, edema, formación de bulas, dermonecrosis, fibri(noge)nólisis y degradación de la matriz extracelular (Gutiérrez, 2002; Gutiérrez & Rucavado, 2000; Gutiérrez, Rucavado, Chaves, Díaz, & Escalante, 2009).

Por ello, los inhibidores de las metaloproteinasas del veneno no se limitan a reducir los efectos locales sino que además previenen las complicaciones secundarias al envenenamiento al disminuir la hemorragia. Varios estudios han reportado metabolitos vegetales que son inhibidores de las SVMPs de diversas especies ofídicas, entre ellas *Pentacletra maculosa* y *Baccharis trimera*, que inhiben las actividades hemorrágica y proteolítica del veneno de las serpientes *Bothrops* (como se citó en Santhosh et al., 2013).

Debido a que el contenido y la potencia del veneno podría variar por factores como el tamaño de la serpiente, edad, clima, última ingesta y procedencia geográfica (Gutiérrez, 1995), fue necesario determinar las actividades PLA2 y proteolíticas del lote de mezclas de veneno utilizado para este estudio antes de establecer las dosis reto. Los resultados mostraron curvas de actividad enzimática similares a las reportadas previamente (Gutiérrez, Tsai et al., 2013; Saravia, Rojas et al., 2001), por lo que para las dosis reto se seleccionaron dosis de veneno que indujeran una respuesta sub-máxima, ubicada en una porción lineal de la curva de dosis-respuesta, que produjera el efecto farmacológico estudiado pero sin saturar el sistema de cuantificación.

Los resultados obtenidos en las pruebas de neutralización demostraron que únicamente el extracto de *S. hyacinthoides* logró una neutralización pobre ( $< DE_{50}$ ) del efecto PLA2 del veneno. Estos resultados son similares a los obtenidos anteriormente en el estudio de plantas guatemaltecas (Saravia, Cáceres et al., 2001), en donde no se logró detectar actividad PLA2 en los extractos estudiados.

En el caso del extracto de *P. peltatum* este resultado fue inesperado, ya que aunque en nuestro sistema no mostró poseer actividad neutralizante en ninguna de las relaciones veneno: extracto investigadas, un estudio realizado en Costa Rica por Nuñez y colaboradores (2005), demostró que inhibía completamente in vitro la actividad PLA2 de la miotoxina I, aislada del veneno de *B. asper*. Sin embargo, el compuesto activo aislado (4-nerolidilcatecol), no logró inhibir la actividad PLA2 en experimentos posteriores in vivo. Igualmente, existen reportes que sugieren propiedades anti-inflamatorias de varias especies de *Aristolochia* (Aristolochiaceae), debidas en parte a su capacidad para inhibir la actividad de las enzimas PLA2 en general (Heinrich, Chan, Wanke, Neinhuis, & Simmonds, 2009; Sosa et al., 2002). Las diferencias observadas en los resultados pueden atribuirse a aspectos metodológicos, ya que en el caso del estudio de Nuñez y colaboradores (2005) los ensayos

se realizaron con una toxina aislada y los extractos de las especies de *Aristolochia* citados anteriormente no fueron expuestos al veneno crudo.

En un estudio de tamizaje realizado en Colombia por Otero, Nuñez, Jiménez y colaboradores (2000), se mostró que nueve de 74 extractos investigados neutralizaron efectivamente in vitro el efecto hemolítico indirecto, indicador de la actividad PLA2 del veneno de *B. atrox* (ahora clasificado como *B. asper*) (como se citó en Lomonte et al., 2009). Aunque las dosis de los extractos etanólicos que alcanzaron la  $DE_{50}$  (0.044-1.153 mg) son comparables a las de nuestro estudio, Otero, Nuñez y colaboradores (2000) reportaron que el efecto fue dosis-dependiente, por lo que existiría la posibilidad de que al aumentarse las dosis en nuestras pruebas de tamizaje, se incrementa su capacidad neutralizante. Sin embargo, por tratarse de cantidades muy altas del extracto consideramos que elevar estas dosis no tendría mucho sentido, pero que existe la posibilidad de que al utilizarse en combinación con otras plantas el efecto pueda potenciarse, como se discute más adelante en esta sección.

El análisis de la capacidad de los extractos para neutralizar el efecto proteolítico del veneno demostró una actividad pobre de *P. peltatum* y *C. pareira*, ya que ninguna llegó a neutralizar el 50% de actividad enzimática del veneno. Debe mencionarse que los niveles de los extractos etanólicos y las relaciones veneno: extracto (p/p) que se usaron en este estudio abarcaron ámbitos más amplios a los reportados por otros investigadores en Colombia para neutralizar el mismo efecto del veneno de *B. asper* (Otero, Nuñez, Barona et al., 2000; Patiño, López, Aristizábal, Quintana, & Benjumea, 2012). Aunque podría esperarse que este efecto también fuera dosis-dependiente, no fue posible aumentar la cantidad de extracto etanólico para el ensayo utilizado en el tamizaje, pues se alcanzó su solubilidad máxima a los niveles ensayados. Dado que el color natural de los extractos fue una limitante en el ensayo descrito por Wang y colaboradores (2004), se evaluará la posibilidad de utilizar un ensayo diferente para medir la neutralización de la actividad proteolítica en futuros proyectos. Una metodología diferente podría permitir resultados más precisos con extractos vegetales, por lo que no puede descartarse la posibilidad que *P. peltatum* y *C. pareira* inhiban el efecto hemorrágico del veneno, el cual es mediado por metaloproteinasas (Castro et al., 1999). En este contexto, los resultados obtenidos anteriormente con tres plantas nativas (Saravia, Cáceres et al., 2001) demostraron que los extractos de *D. contrajerva* (etanólico) y *N. lobata* (acuoso) fueron

capaces de neutralizar, aunque pobremente, el efecto hemorrágico del veneno de *B. asper*.

Estudios realizados en América del Sur han encontrado extractos vegetales con capacidad neutralizante de la actividad proteolítica del veneno de *B. asper* o sus toxinas aisladas, utilizando plantas nativas de Brasil y Colombia principalmente (Borges et al., 2000, 2001; Núñez et al., 2004; Pereañez et al., 2008). Aunque se han encontrado varias plantas con actividad neutralizante de este veneno, pocos trabajos reportan el aislamiento y caracterización de moléculas activas, tales como las macrolobinas (saponinas triterpenoides) (da Silva et al., 2007).

De acuerdo a las nuevas políticas que restringen el uso de animales de laboratorio (Dothel, Vasina, Barbara, & de Ponti, 2013; Nuffield Council on Bioethics, 2005a, b), inicialmente se propuso que los extractos que demostraran mayor capacidad neutralizante de uno o ambos efectos in vitro, se evaluarían en cuanto a su capacidad neutralizante del efecto letal del veneno en ratones. A la luz de los resultados descritos, ninguno de los extractos etanólicos calificó para los ensayos in vivo.

En conclusión, los extractos de *S. hyacinthoides*, *P. peltatum* y *C. pareira* demostraron una pobre capacidad neutralizante de los efectos estudiados del veneno, por lo que el análisis global de los resultados cuestiona seriamente el uso, al menos de forma individual, de estas plantas para el tratamiento de envenenamientos por mordedura de *B. asper*. Es importante señalar que en el estudio anterior, a pesar que las plantas no presentaron capacidad para neutralizar los principales efectos del veneno, los extractos de *D. contrajerva* demostraron actividad coagulante intrínseca. Asimismo, los extractos de *N. lobata* y *E. odoratum* tuvieron actividad anticoagulante intrínseca, así como una capacidad neutralizante parcial del efecto coagulante (y probablemente la actividad desfibrinogenante) del veneno (Saravia, Cáceres et al., 2001). Estos hallazgos plantean la posibilidad que las plantas del presente estudio posean los metabolitos necesarios para neutralizar los efectos del veneno sobre la homeostasia, el cual produce desfibrin(ogen)ación (incoagulabilidad) y hemorragia sistémica (Barrantes, Solis, & Bolaños, 1985; Gutiérrez, Escalante, & Rucavado, 2009; Rucavado et al., 2005). Por esta razón, se requiere la implementación de más pruebas de tamizaje antifídico que permitan evaluar otros efectos del veneno que permitan establecer la potencial actividad de los extractos vegetales para neutralizar los efectos fisiopatológicos del veneno de *B. asper*.

Las posibilidades de detectar plantas de uso etnomédico en Guatemala con una mayor capacidad

neutralizante del veneno también se verán aumentadas conforme se incrementa el número de extractos a investigar. Por ejemplo, en el trabajo realizado en Colombia por Otero, Nuñez y colaboradores (2000) se muestra que únicamente 12 de los 74 extractos investigados neutralizaron la letalidad, y de ellos solo nueve presentaban actividad PLA2. En Costa Rica, Castro y colaboradores (1999) estudiaron 48 especies vegetales, de las cuales solo 10 extractos demostraron actividad antihemorrágica. Por ello debe continuarse con la realización de encuestas etnobotánicas encaminadas no solo a la detección de plantas utilizadas tradicionalmente para el tratamiento de mordeduras de serpiente, sino para conocer de forma más detallada las dosis y recetas tradicionales utilizadas en el país. Es posible que los extractos de las plantas no tengan un efecto significativo cuando se utilizan de forma individual, pero podrían potenciarse en combinación con otras, lo cual vendría a explicar que tradicionalmente los antidotos están compuestos de la mezcla de varias plantas (de Moura et al., 2014; Hay, 2002; Martz, 1992).

### Agradecimientos

Agradecemos a Nely Marroquín y Marcella Orellana, por su entusiasta participación en el desarrollo del proyecto; así mismo a Licda. Nereida Marroquín, Dra. Sully Cruz y Lic. Federico Nave por asesoría. Se agradece la cofinanciación por la Dirección General de Investigaciones (Digi) dentro del Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud (partida presupuestal 4.8.63.1.72) y avalado por el Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas (IIQB) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Usac, Guatemala.

### Referencias

- Angulo, Y., & Lomonte, B. (2009). Biochemistry and toxicology of toxins purified from the venom of the snake *Bothrops asper*. *Toxicon*, 54, 949-957.
- Barrantes, A., Solis, V., & Bolaños, R. (1985). Alterations in the coagulation mechanisms of patients bitten by *Bothrops asper* (Terciopelo). *Toxicon*, 23, 399-407.
- Borgarín, G., Segura, E., Durán, G., Lomonte, B., Rojas, G., & Gutiérrez, J. M. (1995). Evaluación de la capacidad de cuatro antivenenos comerciales para neutralizar el veneno de *Bothrops asper* (terciopelo) de Costa Rica. *Toxicon*, 33, 1242-1245.
- Borges, M. H., Soares, A. M., Rodrigues, V. M., Andrião-Escarso, S. H., Diniz, H., Hamaguchi, A., ... Homsí-Brandeburgo, M. L. (2000). Effects of aqueous extract of *Casearia sylvestris* (Flacourtiaceae) on actions of snake and bee venom and on activity of phospholipases A<sub>2</sub>. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part B: Biochemistry & Molecular Biology*, 27, 21-30.
- Borges, M. H., Soares, A. M., Rodrigues, V. M., Oliveira, F., Fransheschi, A. M., Rucavado, A., ... Homsí-Brandeburgo, J. R. (2001). Neutralization of proteases from *Bothrops* snake venoms by the aqueous extract from *Casearia sylvestris* (Flacourtiaceae). *Toxicon*, 39, 1863-1869.
- Cáceres, A. (2009). *Vademécum nacional de plantas medicinales*. Guatemala: Ed. Universitaria.
- Campbell, J. A. & Lamar, W. W. (1989). *The venomous reptiles of Latin America*. Ithaca: Cornell University Press.
- Carvalho, B. M. A., Santos, J. D. L., Xavier, B. M., Almeida, J. R., Resende, L. M., Martins, W., ... Marchi-Salvador, D. P. (2013). Snake venom PLA2s inhibitors isolated from Brazilian plants: synthetic and natural molecules. *BioMed Research International*, 2013, 153045. doi: 10.1155/2013/153045
- Castro, O., Gutiérrez, J. M., Barrios, M., Castro, I., Romero, M., & Umaña, E. (1999). Neutralización del efecto hemorrágico inducido por veneno de *Bothrops asper* (Serpentes: Viperidae) por extractos de plantas tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 597-607.
- Coe, F. G., & Anderson, G. J. (2005). Snakebite ethnopharmacopoeia of Eastern Nicaragua. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 303-323.
- da Silva, J. O., Fernandes, R. S., Tícli, F. K., Oliveira, E. K., Mazzi, M. V., Franco, J. J., ... Sampaio, S. V. (2007). Triterpenoid saponins, new metalloproteinase snake venom inhibitors isolated from *Pentaclethra macroloba*. *Toxicon*, 50, 283-291.

- de Moura, V. M., Serra, A. N., Veras, R. H., Varjão, J. L., Almeida, J. D., de Sousa R. L., ... Dos-Santos M. C. (2014). A comparison of the ability of *Bellucia dichotoma* Cogn. (Melastomataceae) extract to inhibit the local effects of *Bothrops atrox* venom when pre-incubated and when used according to traditional methods. *Toxicon*, *85*, 59-68.
- Dole, V. P. (1956). A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose. *Journal of Clinical Investigation*, *35*, 150-154.
- Dothel, G., Vasina, V., Barbara, G., & De Ponti, F. (2013). Animal models of chemically induced intestinal inflammation: Predictivity and ethical issues. *Pharmacology & Therapeutics*, *139*, 71-86.
- Gupta, Y. K., & Peshin, S. S. (2012). Do Herbal Medicines Have Potential for Managing Snake Bite Envenomation? *Toxicology International*, *19*, 89-99.
- Gutiérrez, J. M. (1995). Clinical toxicology of snakebite in Central America. En J. Meier & J. White (Eds). *Handbook of clinical toxicology of animal venoms and poisons* (pp. 645-665). Boca Raton: CRC Press.
- Gutiérrez, J. M. (2002). Comprendiendo los venenos de serpientes: 50 años de investigaciones en América Latina. *Revista de Biología Tropical*, *50*, 377-394.
- Gutiérrez, J. M. (2010). Snakebite Envenomation in Central America. En S. Mackessy. *Handbook of venoms and toxins of reptiles* (pp. 492-505). Boca Raton: CRC Press.
- Gutiérrez, J. M., Lomonte, B., Chaves, F., Moreno, E., & Cerdas, L. (1986). Pharmacological activities of a toxic phospholipase A isolated from the venom of the snake *Bothrops asper*. *Comparative Biochemistry and Physiology*, *84C*, 159-164.
- Gutiérrez, J. M., Rojas, G., Lomonte, B., Gené, J. A., Chaves, F., Alvarado, J., & Rojas, E. (1990). Standardization of assays for testing the neutralizing ability of antivenoms. *Toxicon*, *28*, 1127-1129.
- Gutiérrez, J. M., & Rucavado, A. (2000). Snake venom metalloproteinases: their role in the pathogenesis of local tissue damage. *Biochimie*, *82*, 841-850.
- Gutiérrez, J. M., Rucavado, A., Chaves, F., Díaz, C., & Escalante, T. (2009). Experimental pathology of local tissue damage induced by *Bothrops asper* snake venom. *Toxicon*, *54*, 958-975.
- Gutiérrez, J. M., Escalante, T., & Rucavado, A. (2009). Experimental pathophysiology of systemic alterations induced by *Bothrops asper* snake venom. *Toxicon*, *54*, 976-987.
- Gutiérrez, J. M., Warrell, D. A., Williams, D. J., Jensen, S., Brown, N., Calvete, J., & Harrison, R. (2013). The need for gull integration of snakebite envenoming within a global strategy to combat the neglected tropical diseases: The way forward. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, *7*(6), e2162. doi: 10.1371/journal.pntd.0002162.
- Gutiérrez, J. M., Tsai, W. C., Pla, D., Solano, G., Lomonte, B., Sanz, L., ... Calvete, J. J. (2013). Preclinical assessment of a polyspecific antivenom against the venoms of *cerrophidion sasai*, *Porthidium nasutum* and *Porthidium ophymegas*: insights from combined antivenomics and neutralization assays. *Toxicon*, *64*, 60-69.
- Hay, J. O. (2002). *Estudio etnofarmacológico de plantas utilizadas en la medicina tradicional para el tratamiento de leishmaniasis cutánea, del paludismo y de la mordedura de serpientes, en tres departamentos de Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Service Coopération au Développement, Institut de recherche pour le développement.
- Harwood, L. M. & Moody, C. J. (1989). *Experimental organic chemistry: Principles and Practice*. Wiley-Blackwell.
- Heinrich, M., Chan, J., Wanke, S., Neinhuis, C., & Simmonds, M. S. J. (2009). Local uses of *Aristolochia* species and content of nephrotoxic aristolochic acid 1 and 2 – A global assessment based on bibliographic sources. *Journal of Ethnopharmacology*, *125*, 108-144.
- Kuklinski, C. (2000). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. Barcelona: Omega.
- Lomonte, B., León, G., Angulo, Y., Rucavado, A., & Núñez, V. (2009). Neutralization of *Bothrops asper* venom by antibodies, natural products and synthetic drugs: contributions to understanding

- snakebite envenomings and their treatment. *Toxicon*, 54, 1012-1028.
- Lomonte, B., Rey-Suárez, P., Tsai, W. Ch., Angulo, Y., Sasa, M., Gutiérrez, J. M., & Calvete, J. J. (2012). Snake venomics of the pit vipers *Porthidium nasutum*, *Porthidium ophryomegas*, and *Cerrophidion godmani* from Costa Rica: Toxicological and taxonomic insights. *Journal of Proteomics*, 75(5), 1675-1689. doi: 10.1016/j.jprot.2011.12.016.
- Martz, W. (1992). Plants with a reputation against snakebite. *Toxicon*, 30(10), 1131-1142.
- Ministerio de Sanidad y Consumo, Agencia Española del Medicamento, & Boletín Oficial del Estado (España). (2002). *Real Farmacopea Española* (2ª ed.). Madrid: Ministerio de Sanidad y Consumo.
- Morales, C. A. (2012). *Guía de animales ponzoñosos de Guatemala: Manejo del paciente intoxicado* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Morton, J. F. (1977). Some folk-medicine plants of Central America markets. *International Journal of Crude Drug Research*, 15, 165-192.
- Nuffield Council on Bioethics (2005a). Ethical issues raised by animal research (Chapter 3). En *The ethics of research involving animals* (pp 31-58). London: Autor. Recuperado de <http://nuffield-bioethics.org/wp-content/uploads/The-ethics-of-research-involving-animals-full-report.pdf>
- Nuffield Council on Bioethics (2005b). The use of animals for research in the pharmaceutical industry (Chapter 8.). En *The ethics of research involving animals* (pp 131-152). London: Autor. <http://nuffieldbioethics.org/wp-content/uploads/The-ethics-of-research-involving-animals-full-report.pdf>
- Núñez, V., Castro, V., Murillo, R., Ponce-Soto, L., Merfort, I., & Lomonte, B. (2005). Inhibitory effects of *Piper umbellatum* and *Piper peltatum* extracts towards myotoxic phospholipases A<sub>2</sub> from *Bothrops* snake venoms: isolation of 4-nerolidylcatechol as active principle. *Phytochemistry*, 66(9), 1017-1025.
- Núñez, V., Otero, R., Barona, J., Saldarriaga, M., Osorio, R. G., Fonnegra, R., ... Quintana, J. C. (2004). Neutralization of the edema-forming, defibrinating and coagulant effects of *Bothrops asper* venom by extracts of plants used by healers in Colombia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37(7), 969-977. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-879X2004000700005>
- Orellana, S. L. (1987). *Indian medicine in highland Guatemala*. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- Otero, R., Fonnegra, R., Jiménez, S. L., Núñez, V., Evans, N., Alzate, S. P., ... Vélez, H. N. (2000). Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia: Part I: Traditional use of plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(3), 493-504.
- Otero, R., Núñez, V., Barona, J., Fonnegra, R., Jiménez, S. L., Osorio, R. G., ... Díaz, A. (2000). Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia. Part III: Neutralization of the haemorrhagic effect of *Bothrops atrox* venom. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 233-241.
- Otero, R., Núñez, V., Jiménez, S. L., Fonnegra, R., Osorio, R. G., García, M. E., & Díaz, A. (2000). Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia: Part II: Neutralization of lethal and enzymatic effects of *Bothrops atrox* venom. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(3), 505-511.
- Patiño, A. C., López, J., Aristizábal, M., Quintana, J. C., & Benjumea, D. (2012). Efecto inhibitorio de extractos de *Renealmia alpinia* Rottb. Maas (*Zingiberaceae*) sobre el veneno de *Bothrops asper* (mapaná). *Biomédica*, 32(3), 365-374.
- Pereañez, J. A., Jiménez, S., Quintana, J. C., Núñez, V., Fernández, M., & Restrepo, Y. (2008). Inhibición de las actividades proteolítica, coagulante y hemolítica indirecta inducidas por el veneno de *Bothrops asper* por extractos etanólicos de tres especies de Heliconias. *Vitae*, 15(1), 157-164.
- Rucavado, A., Soto, M., Escalante, T., Loría, G. D., Armi, R., & Gutiérrez, J. M. (2005). Thrombocytopenia and platelet hypoaggregation induced by *Bothrops asper* snake venom. Toxins involved and their contribution to metalloproteinase-induced pulmonary hemorrhage. *Thrombosis and Haemostasis*, 94(1), 123-131.
- Saravia, P., Cáceres, A., Velásquez, R., & Lara, O. (2001). Plantas con actividad antiofídica en Guatemala. I. Identificación y evaluación de su capacidad neutralizante (Proyecto FODECYT

- No. 47-99). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Saravia, P., Rojas, E., Escalante, T., Arce, V., Chaves, E., Velásquez, R., ... Gutiérrez, J. M. (2001). The venom of *Bothrops asper* from Guatemala: toxic activities and neutralization by antivenoms. *Toxicon*, 39(2-3), 401-405.
- Santhosh, M. S., Hemshekhar, M., Sunitha, K., Thushara, R. M., Jnaneshwari, S., Kemparaju, K., & Girish, K. S. (2013). Snake venom induced local toxicities: plant secondary metabolites as an auxiliary therapy. *Mini Reviews in Medical Chemistry*, 13, 106-123.
- Sosa, S., Balick, M. J., Arvigo, R., Esposito, R. G., Pizza, C., Altinier, G., & Tubaro, A. (2002). Screening of the topical anti-inflammatory activities of some Central American plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 8(2)1, 211-215.
- Wang, W., Shih C., & Huang, T. (2004). A novel P-I class metalloproteinase with broad substrate-cleaving activity, agkislysin, from *Agkistrodon acutus* venom. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 324(1), 224-230.
- Williams, D., Gutiérrez, J. M., Harrison, R., Warrell, D. A., White, J., Winkel, K. D., ... International Society on Toxicology. (2010). The Global Snake Bite Initiative: and antidote for snake bite. *Lancet*, 375(9708), 89-91.
- World Health Organization. (2007). *Rabies and envenomings, a neglected public health issue: report of a consultative meeting, WHO, Geneva, 10 January 2007*. Geneva: Autor. Recuperado de [http://www.who.int/bloodproducts/animal\\_sera/Rabies.pdf](http://www.who.int/bloodproducts/animal_sera/Rabies.pdf)



## Efecto del uso de la tierra sobre la erosión y sedimentación de los suelos en El Estor, Izabal

Erick F. Coc<sup>1</sup>, Eddi Alejandro Vanegas Chacón<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Centro Universitario de Izabal y <sup>2</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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

Recibido: 08 de enero de 2015 / Revisión: 06 de abril de 2015  
Aceptado: 07 de mayo de 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

### Resumen

El mayor y mejor uso de las tierras en El Estor, Izabal, está determinado por los regímenes de precipitación, topografía y manejo de los suelos. La erosión es el principal proceso de degradación de los suelos en esta región del país, por lo que se evaluó el efecto de diferentes usos de la tierra sobre la erosión y sedimentación media. Se utilizó el método de las varillas de erosión para estimar las variables primarias de erosión y sedimentación media; y posteriormente, las variables derivadas erosión neta y movilidad del suelo, durante los meses de febrero a noviembre del año 2014. Los resultados de los valores de erosión media y movilidad del suelo en plantaciones de hule y tierra en barbecho presentaron relaciones directas  $r = 0.63$  y  $r = 0.77$  respectivamente. Los valores de sedimentación media y movilidad del suelo en bosque secundario y tierra en barbecho presentaron relaciones inversas  $r = -0.88$  y  $r = -0.79$  respectivamente, en ambos casos con 5% de significancia. Además, los resultados del análisis estadístico de la evaluación experimental del uso de la tierra sobre las variables de respuesta, indicaron efecto del uso de la tierra sobre la erosión media de los suelos en la época lluviosa, con 5% de significancia. En su orden, las plantaciones de hule, tierra en barbecho, agricultura anual y bosque secundario, causaron mayor erosión del suelo. Se concluyó que las plantaciones de hule causaron tasas de erosión del doble en relación a las reportadas en el bosque secundario.

**Palabras claves:** Degradación de suelos, manejo sostenible de la tierra, conservación de suelos, cultivo del hule, movimiento de suelos, inceptisoles del noreste de Guatemala.

### Abstract

The mayor and best land use in El Estor, Izabal is determined by rainfall patterns, topography and soil management. The erosion is the main process of soil degradation in this region, so the effect of different land uses on mean soil erosion and sedimentation were evaluated. The method of erosion rods was used to estimate the mean soil erosion and sedimentation, as primary variables, and then the resulting net soil erosion and soil mobility, as secondary variables, during the months of February to November 2014. The results of mean values of soil erosion and soil mobility in rubber plantations and fallow land had direct relations  $r = 0.63$  and  $r = 0.77$  respectively. The mean values of sedimentation and soil mobility in secondary forest and fallow land had inverse relationships  $r = -0.88$  and  $r = -0.79$  respectively, both with 5% significance. In addition, the statistical analysis of the experimental evaluation of the land use effect on the response variables, indicated effect of land use on mean soil erosion during the rainy season, with 5% significance. In its order, the rubber plantations, fallow land, agriculture and secondary forest causing increased soil erosion. It was concluded that rubber plantations caused double erosion rate compared to those reported in the secondary forest.

**Keywords:** Sustainable land management, soil conservation, rubber plantations, soil movement, inceptisols of northeast Guatemala.



## Introducción

El municipio de El Estor ubicado en la parte oeste del departamento de Izabal en Guatemala, se caracteriza por ser una región altamente transitable desde la década de los sesenta, cuando se implementó la Ley de Transformación Agraria en el país. Esta política promovió la mejora de la tierra bajo la premisa del cambio de su uso, de forestal a agropecuario, siendo la Franja Transversal del Norte una de las regiones más degradadas a lo largo de los últimos cincuenta años (Díaz, 2015; Hurtado, 2014; Robledo, 2015). Debido a que la productividad y sostenibilidad agronómica de los suelos se fundamenta en su calidad física, química y biológica, el medio ambiente y el manejo agronómico (Campitelli, Aoki, Gudiel, Rubenackery, & Sereno, 2010), es necesario el monitoreo de indicadores de calidad edáfica, para determinar el estado del agroecosistema (Shukla, Lal, & Ebinger, 2006). Entre los indicadores de calidad, relacionados a la sostenibilidad del manejo de los suelos se encuentra la erosión, conceptualizada no únicamente como la pérdida de suelo, sino más bien, como el proceso que conlleva a la pérdida en fertilidad, alteraciones en los procesos biológicos, disminución en el contenido de carbono orgánico e incremento del escurrimiento superficial (Vega & Febles, 2010). Más del 40% de las tierras agrícolas a nivel mundial, presentan una degradación de moderada a extrema, lo cual disminuye la productividad agrícola y Guatemala no es la excepción: se estima que por el uso de prácticas agrícolas convencionales se erosionan 299 millones de m<sup>3</sup> de tierra cultivable por año (Bovarnick, Alpizar, & Schnell, 2010). Adicionalmente, la Universidad Rafael Landívar a través del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (2009), señala que el uso correcto de la tierra en Guatemala es del 46%, mientras que los porcentajes de uso inadecuado corresponden a: subuso 28% y sobreuso 25%, con una tasa de erosión potencial en las áreas sobreutilizadas es ocho veces mayor en relación a las subutilizadas. En Guatemala, se han realizado esfuerzos por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010, 2013) para promover el uso correcto de la tierra a través de la ejecución de estudios semidetallados de suelos y capacidad de uso de las tierras. Sin embargo, es necesario concientizar a los agricultores por medio de la práctica local, sobre las ventajas de la implementación de técnicas agronómicas que conlleven a la sostenibilidad de la producción y a la conservación o recuperación del suelo. Por ello, el objetivo de este estudio, es evaluar el efecto del uso de la tierra mediante diferentes escenarios de manejo y cobertura (barbecho, agrícolas anuales, cultivo del hule

y bosque secundario), tanto en época seca como lluviosa. Se evaluó la erosión media, sedimentación media, erosión neta y movilidad del suelo en inceptisoles del municipio de El Estor.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El Estor está ubicado en el departamento de Izabal en la parte noreste de la República de Guatemala. El área de estudio es parte de zona de vida Bosque Muy Húmedo Subtropical Cálido, con altitud media de 150 msnm, temperatura media anual de 28 °C y precipitación media anual de 3000 mm. Suelos inceptisoles de ladera con densidad aparente entre 0.69 a 1.14 g/cc, en los primeros 30 cm de profundidad.

### Características de las parcelas

Las parcelas fueron dispuestas en el área de estudio de tal manera que constituyeran bloques al azar, donde se evaluaron cuatro usos de la tierra: barbecho (tierras en descanso), agricultura anual (cultivo de maíz), plantaciones de hule con edad de 6 años y bosque secundario latifoliado, con tres repeticiones. En total fueron 12 parcelas experimentales en las que se evaluó de forma directa la erosión media, sedimentación media, erosión neta y la movilidad del suelo, a través del método de parcelas experimentales de varillas de erosión (Pizarro & Cuitiño, 2002). Las parcelas fueron de 4 m de alto y 1.5 m de ancho, en estas se colocaron varillas de metal pintadas con el objeto de marcar el nivel actual del suelo, las varillas fueron distanciadas 0.3 m entre columnas y 1 m entre filas, es decir 30 varillas por parcela, sumando un total de 360 varillas en todo el experimento.

### Medición espacial y temporal de las varillas de erosión

Las varillas de erosión se midieron mensualmente, cuantificando en mm las diferencias entre lecturas consecutivas. El experimento se desarrolló durante los meses de febrero a noviembre de 2014. Las lecturas fueron divididas en época seca (meses de febrero, marzo y abril) y época lluviosa (meses de mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre).

## Estimación de la erosión media, sedimentación media, erosión neta y movilidad del suelo

Para estimar la erosión media por parcela, se determinó el promedio de las mediciones de las varillas de erosión y se calculó el cociente entre la suma de las mediciones de todas las varillas que presentaron erosión y el número total de varillas. Es decir, se consideró con valor cero a las varillas que presentaron sedimentación y a las que no tuvieron variación, para estimar la erosión media, la sedimentación media se estimó de igual manera.

Para estimar el suelo erosionado o sedimentado en t/ha en la época seca como lluviosa, se multiplicó el resultado de las alturas medias expresadas en mm, por la densidad aparente del suelo ( $D_a$ ). La ( $D_a$ ) expresada en  $t/m^3$  se calculó por el método del cilindro (Gabriels & Lobo, 2006). Finalmente, se multiplicó por el factor 10 para ajustar las dimensionales. La expresión matemática es la siguiente:

$$x(t/ha) = y * D_a * 10$$

Donde:

- $x$ , es la erosión o sedimentación media en (t/ha)
- $y$ , es la altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm)
- $D_a$ , es la densidad aparente del suelo ( $t/m^3$ )
- La erosión neta = erosión media – sedimentación media, en (t/ha)
- La erosión neta = erosión media – sedimentación media, en (t/ha)
- La movilidad del suelo = erosión media + sedimentación media, en (t/ha)

## Análisis estadístico de la información

Se determinó el índice de Pearson entre los valores resultantes de erosión media, sedimentación media y movilidad del suelo, como expresión del uso de la tierra, y entre los registros pluviométricos mensuales de la serie histórica 1960-2013, del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) del 2015, en ambos casos con el objeto de determinar asociaciones a un nivel de significancia del 5%. Posteriormente se utilizó el programa de cómputo InfoStat versión 2014, módulo estadístico, arreglo diseño experimental en bloques completamente al azar, con observaciones en el tiempo, para analizar los resultados de la erosión media, sedimentación me-

dia, erosión neta y movilidad del suelo por parcela. Cada escenario del uso de la tierra fue un tratamiento y cada lectura mensual, una observación en el tiempo. Se realizó análisis de varianza para determinar la existencia o no de efecto significativo al 5% del uso de la tierra, uso de la tierra por repetición y uso de la tierra por mes, sobre la variable de respuesta en cuestión. Posteriormente para aquellos efectos significativos, se realizó prueba de igualdad de medias de Tukey a un nivel de significancia del 5%.

## Resultados

Con base en el índice de Pearson, los resultados de los valores de erosión media y movilidad del suelo en plantaciones de hule y tierra en barbecho presentaron relaciones directas  $r = 0.63$  ( $p = 0.05$ ) y  $r = 0.77$  ( $p = 0.009$ ) respectivamente. Los valores de sedimentación media y movilidad del suelo en bosque secundario y tierra en barbecho presentaron relaciones inversas  $r = -0.88$  ( $p = 0.001$ ) y  $r = -0.79$  ( $p = 0.006$ ) respectivamente, en ambos casos con 5% de significancia. No se determinó asociaciones significativas entre los regímenes de lluvia media mensual y la erosión media, sedimentación media y movilidad del suelo. No obstante, en la Figura 1, se puede observar que la erosión sufrida en el bosque secundario imita la tendencia de la precipitación, en cuanto que, la erosión media sufrida en las plantaciones de hule presenta tendencias en zigzag a lo largo del tiempo.

El análisis de varianza de la evaluación experimental del efecto del uso de la tierra sobre las variables de respuesta, presentó efecto significativo del uso de la tierra sobre la erosión media en época de lluvia ( $p = 0.0087$ ), no lo tiene sobre la sedimentación media, tanto en época seca como de lluvia. Sí lo tiene sobre la erosión neta, tanto en época seca ( $p = 0.0164$ ), como de lluvia ( $p = 0.0050$ ) y únicamente sobre la movilidad del suelo en época de lluvia ( $p = 0.0475$ ), como puede observarse en la (Tabla 1). En algunos casos la desviación estándar es mayor que la media aritmética de los valores experimentales, lo que se debe a la variabilidad de las variables de respuesta en función a las repeticiones y meses de lectura, inclusive algunas veces, éstas presentaron valor cero. También hubo efecto significativo del uso de la tierra sobre las combinaciones “movilidad del suelo por mes” ( $p = 0.0055$ ), valores presentados en la (Tabla 2) y “sedimentación media por mes” ( $p = 0.0181$ ), ambas durante la época seca. Sin embargo, en este último caso no se logró establecer diferencias significativas por medio de la prueba de medias de Tukey.

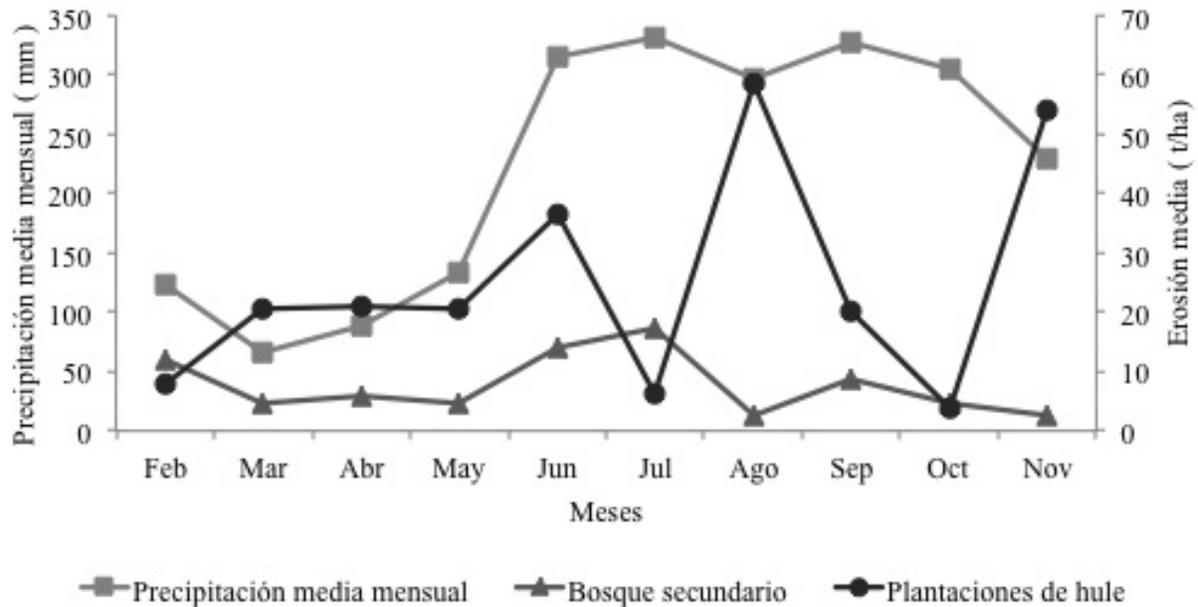


Figura 1. Precipitación media mensual (mm) serie histórica 1980-2014, estación meteorológica Mariscos, Los Amates, Izabal. Erosión media (t/ha) para parcelas con plantaciones de hule y bosque secundario.

Tabla 1

Efecto del uso de la tierra sobre la erosión media, sedimentación media, erosión neta y movilidad del suelo (t/ha), durante la época seca y lluviosa

Época seca				
Uso de la tierra	Erosión media	Sedimentación media	Erosión neta	Movilidad del suelo
Barbecho	15.17 ± 10.21	20.29 ± 16.68	- 5.12 ab	35.46
Agricultura anual	16.00 ± 11.30	26.20 ± 17.94	- 10.19 ab	42.21
Plantaciones de hule	16.66 ± 7.35	11.21 ± 7.60	+ 5.45 a	27.87
Bosque secundario	7.60 ± 3.81	9.02 ± 5.99	- 1.43 ab	16.62
Época lluviosa				
Uso de la tierra	Erosión media	Sedimentación media	Erosión neta	Movilidad del suelo
Barbecho	20.50 ± 22.96 ab	22.02 ± 19.55	- 1.52 b	42.51 a
Agricultura anual	13.64 ± 8.23 b	21.60 ± 10.37	- 7.96 b	35.24 a
Plantaciones de hule	28.54 ± 29.25 a	15.58 ± 25.16	+12.96 a	44.12 a
Bosque secundario	7.85 ± 8.44 b	9.47 ± 6.95	- 1.61 b	17.32 a

Nota. Medias con diferente letra son significativamente diferentes (p < 0.05), prueba de medias de Tukey.

Tabla 2  
Efecto del uso de la tierra sobre la movilidad del suelo (t/ha), durante la época seca

Uso de la Tierra	Mes		
	Febrero	Marzo	Abril
Barbecho	35.39 abcd	43.80 abc	27.18 abcd
Agricultura anual	18.47 cd	55.95 a	52.20 ab
Plantaciones de hule	25.82 bcd	25.42 bcd	32.38 abcd
Bosque secundario	18.88 cd	8.97 d	22.02 cd

Nota. Medias con diferente letra son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), prueba de medias de Tukey.

## Discusión

El índice de Pearson, indicó que las tierras con plantaciones de hule y en barbecho presentaron asociación directamente proporcional, en relación a la erosión media y movilidad del suelo, en ambos casos, relacionado a la poca cobertura del suelo. En términos de sedimentación y movilidad del suelo, se determinó relación inversamente proporcional entre las tierras con cobertura boscosa y aquellas en barbecho, siendo estas últimas las que presentaron mayor sedimentación y movilidad del suelo. No se determinaron asociaciones entre los registros pluviométricos mensuales y la erosión media, sedimentación media y movilidad del suelo. Sin embargo, se observó que la erosión sufrida en las parcelas con plantaciones de hule, presentó un patrón de altos y bajos en zigzag, lo que indica variaciones severas en la cobertura del suelo, posiblemente control de malezas con herbicidas; por su parte, la erosión sufrida en las parcelas con bosque secundario, ligeramente imitó el patrón del régimen de lluvia.

El análisis de varianza de la evaluación experimental del uso de la tierra sobre las variables respuesta determinó efecto significativo sobre las tasas de erosión media, específicamente en época de lluvia. De conformidad con los estándares de erosión de los suelos instituidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Vargas, 2009) en una escala de ligera ( $< 10$  t/ha), moderada (10 - 50 t/ha),

alta (50 - 200 t/ha) y muy alta ( $> 200$  t/ha), en promedio tanto en época seca como lluviosa, todos los usos de la tierra presentaron erosión moderada. Sin embargo, los valores menores de erosión media se observaron en bosque secundario (época seca 10.14 t/ha y época lluviosa 12.72 t/ha) y los mayores en plantaciones de hule (época seca 16.65 t/ha y época lluviosa 28.53 t/ha). Las plantaciones de hule, presentaron mayores tasas de erosión en orden de 1.64 a 2.24 veces en relación al bosque secundario, hecho reportado recientemente por otros investigadores a nivel mundial. Por ejemplo, Wenjie y colaboradores (2015) reportaron en promedio tasas de erosión real por salpicadura en orden de dos veces entre plantación de hule y áreas boscosas en el suroeste de China. Adicionalmente, se determinaron tasas de erosión media del orden de 1.09 a 1.39 entre plantaciones de hule y agricultura anual, y de 1.04 a 2.09 entre plantaciones de hule y barbecho. Esto se debe a que en su mayoría las plantaciones de hule se siembran a 7 x 3 m de distancia entre surcos y plantas, con controles de malezas entre tres o cuatro veces al año, por lo que debajo de un pequeño dosel arbóreo se encuentra una superficie desnuda y muy susceptible a la erosión, principalmente en áreas de ladera. Los resultados encontrados son concordantes con las investigaciones de Pérez, Váldez y Ordaz (2012), quienes reportan que las coberturas arbóreas, arbustivas y por mantillo presentes en las áreas de bosque secundario, actúan como indicadores de relación exponencial negativa en relación a las tasas de erosión del suelo. Respecto al cultivo del maíz, el efecto de la cobertura sobre el suelo está asociada a los estadios del desarrollo morfológico de las plántulas (épocas de siembra), períodos críticos de control de malezas y la propia cosecha en relación a la erosión del suelo (Blanco, Leiva, & Castro, 2014; Hernández & Soto, 2013; Leal, Díaz, Schiettecatte, Ruiz, & Almoza, 2007).

Se concluye que las plantaciones de hule en monocultivo tienden a favorecer procesos de erosión en los inceptisoles de El Estor, lo que conlleva a la pérdida de la fertilidad de los suelos, consolidando procesos degradativos en su calidad física, química y biológica a largo plazo, hecho que se agrava en condiciones subtropicales y tropicales, principalmente cuando se realizan cambios del uso de la tierra de bosques secundarios a plantaciones extensivas, hecho reportado por De Blécourt, Brumme, Xu, Corre y Veldkamp (2013) en el sur de China. Además el efecto del uso de la tierra sobre la combinación (sedimentación media y movilidad del suelo por mes) en época seca, se explica debido

a que en la región de El Estor existen altos niveles de precipitación durante todo el año. Por lo que la llamada época seca presentó valores medios mensuales de 123 mm en febrero, 65 mm en marzo y 89 mm en abril, en relación a un valor promedio de 277 mm en la época lluviosa (meses de mayo a noviembre).

## Agradecimientos

A la Cruz Roja, delegación El Estor, Izabal, institución financiante. Programa de adaptación y reducción de riesgo ante el cambio climático, 2014.

## Referencias

- Bovarnick, A., Alpizar, F., & Schnell, C. (Eds.). (2010). *La importancia de la biodiversidad y de los ecosistemas para el crecimiento económico y la equidad en América Latina y el Caribe: Una valoración económica de los ecosistemas*. Turrialba: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- Blanco, Y., Leyva, A., & Castro, I. (2014). Determinación del período crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.). *Cultivos Tropicales*, 35(3), 62-69.
- De Blécourt, M., Brumme, R., Xu, J., Corre, M., & Veldkamp, E. (2013). Soil carbon stocks decrease following conversion of secondary forests to rubber (*Hevea brasiliensis*) plantations. *PloS ONE*, 8(7), e69357. doi:10.1371/journal.pone.0069357
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudiel, O., Rubenacker, A., & Sereno, R. (2010). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 28(2), 223-231.
- Díaz, M. (2015). *Evaluación y valoración de tierras rurales en el marco de las políticas agrarias del país*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Costa Rica, Programa DOCINADE, Heredia.
- Gabriels, D., & Lobo, D. (2006). Métodos para determinar granulometría y densidad aparente del suelo. *Venesuelos*, 14(1), 37-48.
- Hernández, N., & Soto, F. (2013). Determinación de índices de eficiencia en los cultivos de maíz y sorgo establecidos en diferentes fechas de siembra y su influencia sobre el rendimiento. *Cultivos Tropicales*, 34(2), 24-29.
- Hurtado, L. (2014). *La histórica disputa de las tierras del valle del Polochic: Estudio sobre la propiedad agraria*. Guatemala: Serviprensa.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2015). *Registros históricos mensuales. Estación Meteorológica, Mariscos, Los Amates, Izabal*. Recuperado de: [http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pp\\_prom\\_1960\\_2013.html](http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pp_prom_1960_2013.html)
- Leal, Z., Díaz, J., Schiettecatte, W., Ruiz, M., & Almoza, Y. (2007). Efecto de la cobertura vegetal de cultivos agrícolas principales sobre el proceso de erosión en suelos de la cuenca del río Cuyagua-teje. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(3), 76-83.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2010). *Estudio semidetallado de los suelos y capacidad de uso de las tierras del departamento de Chimaltenango*. Guatemala: Autor.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2013). *Estudio semidetallado de los suelos y capacidad de uso de las tierras del departamento de Sololá*. Guatemala: Autor.
- Pérez, J., Valdéz, E., & Ordaz, V. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. *Terra Latinoamericana*, 30(3), 249-259.
- Pizarro, R., & Cuitiño, H. (2002). Método de evaluación de la erosión hídrica superficial en suelos desnudos en Chile. En *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* (pp 165-170). Actas de la I Reunión del Grupo de trabajo de Hidrología Forestal. Madrid, España.
- Robledo, J. (2015). *Evaluación del impacto del uso de la tierra sobre la calidad del agua del Lago de Izabal, Guatemala. Caso de estudio: Microcuenca del Río Túnico*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Costa Rica, Programa DOCINADE, Heredia.

- Shukla, M., Lal, R., & Ebinger, M. (2006). Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil and Tillage Research*, 87(2), 194-204.
- Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, & Instituto de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala (2008-2009). Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Guatemala: Autor.
- Vargas, R. (Ed.). (2009). *Guía para la descripción de suelos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Vega, M., & Febles, J. (2010). La investigación de suelos erosionados: Métodos e índices de diagnóstico. *Minería y Geología*, 21(2), 1-14.
- Wenjie, L., Qinpu, L., Jintao, L., Pingyuan, W., Hongjian, L., Wenyao, L., & Hongmei, L. (2015). The effects of conversion of tropical rainforest to rubber plantation on splash erosion in Xishuangbanna, SW China. *Hydrology Research*, 46(1), 168-174. doi:10.2166/nh.2013.109



## Identificación de microorganismos del género *Phytophthora* asociados a especies de *Quercus* sp. y *Pinus* sp., en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez

José Humberto Calderón Díaz\*, María del Carmen Santos Bravo

Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales, Facultad de Agronomía,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: calderon.2000@gmail.com

Recibido: 30 de septiembre de 2014 / Revisión: 26 de febrero de 2015  
Aceptado: 27 de mayo de 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

### Resumen

El objetivo principal fue la identificación de microorganismos del género *Phytophthora* que afectan a bosques naturales mixtos y viveros de *Pinus* sp. y *Quercus* sp., con importancia socioeconómica, en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez. Para el aislamiento de *Phytophthora* se procesaron muestras de suelo y tejido vegetal. En el departamento de Guatemala, del bosque natural se obtuvieron 10 muestras de *Quercus* sp. y 45 de *Pinus* sp., de los viveros se obtuvieron 11 muestras de *Quercus* sp. y 88 de *Pinus* sp. En el departamento de Sacatepéquez se obtuvieron del bosque natural 15 muestras de *Quercus* sp. y 48 de *Pinus* sp.; y en los viveros, 58 muestras de *Pinus* sp. y 25 de *Quercus* sp. Un total de 13 muestras procedentes de los viveros fueron positivas a la presencia de *Phytophthora* sp. en *Pinus maximinoi*, 10 procedentes del departamento de Guatemala, y tres de Sacatepéquez. Referente al tipo de crecimiento de la colonia en medio PDA, se obtuvieron cinco de tipo estolonífero, cinco tipo semipetaloide, una colonia de tipo estelado y dos colonias sin ningún tipo de patrón de crecimiento. Las pruebas de patogenicidad realizadas con la cepa VP16 mostraron alta incidencia y severidad para las especies de *Pinus caribaea*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. maximinoi* y en menor grado en *Pinus tecunumanii*.

Palabras claves: *Phytophthora*, *Pinus*, *Quercus*, incidencia, severidad, patogenicidad

### Abstract

The mean purpose of this research was to identify microorganism belonging to *Phytophthora* genera which are affecting mixed natural forests and nurseries of *Pinus* sp. and *Quercus* sp. These species have economic and social impact in provinces such as Guatemala and Sacatepéquez. Soil and vegetal tissue were used to isolate *Phytophthora* from natural forest of Guatemala, 45 *Pinus* sp. and 10 *Quercus* sp. were sampled and from nurseries 88 *Pinus* sp. and 11 *Quercus* sp. From Sacatepéquez province, from natural forest system were sampled 48 *Pinus* sp. and 15 *Quercus* sp. From nurseries were sampled 58 *Pinus* sp. and 25 *Quercus* sp. After processing the samples from soil and roots 13 were found positive to *Phytophthora* sp. in *Pinus maximinoi*, 10 from Guatemala and three from Sacatepéquez provinces. The culture of *Phytophthora* sp. on PDA produced two colonies without define form and five stoloniferous, five semipetaloid, one stelade type colonies. VP16 isolate was inoculated in five species of pine for pathogenicity test, causing high percentages of incidence and severity on *Pinus caribaea*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* and *P. maximinoi* and low rates of incidence and severity on *Pinus tecunumanii*.

Keywords: *Phytophthora*, *Pinus*, *Quercus*, incidence, severity, pathogenicity



## Introducción

Las enfermedades en árboles forestales provocadas por *Phytophthora* han tenido una rápida dispersión en Europa y existe evidencia que su diseminación va desde los viveros forestales a plantaciones naturales o artificiales (Brasier & Jung, 2003). Además, *Phytophthora* ha sido el agente causal de la declinación de *Quercus robur* y *Quercus petraea* en toda Europa (Brasier & Jung, 2003; Jung, Blaschke & Oßwald, 2000; Jung, Cooke, Blaschke, Duncan, & Oßwald 1999; Jung, Hansen, Winton, Oßwald, & Delatour, 2002; Jung et al., 2003).

En bosques de América del Norte y América del Sur, como en otras partes del mundo, *Phytophthora* es conocido como un patógeno devastador. La especie más conocida es *Phytophthora cinnamomi*, sin embargo existen otras especies, de importancia económica, que afecta a otras especies forestales.

A pesar de la importancia a nivel mundial de esta enfermedad, muy pocos programas se dedican a la investigación, tanto en América del Norte como en América del Sur (Hansen, 2000). En Guatemala no existe un control de calidad en la producción de plantas forestales, lo cual trae como consecuencia una alta probabilidad de diseminar enfermedades a plantaciones establecidas con materiales contaminados.

El mal del talluelo es un problema en la producción de plántulas forestales de los viveros, asociado a Oomycetos (Singleton, Mihail, & Rush, 1992). En los bosque mixtos de *Pinus* sp. y *Quercus* sp. de los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez se desconoce la presencia de microorganismos del género *Phytophthora*; tampoco existe un control fitosanitario adecuado en la producción de las plántulas forestales de los viveros, los cuales se convierten en fuentes de distribución de enfermedades. Debido a que estas áreas son importantes como fuente de recarga hídrica de mantos freáticos del valle de la Ciudad de Guatemala, es relevante identificar la presencia de microorganismos del género *Phytophthora* en estos bosques mixtos. La investigación se realizó en el Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde se llevó a cabo el aislamiento del patógeno y las pruebas de patogenicidad.

## Materiales y métodos

Las áreas seleccionadas para realizar esta investigación fueron plantaciones de bosques naturales y

artificiales, así como viveros ubicadas en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez. En el caso de bosques se siguió la metodología empleada en inventarios forestales. Se emplearon mapas de uso de la tierra a escala 1:50000 de los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez para determinar la cobertura de bosque mixto *Quercus* sp., y *Pinus* sp. Para obtener el número de muestras a nivel de bosque natural mixto se empleó el método simple aleatorio con la ecuación Álvarez (1988).

$$n = \frac{z^2 pq}{e^2}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- z = 1,645 para un nivel de confianza del 90%
- p = prevalencia esperada (50%)
- q = 1-p
- e = error admitido (5%)

Para la obtención de muestras a nivel de vivero se utilizó el método sistemático de acuerdo a la cantidad y forma de distribución de las plantas. Para el cálculo de plántulas a obtener se utilizó ecuación:

$$n = \frac{Nz^2 \sum N_m S_n^2}{N^2 e^2 + z^2 \sum S_n^2 N_n S_n^2}$$

Donde:

- n = tamaño de la muestra
- z = 1,645 para un nivel de confianza del 90%
- S<sub>n</sub> = desviación estándar (0.5)
- e = error admitido (5%)
- N<sub>n</sub> = probabilidad de ocurrencia (50%)

Para la identificación de microorganismos del género *Phytophthora* asociados a especies forestales en bosques mixtos y viveros forestales de los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez, se colectaron muestras a nivel de campo y vivero, en forma dirigida, (Álvarez, 1988; French & Hebert, 1980) siguiendo el criterio de asociación de síntomas visibles. El número de muestras fue variable, debido a la cantidad de plantas y forma de distribución de las mismas por vivero. Las muestras se colocaron dentro de una bolsa de polietileno y se procedió a identificar con número de correlativo, especie colectada, localidad y coordenadas geográficas.

A nivel de laboratorio, para el aislamiento de oomicetos se procesaron muestras de suelo y tejido vegetal, utilizando la técnica del cultivo trampa propuesta por Erwin y Ribeiro (1996); para *Phytophthora* y *Pythium*, se utilizó específicamente manzana verde.

El procedimiento empleado fue el siguiente: (1) Aislamiento a partir de tejido vegetal. Se realizó la siembra directa de tejido en medio selectivo que contiene Pimaricina-Ampicilina-Rifampicina-Pentaclorotribenceno-Himexazol (PARPBH), Jeffers y Martin (1986). (2) Aislamiento a partir de suelo. Se utilizó la técnica del cultivo trampa, en este caso, manzana verde. Re-aislamiento en medio selectivo PARB con himexazol y PARB sin himexazol. (3) Purificación. Se realizó en medio papa dextrosa agar (PDA). (4) Producción de esporangios. Se realizó en medio agar jugo V8® (Erwin & Ribeiro, 1996). Se realizó la medición de esporangios. (5) Conservación de los aislados. En frascos se colocó una mezcla de turba, arena y jugo V8®, selladas con Parafilm y papel aluminio y a temperatura ambiente. La caracterización morfológica se realizó de acuerdo con las características morfológicas de las colonias obtenidas en medio agar harina de maíz, según la morfología del micelio de los esporangios, y de las oosporas. La identificación se efectuó conforme las claves morfológicas de Newhook, Waterhouse y Stamps (1978) y Erwin y Ribeiro (1996).

## Resultados

En el departamento de Guatemala, en bosques mixtos se obtuvieron 55 muestras: 10 de encino y 45 de pino. En vivero se colectó un total de 99 muestras: 11 de encino y 88 de pino.

En el departamento de Sacatepéquez en bosque mixto se obtuvieron 64 muestras: 15 de encino, 48 de pino y una de ciprés común. En vivero se obtuvieron 83 muestras: 58 de pino y 25 de encino.

En la Tabla 1 se pueden observar las muestras procesadas, solo 13 de ellas fueron positivas, identificándose la presencia de *Phytophthora* sp. De los aislados positivos, 10 fueron de muestras colectadas en viveros localizados en el departamento de Guatemala y tres procedentes de viveros del departamento de Sacatepéquez.

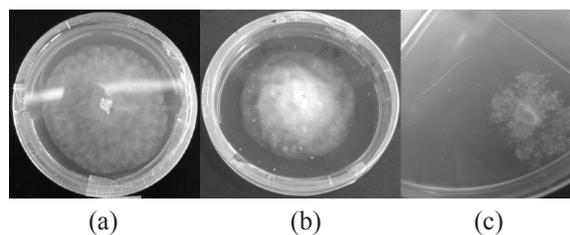


Figura 1. Descripción pictográfica de las características de crecimiento de *Phytophthora* sp. en medio PDA. (a) Semipetaloides, (b) sin patrón y (c) estolonífero.

Tabla 1  
Descripción de las características de los aislados de *Phytophthora* sp.

No.	Correlativo	Aislamiento a partir de	Especie forestal	Crecimiento en PDA	Media esporangios V-8	
					Largo ( $\mu$ )	Ancho ( $\mu$ )
1	VP08	suelo	<i>P. maximinoi</i>	estolonífero	24.0093	19.3207
2	VP16	suelo	<i>P. maximinoi</i>	estolonífero	12.5853	11.1553
3	VP47	raíz	<i>P. maximinoi</i>	sin patrón	15.949	15.045
4	VP54	raíz	<i>P. maximinoi</i>	semipetaloides	19.2313	17.738
5	VP56	raíz	<i>P. maximinoi</i>	semipetaloides	18.2413	16.438
6	VP58	raíz	<i>P. maximinoi</i>	semipetaloides	15.266	14.069
7	VP62	raíz	<i>P. maximinoi</i>	sin patrón	24.641	20.337
8	VP82	suelo	<i>P. maximinoi</i>	semipetaloides	26.6767	20.3813
9	VP89	raíz	<i>P. maximinoi</i>	semipetaloides	16.58	15.805
10	VP164	raíz	<i>P. maximinoi</i>	estolonífero	29.568	24.3073
11	VP167	raíz	<i>P. maximinoi</i>	estolonífero	47.966	40.4093
12	VP168	raíz	<i>P. maximinoi</i>	estolonífero	18.085	16.596
13	VP170	raíz	<i>P. maximinoi</i>	estelado	16.168	15.5153

La **Tabla 2** muestra valores de incidencia de la cepa VP16 que van desde el 40%, hasta un 80% y una severidad desde 35% a 85% en las especies de pino evaluadas. Se realizaron 50 mediciones (10 plantas de cinco repeticiones).

En general *Phytophthora* sp. afecta el desarrollo del sistema radicular de las plántulas de pino, por lo que reduce el crecimiento y desarrollo de las mismas provocando amarilleamiento y deformación de las plántulas.

Tabla 2

Grado de incidencia y severidad de la cepa VP16 en *P. caribaea*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus* y *P. maximinoi*.

Cepa	Especie forestal	Incidencia (%)	Severidad (%)
1 VP16	<i>P. maximinoi</i>	80	85
2 VP16	<i>P. oocarpa</i>	70	69
3 VP16	<i>P. tecunumanii</i>	40	30
4 VP16	<i>P. pseudostrobus</i>	75	80
5 VP16	<i>P. caribaea</i>	40	35

Tabla 3

Resultados obtenidos de incidencia y severidad de 13 cepas de *Phytophthora* sp. en *Pinus maximinoi*.

Cepa	Especie forestal	Incidencia (%)	Severidad (%)
1 VP08	<i>P. maximinoi</i>	54	45
2 VP16	<i>P. maximinoi</i>	80	85
3 VP47	<i>P. maximinoi</i>	42	30
4 VP54	<i>P. maximinoi</i>	75	80
5 VP56	<i>P. maximinoi</i>	25	45
6 VP58	<i>P. maximinoi</i>	35	20
7 VP62	<i>P. maximinoi</i>	25	16
8 VP82	<i>P. maximinoi</i>	32	65
9 VP89	<i>P. maximinoi</i>	15	25
10 VP164	<i>P. maximinoi</i>	40	35
11 VP167	<i>P. maximinoi</i>	35	25
12 VP167	<i>P. maximinoi</i>	25	35
13 VP170	<i>P. maximinoi</i>	40	35

En la **Figura 2** se puede observar la reducción del sistema radicular de *P. caribaea*, donde se utilizó la cepa VP16 debido a su alto grado de incidencia y severidad en cinco especies de Pino.

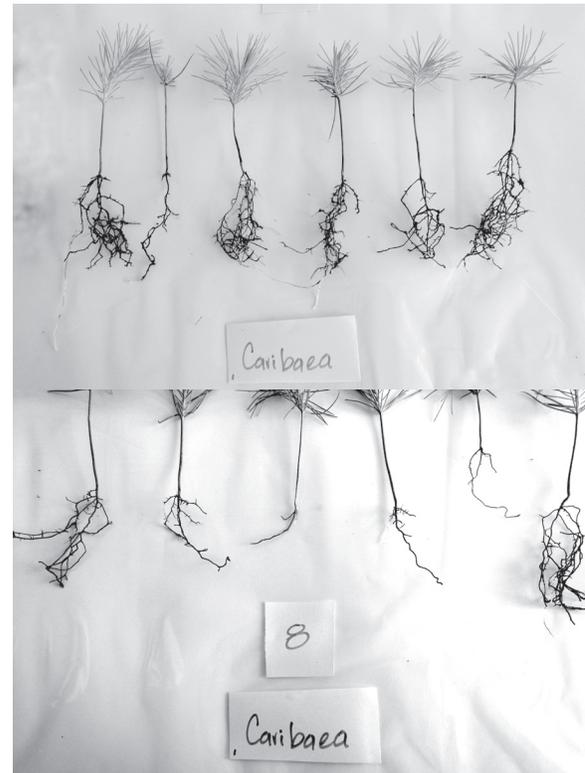


Figura 2. Testigo de *P. caribaea* posee un desarrollo radicular normal comparado con las plántulas afectadas por *Phytophthora* sp.

## Discusión

Santos (2011a) reporta que muestras obtenidas en un vivero de Pastores, Sacatepéquez de *Pinus maximinoi* dieron negativo a la presencia de *Phytophthora* sp., aunque las plantas presentaban síntomas característicos provocados por *Phytophthora* sp. como muerte vascular. Aunque en este estudio muestras de raíces de *P. maximinoi* dieron positivo a la presencia de *Phytophthora* sp., lo cual concuerda con resultados obtenidos por González, Velarde y Abad (1979) a nivel de plántulas de pino de seis meses de edad donde aislaron *Phytophthora cinnamomi*. Además Sechi y colaboradores (2014), reportan el aislamiento de especies del género *Phytophthora* a nivel de vivero

en Italia. Sánchez M., Sánchez, Navarro, Fernández y Trapero (2003) reportan también la presencia de *Phytophthora drechsleri* en *Pinus halepensis* a nivel de vivero en España.

Es importante resaltar que Santos (2011b) reporta la presencia de *P. cinnamomi* en *P. maximinoi*, en Tecpán y San Andrés Itzapa lo cual podría tener relevancia debido a que Alvarez (2010) reporta la presencia de *Phytophthora* sp. en *Persea americana*, que es una especie frutal que se cultiva y crece en forma natural, cerca de los bosque mixtos de Guatemala. Así mismo, Santos (2011b) al muestrear plantas de *P. maximinoi* en viveros de Bárcenas, no se detectó la presencia de *Phytophthora* sp., aunque en este estudio se logró el aislamiento de *Phytophthora* sp. en las muestras VP47, VP54, VP56, VP58, VP62, VP82, VP89 y VP170. Estos resultados variables a través del tiempo pueden deberse a la variabilidad en el manejo de los viveros, y otros factores como origen del material que se utiliza como sustrato y la calidad de la procedencia de la semilla de estas especies, también la fuente del agua de riego.

La cepa VP16 utilizada para las pruebas de patogenicidad expresó capacidad de producir severidad y un alto porcentaje de incidencia en *Pinus maximinoi*, especie de la cual fue aislada (Tabla 3); también los niveles incidencia y severidad en *Pinus oocarpa* y *Pinus pseudostrobus* reflejan valores altos, sin embargo presenta valores bajos en la especie de *Pinus tecunumanii*. Es importante resaltar que se evaluó una sola cepa VP16 porque fue la que presentó altos porcentajes de incidencia y severidad, al evaluarla en las cinco especies de pinus (Tabla 2).

La identificación del género *Phytophthora* en plántulas de pino a nivel de vivero en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez confirman los resultados obtenidos por González y colaboradores (1979), Sechi y colaboradores (2014), Sánchez y colaboradores (2003) y Otrosina y Marx (1975), quienes encontraron especies del género *Phytophthora* a nivel de vivero en diferentes especies de pino, lo cual confirma la importancia que tiene el manejo y control de enfermedades a nivel de viveros en la producción de especies forestales en Guatemala.

### Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la Dirección General de Investigación (partida presupuestaria 4.8.63.7.21), en el Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas de la Usac.

### Referencias

- Álvarez, C. (1988). *Tamaño de muestra: Procedimientos usuales para su determinación*. (Tesis de maestría). Colegio de Post-graduados, Chapingo, México.
- Alvarez, G. A. (2010). *Detección y caracterización de especies de Oomycetes asociados a cultivos de exportación en la región central de Guatemala*. (FODECYT No. 2007.01). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Brasier, C., & Jung, T. (2003). Progress in understanding *Phytophthora* diseases of trees in Europe. En J. McComb, G. Hardy & I. Tommerup (Eds.), *Phytophthora in forests and natural ecosystems. Proceedings of the Second International Meeting of IUFRO Working Party 7.02.091* (pp. 4–18). Recuperado de <http://forestphytophthoras.org/sites/default/files/proceedings/IUFRO%25202001.pdf>
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society.
- French, E. R., & Hebert, T. T. (1980). *Métodos de investigación fitopatológica* (Serie Libros Materiales Educativos no. 43). San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas.
- González, V., Velarde, E., & Abad, J. (1979). Chupadera fungosa de *Pinus* spp. en un vivero de Cajamarca (UNTC). *Revista Forestal del Perú*, 9(2), 1-6.
- Hansen, E. M. (2000). *Phytophthora in forests of the Americas*. In E. Hansen & W. Sutton (Eds.), *Phytophthora Diseases of Forest Trees. Proceedings of 1st International Meeting on Phytophthoras in Forest and Wildland Ecosystems. International Union of Forestry Research Organizations Working Party 7.02.09. Grants Pass Oregon, August 29 – 3 September 1999* (pp. 23-27). Corvallis, Oregon, USA: Forest Research Laboratory, Oregon State University.
- Jeffers, N. S., & Martin, J. B. (1986). Comparison of two media selective for *Phytophthora* and *Pythium* species. *Plant Disease*, 70(11), 1038-1043. doi: 10.1094/PD-70-1038

- Jung, T., Blaschke, H., & Oßwald, W. (2000). Involvement of *Phytophthora* species in Central European oak decline and the effect of site factors on the disease. *Plant Pathology*, 49, 706-718. doi: 10.1046/j.1365-3059.2000.00521.x
- Jung, T., Cooke, D. E., Blaschke, H., Duncan, J. M., & Oßwald, W. (1999). *Phytophthora quercina* sp. nov., causing root rot of European oaks. *Mycological Research*, 103, 785-98. doi:10.1017/S0953756298007734
- Jung, T., Hansen, E. M., Winton, L., Oßwald, W., & Delatour, C. (2002). Three new species of *Phytophthora* from European oak forests. *Mycological Research*, 106, 397-411. doi:10.1017/S0953756202005622
- Jung, T., Nechwatal, J., Cooke, D. E. L., Hartmann, G., Blaschke, M., Oßwald, W., Duncan, J. M., & Delatour, C. (2003). *Phytophthora pseudosyringae* sp. nov., a new species causing root and collar rot of deciduous tree species in Europe. *Mycological Research*, 107, 772-789. doi:10.1017/S0953756203008074
- Newhook, F. J., Waterhouse, G. M., & Stamps, D. J. (1978). *Tabular key to the species of Phytophthora de Bary*. (Mycological Papers, no.143). Kew, Surrey: Commonwealth Mycological Institute.
- Otrosina, W., & Marx, D. (1975). Populations of *Phytophthora cinnamomi* and *Pythium spp.* Under shortleaf and loblolly pines in littleleaf disease site. *Phytopathology*, 65, 1224-1229.
- Sánchez, M. E., Sánchez, J. E., Navarro, R. M., Fernández, P., & Trapero, A. (2003). Incidencia de la podredumbre radical causada por *Phytophthora cinnamomi* en masas de *Quercus* en Andalucía. *Boletín Sanidad Vegetal*, 29(1), 87-108. Recuperado de <http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/plagas/BSVP-29-01-087-108.pdf>
- Santos, M. C. (2011a). *Bioprospección y diversidad de Phytophthora y Phytium asociados a especies forestales de importancia económica en la región central de Guatemala, en fase de viveros*. (FODECYT No. 2009.76 ). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Santos, M. C. (2011b). *Bioprospección de Phytophthora sp. asociado a especies forestales de importancia económica en fase de vivero en la región central de Guatemala* (Tesis licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Sechi, C., Seddaiu, S., Linaldeddu, B. T., Franceschini, A., & Scanu, B. (2014). Dieback and mortality of *Pinus radiata* trees in Italy associated with *Phytophthora cryptogea*. *Plant Disease*, 98, 159.
- Singleton, L., Mihail, J., & Rush, C. (Eds.). (1992). *Methods for iearch on soilborne Phytopathogenic Fungi*. St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society Press.

# Regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en tres Biotopos protegidos en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala

Manolo García\*, Jessica López, María Ramírez

Centro de Estudios Conservacionistas, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [garcia.manolo@usac.edu.gt](mailto:garcia.manolo@usac.edu.gt)

Recibido: 22 de abril 2015 / Revisión: 4 de mayo de 2015  
Aceptado: 17 de junio 2015 / Disponible en línea: 01 de julio de 2015

## Resumen

Los ecosistemas naturales de la Reserva de Biosfera Maya contienen una alta diversidad biológica que brinda bienes y servicios ambientales a la sociedad, por lo que su conservación es estratégica para el desarrollo local y regional. Sin embargo, se presenta la tendencia a la perturbación de estos ecosistemas como consecuencia de las actividades humanas, siendo necesario el desarrollo de estrategias que minimicen los impactos negativos y permitan la recuperación de ecosistemas naturales degradados. La información existente sobre el funcionamiento de procesos ecológicos esenciales de los ecosistemas locales es escasa y se halla dispersa, limitando el desarrollo de estrategias. Se planteó estudiar la dinámica de la regeneración natural de la vegetación como fundamento para la definición de estrategias de restauración ecológica en tres biotopos protegidos de Petén y zonas adyacentes, mediante la caracterización de la estructura y composición de la vegetación en seis categorías de regeneración natural y bosque sin perturbación reciente. Se trazaron dos parcelas modificadas de Whitaker de 0.1 ha por categoría y se colectaron muestras del banco de semillas. Con esta información se desarrolló un marco conceptual de la regeneración natural para ser aplicado en estrategias de restauración a escalas local y de paisaje.

Palabras claves: Sucesión secundaria, diversidad biológica, flora, conectividad funcional potencial

## Abstract

The natural ecosystems of the Maya Biosphere Reserve contain high levels of biodiversity providing environmental goods and services to society, so their conservation is strategic for local and regional development. However, there is an increasing tendency to disturb these ecosystems as a result of human activities, so it is necessary to develop strategies that minimize the negative impacts and allow the recovery of degraded natural ecosystems. Existing information on the functioning of essential ecological processes of local ecosystems is sparse and is scattered, limiting the development of strategies. It was proposed to study the dynamics of natural regeneration of vegetation as a basis for defining strategies of ecological restoration in three protected biotopes in Peten and adjacent areas, by characterizing the structure and composition of vegetation in six categories of natural regeneration and forest without recent disturbance. Two modified Whitaker 0.1 ha plots were plotted by category and seed bank samples were collected. With this information a conceptual framework of natural regeneration was developed for application in restoration strategies at local and landscape scales.

Keywords: Secondary succession, biodiversity, flora, functional connectivity, integral connectivity index



## Introducción

Los sistemas naturales y la diversidad biológica presente en estos, proveen a la sociedad una gran variedad de bienes y servicios ambientales —regulación hídrica, regulación del clima, polinizadores, dispersores, entre otros—, los cuales son esenciales para el desarrollo y bienestar de las poblaciones humanas (Latterra, Jobbágy, & Paruelo, 2011). En la actualidad, a nivel mundial, la mayoría de los sistemas naturales se hayan perturbados como consecuencia de actividades antrópicas (Wildlife Conservation Society & Center for International Earth Science Information Network [WCS-CIESIN], 2005). Esta perturbación puede conducir a la pérdida de diversidad biológica y por lo tanto a la disminución en calidad y cantidad de bienes y servicios ambientales, amenazando la calidad de vida de las generaciones actuales y futuras.

La denominada Selva Maya, compartida por Guatemala, México y Belice, ha sido identificada como un sitio con mayor diversidad biológica en Mesoamérica (The Nature Conservancy, 2006). Sin embargo, se presenta la tendencia a la disminución de la cobertura forestal en esta región, incluyendo la Reserva de Biosfera Maya (RBM) en Guatemala, donde se presenta pérdida de cobertura forestal dentro de zonas núcleo, zona de usos múltiples (ZUM) y zona de amortiguamiento (ZAM), ocasionando como resultado la presencia de distintos grados de perturbación dentro de la reserva (Hansen et al., 2013; Hodgon, Hughell, Ramos, & McNab, 2015). Los Biotopos Protegidos de Petén, zonas núcleo de la RBM administradas por la Universidad de San Carlos a través del Centro de Estudios Conservacionistas (CECON), no son la excepción, ya que, en el mapa de cambios en el uso de la tierra 2001-2010 para Guatemala desarrollado por el Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra (2014), se aprecia la pérdida de cobertura dentro de sus límites durante ese período, así como en áreas aledañas en la ZAM, ZUM y afuera de la RBM.

Dado el alto grado de degradación existente en todas las zonas de la RBM, se hace necesario el desarrollo de estrategias de restauración ecológica para la recuperación de las áreas que lo requieran. Sin embargo, es necesario contar con información sobre las características de la vegetación y procesos asociados como la lluvia y el banco de semillas en las diversas etapas de la sucesión secundaria de los ecosistemas locales, para implementar estrategias concretas de manejo y restauración de los sistemas ecológicos naturales y

productivos, tanto a nivel local como regional. Contar con información sobre la dinámica de la regeneración natural a través de la investigación científica, puede aportar conocimientos que pueden ser aplicados como fundamento científico en el desarrollo de estrategias de restauración adaptadas a las condiciones locales.

Los objetivos específicos de este estudio fueron: (1) describir la estructura y la composición de la vegetación en seis condiciones de regeneración natural y el bosque sin perturbación reciente, y (2) desarrollar un marco conceptual de la regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica para los Biotopos Naachtún Dos Lagunas, San Miguel La Palotada El Zotz y Cerro Cahuí.

## Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en los biotopos protegidos San Miguel La Palotada El Zotz (BSMPZ), Naachtún Dos Lagunas (BNDL) y Cerro Cahuí (BICC) (Figura 1). El trabajo de campo para la toma de datos se realizó en los meses de marzo a agosto del 2014. Se seleccionaron dos sitios de muestreo para cada una de las siete categorías de regeneración natural a estudiar con base en el tiempo transcurrido posterior a la última perturbación: (1) área con regeneración entre 10 y 20 años, (2) con regeneración entre 5 y 10 años, (3) con regeneración entre 2 a 5 años, (4) con regeneración en trocopas (caminos que fueron utilizados para el aprovechamiento de madera previo a la declaración de los Biotopos) entre 2 y 5 años, (5) regeneración en trocopas de 1 año, (6) con regeneración de 1 año en sitio abierto (cultivo reciente), y (7) bosque sin perturbación reciente (> 50 años). Para esta última categoría se seleccionaron de uno a dos sitios de muestreo en cada Biotopo, sumando un total del 18 parcelas en las cuales se tomaron datos.

En cada sitio de muestreo se trazó una parcela modificadas de Whitaker de 0.1 ha, en la cual se registraron y cuantificaron los individuos de los estratos arbóreo, arbustivo, subarbustivo y herbáceo utilizando parcelas anidadas de 50 x 20 m (una parcela), 20 x 5 m (una subparcela), 5 x 2 m (dos subparcelas), 2 x 0.5 m (10 subparcelas), respectivamente (Figura 2). Para el estrato arbóreo se midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), se estimaron las alturas y registraron los nombres vernáculos con ayuda de guarda recursos del CECON, para todos los individuos con un DAP > 10 cm ubicados dentro de la parcela. Los otros estratos se definieron con

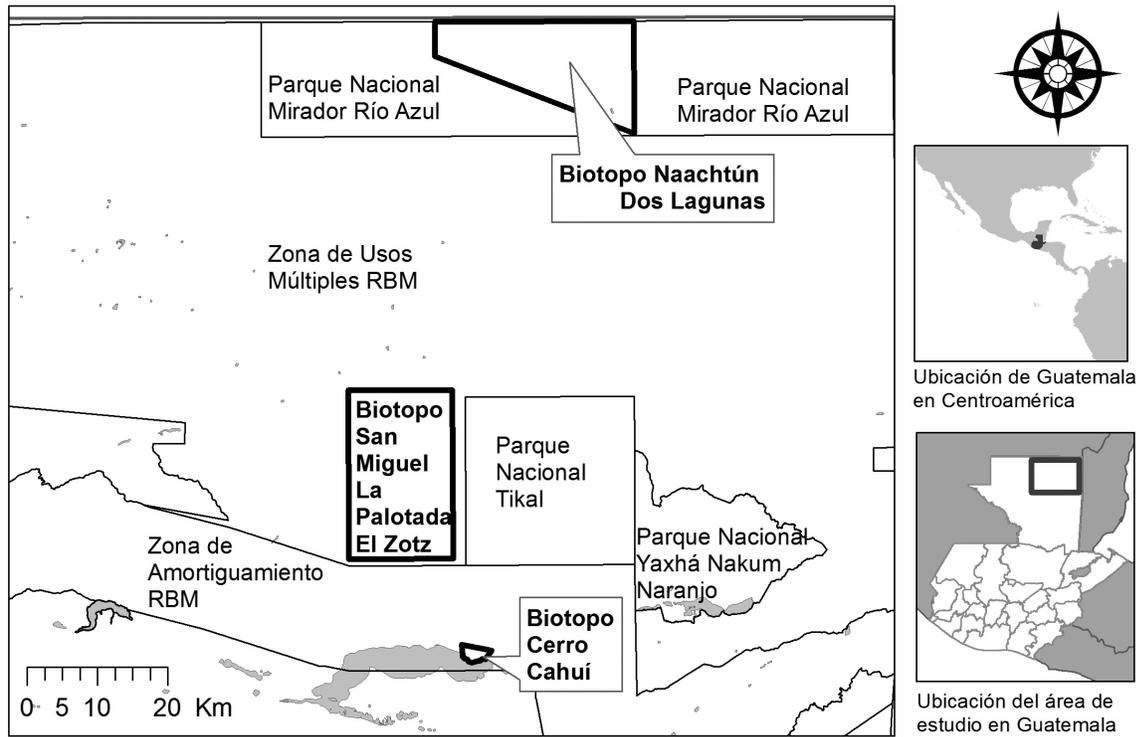


Figura 1. Área de estudio en el departamento de Petén, Guatemala.

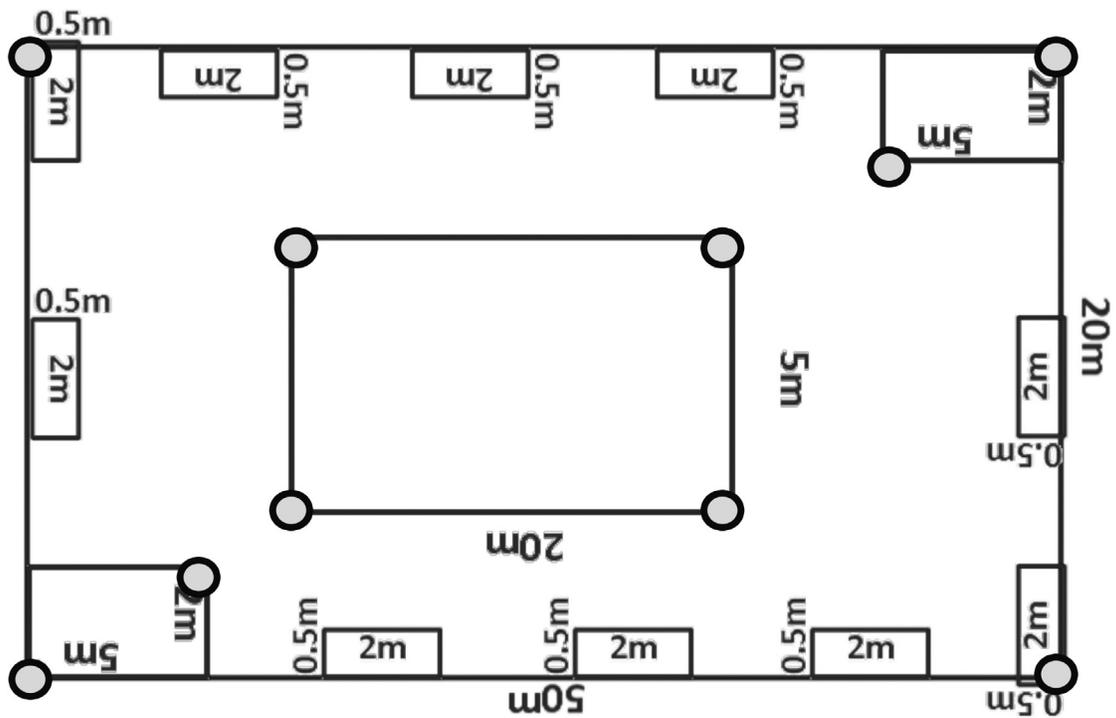


Figura 2. Parcela modificada de Whitaker de 0.1 ha con parcelas anidadas. Los puntos negros indican los sitios de obtención de muestras de suelo.

base al DAP: arbustivo (5-10 cm), subarbustivo (tallo leñoso < 5 cm) y herbáceo (tallo no leñoso < 2 cm), y solamente se contabilizó el número de individuos presentes dentro de las subparcelas. Para las categorías de trocopas, se modificaron las dimensiones de la parcela a 2 m x 500 m para hacerla coincidir con el ancho de los caminos manteniendo el área total de 0.1 ha. Las subparcelas fueron adaptadas a las nuevas dimensiones. Se tomaron muestras de las especies de plantas de los estratos no arbóreos. Las muestras de vegetación fértiles fueron determinadas por el botánico J. Linares del herbario del Centro Universitario Regional del Litoral Atlántico (CURLA) de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras, como apoyo del herbario Universidad de San Carlos de Guatemala (USCG) del CECON donde fueron depositadas. Las muestras no fértiles únicamente se utilizaron como referencia para asignar códigos de morfoespecies, siendo este el caso para la mayoría de muestras del estudio.

Se obtuvo una muestra del banco de semillas en cada sitio, compuesta de 10 sub-muestras de suelo colectadas en puntos definidos, utilizando las parcelas anidadas como referencia (Figura 2). Previamente se removió la hojarasca y se registró la composición general del humus, así como su altura en centímetros. Las muestras de suelo se colectaron utilizando un cilindro de 7.62 cm de diámetro y una profundidad de 15 cm o al alcanzar la roca. Cada muestra fue cernida en redes metálicas de aproximadamente 0.2 cm de luz, utilizando agua a presión para la separación de las semillas de ramas, conchas de caracoles, piedras y sustrato. Las semillas fueron clasificadas en morfoespecies y cuantificadas por muestra. El registro de las mismas fue a través de imágenes digitales, como referencia para otros estudios, ya que las semillas no poseían las condiciones para ser ingresadas a una colección de referencia.

Como insumo para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica, se realizaron análisis de agrupamiento jerárquico, que sirvieron como base para la formulación de un marco conceptual de la generación natural de la vegetación. Asimismo, como insumos para la planificación a escala de paisaje, se generó un mapa de áreas prioritarias para la restauración ecológica en la ZAM de la RBM, en el área ubicada entre los BICC y BSMPZ, de acuerdo a su aporte en la conectividad funcional. Para lo cual se utilizó como base el mapa de cobertura y uso del suelo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2006), a partir del cual se extrajeron los polígonos de áreas bajo las clasificaciones de bosque y matorral y montes bajos.

Posteriormente, se calculó el diferencial del índice de importancia de conectividad (dIIC) para cada polígono de bosque, utilizando el programa Conefor Sensinode 2.5.8 beta (Pascual-Hortal & Saura, 2006), promediando el valor de distintas distancias umbral (100 m, 500 m, 1,000 m y 5,000 m). Este índice estima la contribución de cada polígono en la conectividad total del sistema con base a: su conectividad interna, su contribución como elemento conector *stepping stones* y su potencial de conexión con otras áreas, utilizando como referencia un distancia umbral, que representa la capacidad de dispersión de la especie evaluada, asignando un valor de dIIC a cada polígono, el cual al ser mayor indica un incremento en la contribución. En este caso, las distancias evaluadas, representan especies o grupos de especies hipotéticas con distintas capacidades de dispersión. Adicionalmente, las áreas de matorral y montes bajos, que representan bosques secundarios, se incluyeron en el análisis utilizando la opción que permite evaluarlos como áreas potenciales a restaurar.

## Resultados

Se registraron 519 especies (173 con identidad taxonómica + 346 morfoespecies) de plantas en las seis condiciones de regeneración y el bosque sin perturbación reciente. El tratamiento de bosque sin perturbación reciente presentó el mayor número de morfoespecies (473), y el tratamiento de 1 año el menor número (143) (Tabla 1). En los tratamientos de 2-5 años y de 5-10 años se registraron especies exóticas que fueron plantadas por antiguos pobladores, las cuales permanecieron en los terrenos al ser abandonadas las zonas residenciales y agrícolas. Las especies registradas fueron: aguacate (*Persea* sp.), nance (*Brysonimia* sp.), jocote de corona (*Spondias purpurea*), coco (*Cocos nucifera*), limón (*Citrus aurantifolia*) y ornamentales: izote (*Yucca* sp.) y *Caesalpinia pulcherrima* (nombre común desconocido en la zona). Otras especies exóticas registradas afuera de las parcelas fueron pastos cultivados en potreros abandonados y el helecho chispa (*Pteridium*) en áreas agrícolas que han sido quemadas.

En cuanto a la estructura vertical, en los tratamientos de 1 año y los trocopas, solamente se presentan los estratos, herbáceo y subarbustivo, mientras que en el resto de tratamientos se presentan todos los estratos. Se registraron los siguientes valores promedio de altura y DAP en los distintos tratamientos, siendo el Bosque sin perturbación reciente el que presenta los mayores valores promedio 14.7 (7.4) m y 20.2 (19.0) cm respectivamente

Tabla 1.

*Número de morfoespecies por estrato para seis categorías de regeneración natural y bosque sin perturbación reciente.*

Categoría	Arbóreo	Arbustivo	Subarbustivo	Herbáceo	Total
Bosque sin perturbación reciente (> 50 años)	93	26	62	292	473
Regeneración 10 - 20 años	54	13	22	174	263
Regeneración 5 - 10 años	8	12	34	121	175
Regeneración 2 - 5 años	14	6	28	108	156
Regeneración 1 año	--	--	28	115	143
Trocopas 1 año	--	--	13	104	117
Trocopas 2-5 años	--	--	25	93	118

(Tabla 2). Se registraron un total de 374 semillas correspondientes a 79 morfoespecies en el banco de semillas (Tabla 3). El bosque sin perturbación reciente presentó el mayor número de morfoespecies (24) y el trocopas de 1 año el menor número (10).

Para el análisis de agrupamiento jerárquico con respecto a la composición y presencia/ausencia de la

vegetación, se presenta un agrupamiento general de las parcelas que se diferencia del tratamiento de regeneración de 1 año en el BICC, con dos agrupaciones mayores que se diferencian del tratamiento trocopas de 1 año (Figura 3). El primer grupo incluye a las parcelas de bosque sin perturbación reciente, dos parcelas con regeneración > 10 años y el tratamiento de trocopas

Tabla 2.

*Valores promedio de diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura del estrato arbóreo por categoría.*

Categoría	Promedio de altura (m)	Promedio de DAP	Suma de área basal (cm <sup>2</sup> )
Bosque sin perturbación reciente (> 50 años)	14.7 (7.4)	20.2 (19.0)	221,801.3
Regeneración 10 - 20 años	10.8 (4.3)	16.8 (6.0)	45,534.6
Regeneración 5 - 10 años	9.9 (2.7)	18.5 (5.0)	3,725.3
Regeneración 2 - 5 años	9.1 (3.1)	16.2 (7.8)	6,813.7

Tabla 3.

*Características del banco de semillas por categoría.*

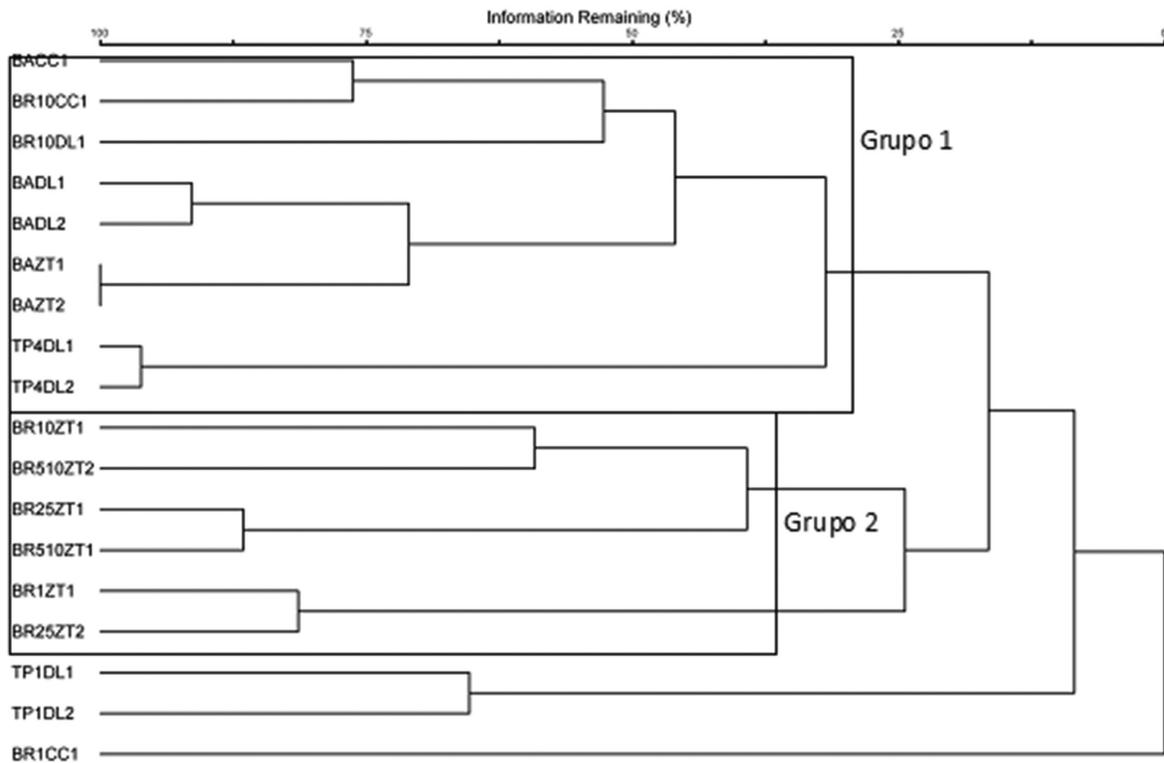
Categoría	Altura promedio de humus (m)	Composición del humus	Total de morfoespecies
Bosque sin perturbación reciente (> 50 años)	4.4	Hojas secas y algunas ramas	24
Bosque en regeneración 10 - 20 años	4.2	Hojas secas	11
Bosque en regeneración 5 - 10 años	3.5	Hojas secas	15
Bosque en regeneración 2 - 5 años	3.4	Hojas secas	15
Bosque en regeneración < 1 año	0.5	Restos vegetales	15
Trocopas ( 1 año)	2.8	Hojas secas	10
Trocopas (2 - 5 años)	2.4	Hojas secas	22

de 2 - 5 años (Grupo 1, **Figura 3**); el segundo grupo incluye los tratamientos de regeneración de 1 año, 2 - 5 años, 5 - 10 años y > 10 años (Grupo 2, **Figura 3**). Y en el análisis de agrupamiento jerárquico con respecto a la estructura (número de individuos, altura promedio, altura máxima, DAP promedio y sumatoria de las áreas basales) se observan dos agrupaciones generales (**Figura 4**). El primer grupo incluye parcelas de bosque sin perturbación reciente y parcelas con regeneración > 10 años, 5-10 años y de 2 - 5 años (Grupo 1, **Figura 4**) y el segundo grupo incluye las parcelas con bosque sin perturbación reciente del BSMPZ y una parcela del BNDL (Grupo 2, **Figura 4**).

A partir del análisis de datos, se integró un marco conceptual de la regeneración natural de la vegetación para el área de estudio (**Figura 5**). Este marco conceptual incluye fases de sucesión secundaria que implican distintas etapas que conllevan a un reemplazo de especies, iniciando con una colonización por especies herbáceas y subarborescentes pioneras que incluyen cordoncillos (*Piper* spp.) y chichipín (*Hamelia patens*) entre otras, seguida por el crecimiento de especies ar-

bustivas y arbóreas pioneras como guarumo (*Crecopia* spp.), huela de noche (*Aegephila monstrosa*) y caulote o pishoy (*Guazuma ulmifolia*). Posteriormente, ocurre el reemplazo por especies arbustivas y arbóreas como chacaj (*Bursera simaruba*), jobo (*Spondias mombin*), yaxnic (*Vitex gaumeri*), mano de león (*Dendropanax arboreus*) y chechén negro (*Metopium brownei*), y en el largo plazo se asume un transición hacia el bosque sin perturbación reciente, incluyendo especies arbóreas como ramón (*Brosimum alicastrum*), chicozapote (*Manilkara zapota*), y zapotillos (*Pouteria* spp.), y en los estratos inferiores abundantes palmas de la familia Arecaceae como xate (*Chamaedorea* sp.), guano (*Sabal* spp.), entre otras.

En el análisis de conectividad funcional potencial, se calculó el diferencial del diIC para remanentes de bosque y matorrales y montes bajos, como áreas potenciales a restaurar (**Figura 6**). Las áreas con un diIC más alto, y por lo tanto con mayor importancia para la conectividad funcional, corresponden al bloque conformado por el Parque Nacional Tikal, la Reserva Comunitaria



**Figura 3.** Diagrama de agrupamiento jerárquico de los sitios de muestreo con respecto a la composición (presencia/ausencia) de la vegetación. BA = bosque sin perturbación reciente, BR = bosque en regeneración, TP = trocopas, CC = BICC, ZT = BSMPZ y DL = BNDL.

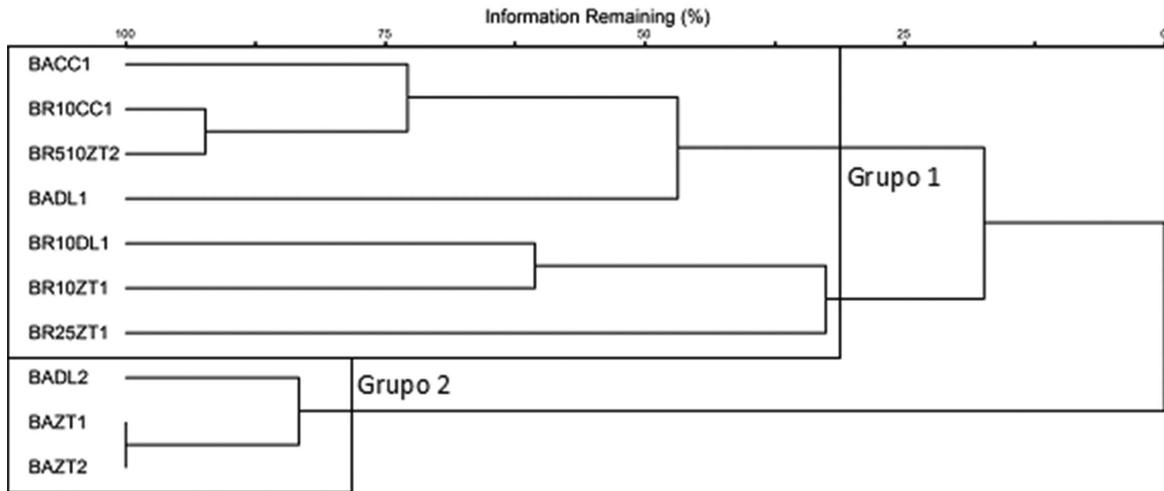


Figura 4. Diagrama de agrupamiento jerárquico de los sitios de muestreo con respecto a la estructura del estrato arbóreo. BA = bosque sin perturbación reciente, BR = bosque en regeneración, TP = trocopas, CC = BICC, ZT = BSMPZ y DL = BNDL.

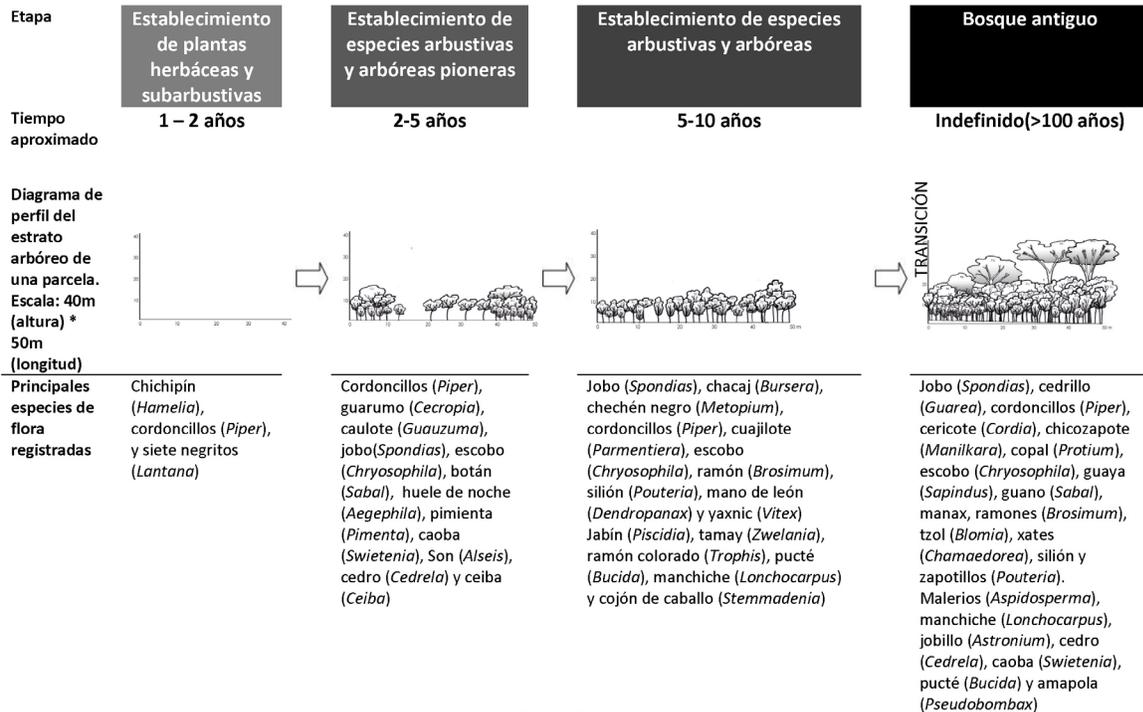


Figura 5. Diagrama del marco conceptual de la regeneración natural de la vegetación en tres Biotopos protegidos en la RBM.

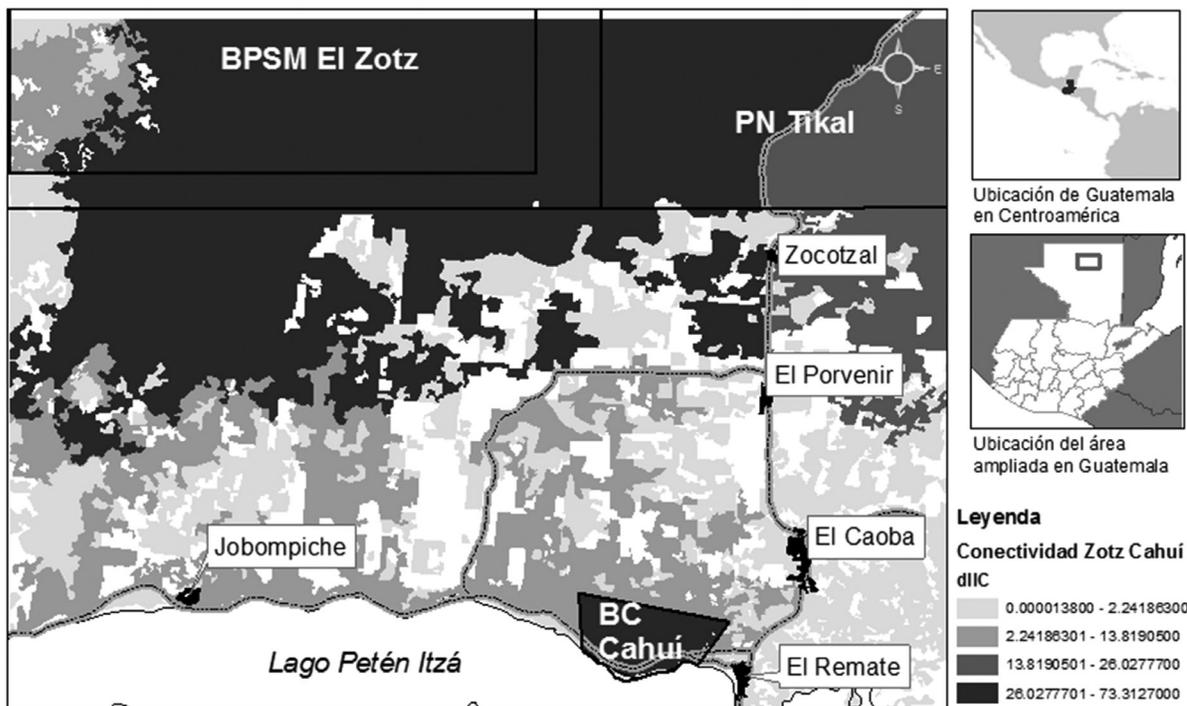


Figura 6. Mapa mostrando los valores de diferencial del índice integral de conectividad (dIIC) para los fragmentos de bosque y áreas de matorral como sitios potenciales a ser restaurados entre los Biotopos Cerro Cahuí y San Miguel La Palotada El Zotz.

Indígena BioItzá y la zona sur del BSMPZ. Le siguen en importancia, áreas perturbadas con bosques secundarios en el SO del BSMPZ, áreas con remanentes y bosques secundarios aledaños al BICC, y remanentes de bosque en la orilla norte del lago Petén Itzá.

### Discusión

La composición de la vegetación en las distintas etapas de regeneración natural y bosques poco perturbados es similar a otros estudios florísticos realizados en la RBM (Bámaca, 2000; Ixcot et al., 2005; Manzanero, 1999; Morales, 2003; Rodas, 1998; Rodas, 2005; Sandoval, 1999; Schulze & Whitacre, 1999). De manera similar a estudios realizados en bosques tropicales en Costa Rica, Panamá y Venezuela, los resultados del presente estudio permiten la clasificación de etapas de regeneración natural posterior a la existencia de perturbaciones, basadas en la estructura y composición de la vegetación (Fournier & Herrera, 1977; Howorth & Colonnello, 2004; Mendieta, Espino, & Ramos, 2010). Asimismo, esta investigación muestra una tendencia

en la cual, conforme transcurre un período mayor de tiempo, la composición y estructura de la vegetación se hace más compleja, con aumento del número de especies e individuos del estrato arbóreo y de los aspectos fisionómicos, así como con el reemplazo de especies herbáceas y subarborescentes pioneras por arbustivas y arbóreas pioneras, y estas por especies arbustivas y arbóreas de vida larga (Chazdon et al., 2010; Yepes & Villa, 2010).

La estructura registrada y la dominancia de estratos para las distintas etapas de regeneración natural, así como la dinámica propuesta en el marco conceptual, es similar con lo reportado para bosques tropicales en la región (Chazdon et al., 2010; Fournier & Herrera, 1977; Guariguata & Ostertag, 2001; Kennard, 2002; Mendieta et al., 2010). La composición puede presentar una mayor variación con respecto a otros sitios, pero se presentan similitudes en la dominancia y recurrencia de géneros y familias, como el caso del género *Cecropia* presente en bosques secundarios en distintas localidades en la región (Fournier & Herrera, 1977; Guariguata & Ostertag, 2001).

La falta de un catálogo de referencia de semillas de la flora de la RBM fue una limitante para la identificación taxonómica de las semillas encontradas en las muestras de suelo, y la metodología no permitió determinar la viabilidad de las mismas; sin embargo los resultados encontrados sugieren que el banco de semillas podría tener un papel importante en la dinámica de la regeneración natural, especialmente en áreas de bosque sin perturbación reciente, a donde se registró una mayor diversidad de morfoespecies.

Este estudio generó conocimiento sobre la estructura y composición de la vegetación en distintas etapas de la regeneración natural, por lo que, como siguiente paso en esta línea de investigación, se recomienda el desarrollo de estudios que permitan determinar factores ecológicos y climáticos que pueden tener una influencia positiva o negativa en el desarrollo sucesional; así como estudios sobre los posibles efectos del cambio climático, con el fin de asegurar el éxito en proyectos de restauración ecológica en el largo plazo (Villalobos, 2012).

A partir de las poblaciones de especies de flora y fauna presentes en los biotopos universitarios, se asume un elevado potencial para la regeneración natural (Ixcot et al., 2005; Jerez et al., 2014), por lo que se espera que las áreas que han sido degradadas dentro de los mismos, logren su recuperación una vez se suspendan las fuentes de presión. Sin embargo, en áreas fuera de los biotopos se hace necesario el desarrollo e implementación de estrategias y planes de acción de restauración ecológica, donde se haya perdido el potencial natural de regeneración.

Para la restauración ecológica integral es necesaria la planificación a escala de paisaje, ya que, es a este nivel, que puede plantearse un ordenamiento espacial del territorio de modo que se optimice su potencial natural (Galindo-González, Guevara, & Sosa, 2000; Lamb, Erskine, & Parrotta, 2005). De esta manera es posible orientar la restauración hacia la funcionalidad del paisaje, tanto en áreas de conservación como en áreas agrícolas y pecuarias, considerando a su vez la naturaleza dinámica del paisaje, cuyos cambios responden a factores naturales, pero principalmente a factores sociales (Organización Internacional de las Maderas Tropicales, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza [OIMT/UICN], 2005).

Debido a los escasos recursos con los que se cuenta para el desarrollo e implementación de programas de restauración ecológica, se debe priorizar la restauración

ecológica de áreas donde exista la oportunidad de tener un mayor impacto en la conservación de la diversidad biológica, donde hayan ocurrido fallas en el funcionamiento del sistema y oportunidades de mejorar el bienestar humano (OIMT, 2002). Los análisis de conectividad realizados para el área de estudio a través del dIIC pueden aplicarse como un criterio útil para identificar las áreas a restaurar con un mayor impacto ecológico, a través de su contribución para aumentar la conectividad funcional del paisaje. Considerando que, cada parche está relacionado con la matriz que lo rodea, su área y el porcentaje de cobertura en su interior, es necesario planificar la conservación de los remanentes de bosque a escala del paisaje (Sisk, Haddad, & Ehrlich, 1997).

La conservación de grandes remanentes y parches de vegetación natural dentro de un paisaje agrícola y pecuario favorece la restauración ecológica, reduce los costos y el tiempo de la regeneración natural, mejora la provisión de servicios ecosistémicos; a la vez que, aumenta el valor de conservación de las tierras agrícolas y las ganancias económicas, y mejora los recursos sociales y educativos (Lamb et al., 2005; Martínez-Ramos & García-Orth, 2007; Rey, Bullock, & Newton, 2008). A partir de lo anterior y utilizando el criterio de aporte a la conectividad del dIIC, las áreas de bosque prioritarias para su conservación en el área de análisis, son el denominado bloque Zotz-Tikal-BioItzá, el BICC y remanentes boscosos en la ribera norte del lago Petén Itzá. La conservación de estas áreas puede mejorar potencial de regeneración natural y restauración ecológica en áreas aledañas que han sido degradadas.

Por su parte, a través de una ordenación y manejo de los bosques secundarios existentes en el paisaje de la ZAM, se puede potencializar la restauración ecológica, siendo una buena opción para la rehabilitación de tierras forestales degradadas (García-Velásquez, Ríos-Quintana, & Molina-Rico, 2010; OIMT, 2002). Los bosques secundarios y remanentes pueden ser una alternativa para la obtención de semillas y plántulas a utilizar en programas de restauración ecológica, aumentando el éxito con individuos ya adaptados al entorno (Azpilicueta, Gallo, Pastorino, & Lozano, 2011). Otro beneficio del manejo de bosques secundarios y degradados en la RBM, es que pueden representar una fuente de especies útiles y medicinales, así como una importante alternativa para programas de captación de carbono, lo cual puede brindar beneficios económicos para la conservación y programas de manejo (Hernández, 1997; Lemus, 1999; MacVean, 2003; OIMT, 2002; Tax, 2005).

Para el área de estudio, de acuerdo con el dIIC, las áreas de bosques secundarios prioritarias son las ubicadas en el SO del BSMPZ, y en la ZAM en la ruta entre el BICC y el Parque Nacional Tikal. En estas áreas se recomienda el desarrollo de actividades experimentales de manejo de bosques secundarios como insumos para el desarrollo de estrategias concretas que involucren el manejo y aprovechamiento de los mismos.

Un elemento importante a considerar en las estrategias de restauración ecológica de la RBM son los incendios forestales, ya que sin el control adecuado de los mismos es difícil tener éxito por la poca sobrevivencia de plántulas de árboles y arbustos a este fenómeno (Aide & Cavelier, 1994). Se ha documentado que aún cuando otras barreras a la restauración hayan sido superadas, el efecto negativo de los incendios puede hacer fracasar proyectos de restauración (Hooper, Condit, & Legendre, 2002).

La aplicación de estrategias de restauración ecológica basadas en el conocimiento de la dinámica de la regeneración natural de ecosistemas locales puede ser una herramienta efectiva y de bajo costo adentro de áreas protegidas, así como para potencializar la efectividad de acciones concretas de restauración ecológica en zonas adyacentes donde se requiere de una mayor inversión de recursos. Por lo tanto, es necesario continuar con la investigación relacionada con la dinámica de regeneración natural e iniciar el desarrollo de experimentos de restauración ecológica en las áreas de la ZAM identificadas como prioritarias en este estudio, con el fin de tener una mayor base científica para la propuesta de estrategias futuras a escala local y regional en la RBM.

### Agradecimientos

La realización de este estudio fue posible gracias al financiamiento de la Dirección General de Investigación (Digi) (Partida 4.8.63.3.57) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), y la participación del personal de CECON Usac: Fernando Tesucún, Luis Rodas, Pablo Ical, José Luis Rodas, Marvin García, Luis Erazo, Byron Cruz, Aderli Morales Ernesto Ramírez, Abraham Mateo López, Saúl Castillo, Arturo Palacios, Darwin Castillo, Isidro Meléndez, D Aguirre, Damarío España, David Misty, Moisés Misti, Erwin García, Juan José Romero y Marvin Rosales, los colaboradores Carolina Bonilla Chang, Vivian González Castillo y Gerson Olivares, MSc. Brenda Díaz Ayala coordinadora del Programa Universitario de Cultura, Pensamiento e Identidad de la Sociedad Guatemalteca y el personal

del Instituto de Investigaciones Químico Biológicas (IIQB) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Usac. Se agradece el apoyo del Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP), la Fundación para el Ecodesarrollo y la Conservación (FUNDAECO) y todas las personas que hicieron posible el desarrollo de este estudio.

### Referencias

- Aide, T. M., & Cavelier, J. (1994). Barriers to lowland tropical forest restoration in the Nevada de Santa Marta. *Colombia Restoration Ecology*, 2(4), 219-229.
- Azpilicueta, A. M., Gallo, L. A., Pastorino, M., & Lozano L. (2011). *Aspectos genéticos de la restauración ecológica del bosque nativo. Ejemplos de aplicación en la región Andino-Patagónica*. San Carlos de Bariloche: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Bámaca, E. (2000). *Inventario forestal y plan de manejo integrado de la unidad de manejo Uaxactún Petén Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Chazdon, R. L., Finegan, B., Capers, R. S., Salgado-Negret, B., Casanoves, F., Boukili, V., & Nodern, N. (2010). Composition and dynamics of functional groups of trees during tropical forest succession in Northeastern Costa Rica. *Biotropica*, 42(1), 31-40.
- Fournier, L. A., & Herrera, M. E. (1977). La sucesión ecológica como un método eficaz para la recuperación del bosque en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 1(1), 23-29.
- Galindo-González, J., Guevara, S., & Sosa, V. J. (2000). Bat- and bird-generated seed rains at isolated trees in pastures in a tropical rainforest. *Conservation Biology*, 14(6), 1693-1703.
- García-Velásquez, L. M., Ríos-Quintana, A., & Molina-Rico, L. J. (2010). Structure, plant composition and leaf litter decomposition in soil, at two sites of an Andean cloud forest (reforested and in spontaneous succession) in Peñas Blancas, Calarcá (Quindío), Colombia. *Actualidades Biológicas*, 32(93), 147-164.

- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques, & Uso de la Tierra. (2014). *Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001- 2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero* (Informe técnico). Guatemala: Autor.
- Guariguata, M. R., & Ostertag, R. (2001). Neotropical secondary forest succession: Changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management*, 148, 185-206.
- 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.
- Hernández, K. (1997). *Caracterización de especies arbóreas y arbustivas nativas con potencial para la alimentación de bovinos en el Petén*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Guatemala.
- Hodgon, B. D., Hughell, D., Ramos, V. H., & McNab, R. B. (2015). *Tendencias en la deforestación de la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala 2000-2013*. Guatemala: Rainforest Alliance, Wildlife Conservation Society y Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Hooper, E., Condit, R., & Legendre, P. (2002). Responses of 20 native tree species to restoration strategies for abandoned farmland in Panama. *Ecological Applications*, 12(6), 1626-1641.
- Howarth, R., & Colonnello, G. (2004). Sucesión secundaria como consecuencia de diferentes tipos de usos de la tierra en bosques pluviales montanos en la cordillera de La Costa Central (Venezuela). *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*, 161-162, 137-165.
- Ixcot, L., Acevedo, M., Cano, E., Flores, M., Pérez, S., & Villar, L. (2005). *Estudio de la biodiversidad en los Biotopos San Miguel la Palotada El Zotz y Naachtún Dos Lagunas, Petén, Guatemala*. (FODECYT No. 19-2002). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de Estudios Conservacionistas.
- Jerez, M., Quevedo, A., Moret A. Y., Plonczak, M., Garay, V., Lawrence, V., ... Rodríguez L. E. (2014). Regeneración natural inducida y plantaciones forestales con especies nativas: Potencial y limitaciones para la recuperación de bosques tropicales degradados en los llanos occidentales de Venezuela. En F. Herrera & I. Herrera (Eds), *La restauración ecológica en Venezuela: Fundamentos y experiencias*. Caracas: Ediciones IVIC.
- Kennard, D. K. (2002). Secondary forest succession in a tropical dry forest: patterns of development across a 50-year chronosequence in lowland Bolivia. *Journal of Tropical Ecology*, 18, 53-66
- Lamb, D., Erskine, P. D. & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(205), 1628-1632.
- Latterra, P., Jobbágy, E. G., & Paruelo, J. M. (2011). *Valoración de servicios ecosistémicos: Conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Lemus, L. B. (1999). *Estudio de especies forestales y de uso agroforestal en la vegetación secundaria y su propuesta de manejo en cuatro comunidades de Flores, Petén*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- MacVean, A. L. (2003). *Plantas útiles de Petén*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Manzanero, M. A. (1999). *Evaluación de la estructura y composición florística de la sucesión secundaria en áreas disturbadas, bosque húmedo subtropical en la concesión forestal comunitaria de Carmelita, San Andrés, Petén*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Noroccidente, Huehuetenango, Guatemala.
- Martínez-Ramos, M., & García-Orth, X. (2007). Sucesión ecológica y restauración de las selvas húmedas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 80, 69-84.
- Mendieta, J. A., Espino, E. R., & Ramos, C. (2010). Caracterización de etapas de sucesión secundaria en la Reserva Natural Cocobolo, Distrito de Chepo, Panamá. *Tecnociencia*, 12(2), 7-19.

- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2006). Mapa de Cobertura y Uso del Suelo 1:50,000. Guatemala: Autor.
- Morales, J. M. (2003). *Efecto del aprovechamiento forestal maderable en la estructura, composición y dinámica del bosque natural en San Miguel, San Andrés, Petén, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales. (2002). Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. (Serie de políticas forestales N.13). Autor.
- Organización Internacional de las Maderas Tropicales, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2005). *Restaurando el paisaje forestal. Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales* (Serie Técnica OIMT No. 23). Autor.
- Pascual-Hortal, L., & Saura, S. (2006). Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 21, 959-967.
- Rey, J. M., Bullock, J. M., & Newton, A. C. (2008). Creating Woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6(6), 329-336.
- Rodas, R. S. (1998). *Evaluación de la riqueza de especies del dosel y del sotobosque en la estación biológica "Las Guacamayas", Parque Nacional Laguna del Tigre, Petén*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Rodas, C. A. (2005). *Inventario forestal del bosque natural de la comunidad popular en resistencia de Petén, comunidad "Salvador Fajardo", La Libertad, Petén*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario de Petén, Guatemala.
- Sandoval, K. (1999). *Análisis estructural de la vegetación arbórea y sotobosque del Parque Nacional Laguna El Tigre Petén, Guatemala*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- Schulze, M. D., & Whitacre, D. F. (1999). A classification and ordination of the tree community of Tikal National Park, Petén, Guatemala. *Bulletin of the Florida Museum of Natural History*, 41(3), 169-297.
- Sisk, T. D., Haddad, N. M., & Ehrlich, P. R. (1997). Birds assemblages in patchy woodlands: modeling the effects of edge and matrix habitats. *Ecological Applications*, 7(4), 1170-1180.
- Tax, M. (2005). *Caracterización del potencial de uso maderable y no maderable del bosque secundario en las áreas adyacentes al Parque Nacional El Rosario Sayaxché, Petén, lineamientos generales de manejo forestal*. (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala.
- The Nature Conservancy. (2006). *Una visión para el futuro, una agenda para hoy: Plan Ecorregional de las Selvas Maya, Zoque y Olmeca*. En F. Secaira, M. Paiz & G. Hernández (Eds.). (Documento técnico). San José, Costa Rica: Autor.
- Villalobos, S. M. (2012). *Patrones, procesos y mecanismos de la comunidad regenerativa de un bosque tropical caducifolio en un gradiente sucesional*. (Tesis doctoral). Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Investigaciones en Ecosistemas, México.
- Wildlife Conservation Society, Center for International Earth Science Information Network, & Columbia University. (2005). *Last of the Wild Project, Version 2, 2005 (LWP-2): Global Human Footprint Dataset (Geographic)*. New York: NASA Socioeconomic Data and Applications Center. doi <http://dx.doi.org/10.7927/H4M61H5F>.
- Yepes, A. P., & Villa, J. A. (2010). Sucesión vegetal luego de un proceso de restauración ecológica en un fragmento de bosque seco tropical (La Pintada, Antioquia). *Revista Lasallista de Investigación*, 7(2), 24-34.

# Ética sobre el envenenamiento ofídico en el paisaje agrario de Guatemala

Dennis Guerra-Centeno

Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

**Recibido:** 20 de abril de 2015 / **Revisión:** 20 de mayo de 2015  
**Aceptado:** 09 de junio 2015 / **Disponible en línea:** 01 de julio de 2015

## Resumen

El envenenamiento ofídico es una enfermedad accidental, no infecciosa o contagiosa, causada por los efectos de los venenos de serpientes de las familias Viperidae, Elapidae y Colubridae. Esta enfermedad representa un problema de salud pública a nivel mundial, afectando principalmente a los trabajadores agrícolas. A pesar de derivarse de una relación ecológica antagónica natural entre humanos y serpientes el accidente ofídico es moralmente juzgado como algo malo. En tal sentido, el examen de esta relación supone un componente ético. En el presente ensayo se discute cuál es el significado moral de las serpientes venenosas bajo las perspectivas antropocentrista y biocentrista. Se abordan los temas de riesgo ocupacional y vulnerabilidad del trabajador agrícola a la enfermedad, se elabora sobre las causas de la desatención de esta enfermedad y se reflexiona sobre cuál es la responsabilidad ética del estado, del empresario y del consumidor, en la existencia de ésta enfermedad. Finalmente se discute el papel de la epidemiología social, como una herramienta generadora de información útil para la comprensión de la realidad multidimensional del envenenamiento ofídico.

## Abstract

Snakebite envenoming is an accidental, non-infectious, non-contagious disease, caused by the effects of snake venoms. This disease is a relevant worldwide public health problem in tropical countries. Agricultural workers are highly exposed and therefore, commonly affected. The occurrence of snake envenoming involves some ethics concerns. In this essay, the moral significance of venomous snakes under anthropocentric and biocentric perspectives is discussed. Occupational risk and vulnerability of agricultural workers are also addressed. The ethical roles of government, agricultural enterprises and consumers in the occurrence of the disease are analyzed to try to explain why snakebite envenoming is a neglected disease. Finally, the role of the emerging social epidemiology as the contributor factor to gain involvement of stakeholders –which should be responsible for mitigation, prevention, treatment and control of snakebite envenoming– is discussed.



## Introducción

El envenenamiento ofídico —también llamado accidente ofídico, envenenamiento por serpiente u ofidismo—, es una enfermedad accidental, no infecciosa ni contagiosa, causada por los efectos de los venenos de serpientes de las familias Viperidae y Elapidae. La inoculación de veneno a los tejidos humanos, suele ser el desafortunado desenlace del contacto físico entre una serpiente venenosa que se siente amenazada, y un ser humano desprevenido, incauto u osado. Los venenos de las serpientes, inoculados en el organismo de la persona, suelen causar lesiones graves, secuelas permanentes o la muerte, sobre todo si no se aplica el antídoto oportunamente.

Williams y colaboradores (2010), describen el drama humano del envenenamiento ofídico, de esta manera:

Los médicos de las salas de emergencia han sido, por muchos años, testigos de la tragedia el daño, la discapacidad y la muerte resultado del envenenamiento por serpiente que es de ocurrencia diaria en muchas partes de África, Asia y América Latina. Para muchas personas que viven en estas regiones, incluyendo algunas de las comunidades más pobres del mundo, la mordedura de serpiente es un riesgo ocupacional y un peligro ambiental siempre presente y una sanción adicional a la pobreza. Al igual que la malaria, el dengue, la tuberculosis y las enfermedades parasitarias, el riesgo de la mordedura de serpiente siempre está presente. A diferencia del caso de estos otros riesgos de salud pública, la carga del sufrimiento humano causado por la mordedura de serpiente permanece sin ser reconocido, invisible y no escuchado por la comunidad de salud pública global, olvidado por las agencias de desarrollo y los gobiernos. (p. 89).

El envenenamiento ofídico es un problema mundial de salud pública que causa considerables morbilidades y mortalidades (Gutiérrez, 2014; Gutiérrez et al., 2013; Kasturiratne et al., 2008). Se ha estimado que a nivel global ocurren anualmente más de cinco millones de mordeduras por serpiente, de las cuales más de dos millones derivan en casos envenenamiento ofídico y más de 125,000 terminan en la muerte de la víctima (Chippaux, 1998). El número de amputaciones anua-

les derivadas del envenenamiento ofídico supera los 14,000 solamente en África subsahariana (Chippaux, 2011). Los trabajadores agrícolas (principalmente niños y jóvenes) son los más afectados (Chippaux, 1998; Gutiérrez, Williams, Fan, & Warrell, 2010). Esto cobra relevancia en países como Guatemala, donde la actividad productiva a nivel de campo es eminentemente agrícola. El cultivo del café, por ejemplo, emplea anualmente a más de 400,000 personas (Asociación Nacional del Café, 2009).

Se puede intuir con cierta prontitud, que el envenenamiento ofídico es un problema importante en el ámbito de los países tropicales en vías de desarrollo. Sin embargo, esta enfermedad ha sido tradicionalmente desplazada a las últimas posiciones de las agendas políticas en el tema de la salud pública. El problema del envenenamiento ofídico ha sido tan subvalorado que no fue sino hasta el año 2009 que la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo agregó a la lista de enfermedades tropicales desatendidas (World Health Organization [WHO], 2009).

Ciertamente, el envenenamiento ofídico es una enfermedad difícil de clasificar desde el punto de vista técnico y epidemiológico. No es una enfermedad infecciosa. Tampoco es una enfermedad transmisible. Es una enfermedad compleja y por lo tanto, difícil de comprender. De hecho, en el sentido estricto, no es una enfermedad sino varias, pues cada especie de serpiente tiene un veneno con una composición química única. Si consideramos que el ser humano tiende a abordar con mayor propiedad aquello que se le presenta como simple, aquello que le es conocido y aquello que piensa que puede controlar, podremos explicar —al menos en parte— por qué el accidente ofídico es una enfermedad incomprendida y desatendida.

Hay un fuerte componente axiológico en el hecho de atender o no una enfermedad. La enfermedad debe tener valor moral para llamar nuestra atención. Debe considerarse mala, desastrosa, dramática e inaceptable para que hagamos algo por atenderla. Debemos conocer el drama de las víctimas para desarrollar empatía y conductas altruistas hacia ellas. Pero sobre todo, debemos examinar nuestra responsabilidad en la ocurrencia de la enfermedad, para sentirnos llamados a resolverla, o por lo menos, a reducir sus impactos sociales negativos.

El presente ensayo aborda el envenenamiento ofídico en tanto fenómeno moral multidimensional. Se analiza el valor moral de elementos como las serpientes venenosas, las condiciones laborales, las políticas públicas gubernamentales y la responsabilidad social

de productores y consumidores de productos agrícolas. Finalmente, se discurre sobre el papel de la *epidemiología social* como una herramienta que contribuya con la mitigación de la vulnerabilidad de la población expuesta al riesgo y con la disminución de las inequidades en el acceso a los servicios de salud para los afectados.

## Contenido

### Ética hacia las serpientes venenosas

Al menos dos preguntas morales son importantes en relación a la relación humano-serpiente: ¿son las serpientes culpables de los casos de envenenamiento a humanos?, ¿cuál es nuestra actitud moral hacia las serpientes? En este apartado, examinaremos el valor moral de las serpientes venenosas.

Como entidad semiótica, la serpiente es portadora de muerte, pero también portadora de vida (Alesso, 2004). En la Biblia, se lee:

Por lo cual el Señor envió contra el pueblo serpientes abrasadoras, por cuyas mordeduras, y muerte de muchísimos, fue el pueblo á Moisés, y dijeron todos: Pecado hemos, pues hemos hablado contra el Señor y contra tí: suplícale que aleje de nosotros las serpientes. Hizo Moisés oración por el pueblo, y el Señor le dijo: Haz una serpiente de bronce, y ponla en alto para señal: quien quiera que siendo mordido la mirare, vivirá, vivirá. Núm. 21:6-8 (*Vulgata Latina*, 1884)

En esa cita, la serpiente provoca el mal, pero también causa la cura. En la vida moral contemporánea, la serpiente también representa el mal (personas envenenadas por serpientes) y el bien (serpientes que son utilizadas para producir antídotos que salvan vidas y serpientes que nos libran de las plagas de ratas y ratones). La serpiente está presente incluso en el caduceo de Asclepio (*Aesculapius* en latín), que simboliza la medicina occidental —y por lo tanto la curación— (Antoniou et al., 2011; Retief & Cilliers, 2002).

Como grupo taxonómico, las serpientes venenosas son habitantes de nuestro planeta mucho antes que los humanos. Se estima que la función del veneno apareció en los reptiles *Squamata* (saurios y serpientes) hace 200 millones de años (Fry et al., 2006). El humano anatómicamente moderno (*Homo sapiens sapiens*) está

presente en nuestro planeta desde hace apenas 150,000 años (Shields, 2000). Surgen entonces, las preguntas éticas: ¿quién tiene más derecho natural sobre el planeta?, ¿son las serpientes las que “invaden” nuestro ambiente o los humanos quienes invadimos el de ellas?

Desde la ética antropocéntrica, el humano es el dueño absoluto del planeta y por lo tanto es quién decide cuáles elementos bióticos o abióticos pueden ocupar su espacio y cuáles no. A partir de esta ética, la serpiente es un elemento considerado molesto porque nos asusta, nos desagrada o peor aún, nos envenena. Es común en el paisaje agrario de Guatemala —y esto es común para Latinoamérica—, que los encuentros entre humanos y serpientes concluyan en la muerte de la serpiente. Solemos matar a las serpientes ante nuestra imposibilidad de diferenciar las especies venenosas de las no venenosas. En la práctica, por lo tanto, matamos a las serpientes o tratamos de matarlas indiscriminadamente. Las serpientes por su parte, se defienden huyendo, amenazándonos, mordiéndonos o inoculándonos su veneno. Por esta razón, tanto de manera innata (evolutiva) como de manera adquirida (aprendida), exhibimos temor hacia las serpientes (Stanley, 2008).

Lo correcto o incorrecto de matar a una serpiente parece descansar en principios utilitarios (Singer, 1999). Para la ética utilitarista, lo que nos produce bienestar es bueno y hay que procurarlo. Por el contrario, lo que nos produce malestar, daño o perjuicio, es malo y hay que evitarlo o eliminarlo. Para la población rural expuesta al riesgo de envenenamiento, la serpiente es una amenaza que debe ser excluida o exterminada, tanto por el bien personal, como por el de la comunidad.

Existen algunas corrientes éticas que reconocen el valor moral de la comunidad de vida (biocenosis), que incluye suelos, aguas, plantas y animales (Leopold, 2007). Las éticas biocentristas o biólogos, consideran moralmente relevantes a todas las formas de vida. El zoocentrismo de Peter Singer, el biocentrismo igualitario de Paul Taylor y la ética del principio de responsabilidad de Hans Jonas (Lecaros, 2008), reconocen el valor intrínseco de los animales, incluyendo por supuesto a las serpientes.

Aún bajo una ética antropocéntrica —y por lo tanto utilitarista—, podría tener valor moral la conservación de las serpientes que nos prestan el servicio ecológico de controlar las poblaciones de algunas plagas potenciales. Claro está, para que las serpientes tengan valor moral, los practicantes de la ética antropocéntrica tendríamos que reconocer la utilidad de estas y en la práctica de la vida moral, rara vez alguien difunde el

mensaje de las serpientes benefactoras. Nuestra visión miope, enfocada en nuestro entorno inmediato y en nuestra comunidad no nos permite analizar la función de las serpientes en el ecosistema, del cual dependemos todas las especies y procesos naturales. Preferimos antagonizar con las serpientes, antes de tratar de entender su importancia, antes de respetar su derecho natural a la vida y antes de analizar la conveniencia de coexistir con ellas.

En la práctica, y por lo tanto, en la realidad ecológica y biocenótica, el humano necesita ingresar repetidamente al *oikos* de la serpiente. La solución ética al envenenamiento ofídico no está entonces en evitar la incursión hacia el hogar de las serpientes. La solución ética está en la prevención del envenenamiento, en la preparación para los casos que no se puedan evitar y en la mitigación de la vulnerabilidad de las personas en riesgo.

### El envenenamiento ofídico, una enfermedad ocupacional que afecta a los trabajadores agrícolas y a los extractores de productos silvícolas

Harrison y colaboradores (2009), describieron una fuerte correlación entre el porcentaje de la fuerza agrícola laboral de los países, y los niveles de mortalidad por envenenamiento ofídico. Las personas que laboran en trabajos agrícolas y extracción de productos silvícolas, están en riesgo constante de ser mordidos por serpientes venenosas, debido a que sus manos entran en contacto con el follaje de las plantas (donde pueden encontrarse las serpientes arborícolas como las del género *Bothriechis*) y sus pies y piernas con el suelo y la vegetación del sotobosque (donde pueden encontrarse las serpientes terrestres como las de los géneros *Bothrops*, *Crotalus*, *Atropoides*, *Porthidium*, *Agkistrodon*, *Cerrophidion* y *Micrurus*).

Por supuesto, las personas que trabajan en el campo o en la selva están conscientes del riesgo que implica el contacto con la vegetación. Sin embargo, como es sabido, en los países tropicales o subtropicales en vías de desarrollo, la actividad productiva es eminentemente agrícola y por lo tanto, el riesgo es necesario. A pesar que hoy día nadie está obligado a trabajar en labores agrícolas, hace no mucho tiempo, en Guatemala, funcionaban aún el repartimiento y el mandamiento del régimen de *trabajo forzado* colonial. Martínez (2006) nos narra al respecto:

Muchos guatemaltecos lo vimos con nuestros ojos, en plena vigencia todavía, antes de 1944: silenciosas hileras de indios, escoltados siempre, a veces atados, que pasaban por pueblos y ciudades en su largo y forzoso recorrido, a pie, desde sus pueblos hasta las fincas. Triste cuadro colonial a mediados del siglo XX. (p. 424)

### El trabajador agrícola es especialmente vulnerable al envenenamiento ofídico

Para Busso (2001), la vulnerabilidad es entendida como un proceso multidimensional que confluye en el riesgo o probabilidad del individuo, hogar o comunidad de ser herido, lesionado o dañado ante cambios o permanencia de situaciones externas o internas. Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello (Romero & Mascrey, 1993). Vulnerabilidad es la incapacidad de una comunidad para superar los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, es decir, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad (Wilches-Chaux, 1993).

Para Cutter, Boruff y Shirley (2003), la vulnerabilidad es parcialmente el producto de las desigualdades, que se constituyen en los factores sociales que influyen o dan forma a la susceptibilidad de varios grupos, a sufrir daño, y que también gobiernan su habilidad para responder (resistencia). En este sentido, un trabajador agrícola estaría más amenazado y sería más vulnerable al envenenamiento ofídico, que por ejemplo, un trabajador de oficina. Si consideramos que la vulnerabilidad posee varias dimensiones (Wilches-Chaux, 1993), podemos decir que el trabajador agrícola es vulnerable en varios aspectos:

**Vulnerabilidad natural.** El *Homo sapiens* no ha desarrollado resistencia contra el veneno de las serpientes.

**Vulnerabilidad física.** Al desarrollar su labor, los trabajadores agrícolas se exponen físicamente al riesgo.

**Vulnerabilidad económica.** El sistema nacional de salud pública no cuenta con suficientes dosis de antídoto y es difícil que los trabajadores agrícolas tengan la capacidad económica para costearlas.

**Vulnerabilidad social.** Los trabajadores agrícolas son en su mayoría jornaleros temporales o agricultores

pobres y no siempre provienen de comunidades organizadas o que exhiban un grado de cohesión social que contribuya a la resiliencia de sus miembros.

**Vulnerabilidad política.** Sus problemas no generan respuestas que se traduzcan en políticas públicas que mejoren su resiliencia.

**Vulnerabilidad cultural.** Después de ser mordido por una serpiente venenosa, el campesino no siempre acude inmediatamente al hospital nacional, sino que antes prueba curarse con la medicina tradicional, que hasta el momento, no ha demostrado ser del todo efectiva para tratar estos casos.

**Vulnerabilidad educativa.** Porque aunque el trabajador agrícola tiene conocimientos sobre las serpientes, estos se basan principalmente en creencias populares, muchas veces alejadas de la realidad. La educación sobre la historia natural y la venenosidad de las 136 especies de serpientes registradas hasta ahora en Guatemala, es exclusiva del ámbito académico-científico y no llega a las comunidades rurales.

**Vulnerabilidad ecológica.** Las 14 zonas de vida propias de Guatemala (De la Cruz, 1982), permiten y favorecen la presencia de las serpientes venenosas en la mayor parte del territorio nacional, desde los 0 hasta los 3,300 msnm (Guerra, Fuentes, & Morán, 2012).

**Vulnerabilidad institucional.** Cuando las instituciones de salud pública no cuentan con el antídoto específico o tienen menos dosis de las necesarias, o por alguna razón, este no es aplicado en la resolución de casos clínicos.

## Las causas de la desatención del envenenamiento ofídico

Existen al menos cuatro elementos que subyacen al problema de la desatención o descuido del envenenamiento ofídico:

**Desconocimiento.** La magnitud, orígenes, características y distribución del problema son desconocidos o sólo parcialmente conocidos por las autoridades de salud pública, lo que dificulta su percepción, entendimiento y justa valoración.

**Baja incidencia en relación a otras enfermedades.** La incidencia de casos de envenenamiento ofídico es relativamente baja cuando se la compara con la de otras enfermedades como la tuberculosis o el sida. Sin embargo, los casos de envenenamiento ofídico son dramáticos y la mortalidad es alta cuando los casos no son tratados oportunamente con el suero antiofídico específico.

**Costo de oportunidad del tratamiento.** Lamentablemente, Guatemala no produce sueros antiofídicos,

por lo que el gobierno debe adquirirlos de proveedores que lo importan. El costo de cada dosis es de hasta 500.00 quetzales (62.50 USD) J. Castellanos (comunicación personal, 10 de agosto, 2012). No es raro que una persona envenenada por una serpiente barba amarilla (*Bothrops asper*), requiera de 20 dosis o más, dependiendo de la cantidad de veneno inyectada por la serpiente y de los efectos clínicos en el paciente. El tratamiento de un solo paciente, podría ascender entonces a 10,000.00 quetzales (1,250.00 USD). En un país como Guatemala donde el nivel de pobreza supera el 50% (Instituto Nacional de Estadística, 2013), donde los recursos estatales son limitados y donde la corrupción es cosa común, el presupuesto de salud—incluido dentro de lo que muchos gobiernos llaman gasto social y no inversión social—, debe priorizarse e invertirse en aquello que genere más impacto social. El costo promedio de tratamiento para una diarrea bacteriana, una de las enfermedades más comunes en Latinoamérica es de alrededor de 130.00 quetzales (16.25 USD). Es decir que lo que costaría salvar a una víctima de envenenamiento por una serpiente *B. asper* podría ser utilizado para salvar a 76 niños con diarrea bacteriana. El costo de oportunidad de salvar personas envenenadas por serpiente resulta entonces alto y sería oneroso para el gobierno.

**Desinterés.** Para Kliksberg (2004), el llamado gasto social, no es un gasto sino una inversión, y en tanto no lo veamos así, lo situaremos después de otros rubros más importantes o económicamente rentables. El informe de la OMS *Macroeconomía y salud 2001* (WHO, 2002), señala que las enfermedades típicas de los pobres no interesan a los grandes laboratorios porque no son atractivas en términos de mercado.

## Ética empresarial: La responsabilidad de los productores de productos agrícolas

En las últimas décadas, aumentó el interés mundial por la Responsabilidad Social Empresarial (RSE). Dentro de este concepto, las empresas deberían preocuparse no solo por ganar dinero sino por invertir en el capital humano y en el capital social. Las empresas serían corresponsables de procurar condiciones de trabajo dignas, propiciar el desarrollo comunitario, el acceso a los derechos humanos y la disminución de las desigualdades en salud. La religión católica fue la fuente de ética durante la época medieval (Crespo, 2003). En el ámbito contemporáneo, la RSE responde

a un mandato ético de viejas raíces pues en los textos bíblicos se subraya la función social que debe cumplir la propiedad (Kliksberg, 2004).

Otra corriente más reciente, la ética de los negocios, alcanza un nivel superior pues propone reformar las normas de la empresa, persiguiendo el cumplimiento de principios morales (Lipovetsky, 1992). Para Crespo (2003), las empresas son agentes morales y por lo tanto, hay que exigir de ellas y no de sus dueños, un comportamiento ético.

### Ética del consumidor: La responsabilidad de los consumidores de productos agrícolas y silvícolas

Las personas que consumimos café (*Coffea arabica*), té (*Camelia sinensis*), azúcar (*Saccharum officinarum*), cacao (*Theobroma cacao*) y otros productos agrícolas o los productos silvícolas como pimienta gorda (*Pimenta dioica*), xate (*Chamaedorea elegans*) o chicle (*Manilkara zapota*), no solemos estar conscientes de que somos corresponsables de los casos de envenenamiento ofídico. Pero, ¿cuál es la relación entre el consumidor de este tipo de productos y la víctima del envenenamiento ofídico? Para responder esa pregunta, examinaremos los elementos básicos del proceso de producción y comercialización del café.

El café se produce en las zonas agrícolas de los países tropicales y subtropicales. El establecimiento y mantenimiento de los cafetales y la cosecha del grano, son labores que requieren de una gran cantidad de mano de obra. Algunas de las actividades en los cafetales son ejecutadas por los denominados *colonos*, que son personas radicadas en las fincas cafetaleras. Para las labores de cosecha, se contrata personal temporal que solo permanece en las fincas durante la época de corte. Las labores de corte de grano son desarrolladas por adultos y niños. Para emprender esa tarea, los trabajadores deben laborar hasta 12 horas al día, muchas veces exponiéndose al sol o la lluvia y al peligro del contacto con las serpientes venenosas (Ewing & Scharge, 2004).

El corte de café es en particular una actividad de doble riesgo de envenenamiento ofídico puesto que las personas que lo ejercen, están en contacto permanente con el suelo (hábitat de las serpientes terrestres) y con el follaje de las matas de café (hábitat de las serpientes arborícolas). De hecho, el trabajo infantil en fincas cafetaleras en Guatemala ha sido señalado como una de las peores formas de trabajo infantil en América Latina

(Van den Berge et al., 2008). Se estima que en Guatemala, más de medio millón de niños migran todos los años a la costa para trabajar en cultivos agrícolas, principalmente de caña de azúcar y café (Ministerio de Trabajo y Asistencia Social, 2001). Solamente en los departamentos de Petén y Escuintla, en el año 2008 se registraron 289 casos de envenenamiento ofídico, la mayoría en niños y jóvenes entre los 10 y los 19 años (Organización Panamericana de la Salud, 2009).

Entonces, ¿es moralmente bueno que tomemos café y que consumamos otros productos agrícolas, sabiendo que al ser el origen de la demanda somos corresponsables de los casos de envenenamiento por serpiente ocurridos en el paisaje agrario? Savater (2008) dice: “hay bastantes que para estar contentos necesitan *no enterarse* de los padecimientos que abundan a su alrededor y de algunos de los cuales son cómplices” (p. 90). Para Swift (1704), la felicidad consiste en estar bien engañado. En tal sentido, somos felices tomando café porque somos ajenos al proceso de producción y cosecha y al hecho que hay personas en riesgo para que los consumidores y los amantes del café, podamos disfrutarlo.

Entonces, ¿cuál debería ser nuestra actitud ética, una vez enterados de tal situación? Si la ética es la reflexión de la moral —y por lo tanto, la libertad de tomar decisiones conductuales que no nos dañen ni dañen a los demás— y si la regla de oro de la ética es no hacer a los demás lo que no queremos que nos hagan a nosotros, entonces lo moral sería solamente consumir productos provenientes de empresas cuyos principios incluyan la responsabilidad social y que procuren la resiliencia de sus empleados al envenenamiento ofídico. En Guatemala y resto de Latinoamérica podría iniciarse un movimiento para exigir una *etiqueta social*, como la que fuera aprobada por el gobierno de Bélgica (Kliksberg, 2004), que garantice que las mercancías agrícolas que la portan, provengan de empresas con responsabilidad social.

### Ética del estado: Las políticas de salud pública y la mitigación de riesgos

Los sueros antiofídicos —único tratamiento efectivo contra el envenenamiento ofídico— son productos biológicos percederos que son producidos en otros países e importados a Guatemala. Cada hospital nacional rural debería contar con las dosis suficientes para tratar los casos a medida que estos se presenten. El problema

es que el Estado no siempre cuenta con los recursos financieros o con la agilidad de ejecución presupuestaria para adquirir estos productos y para distribuirlos en todos los hospitales del sistema nacional de salud y en todo momento. Esto se traduce en una intermitencia en la disponibilidad de antídotos para tratar los casos.

Por su parte, los sueros antiofídicos que actualmente se importan a Guatemala desde Argentina, son producidos con venenos de serpientes colectadas en Guatemala, mientras que los provenientes de México y Costa Rica, a partir de venenos de serpientes colectadas en esos países. Es posible, en el caso de los últimos, que la especificidad y, por lo tanto, la capacidad neutralizante de estos sueros, no sea la deseable para contrarrestar los efectos de los venenos de las serpientes autóctonas de Guatemala.

### La epidemiología social, ¿una ciencia más social y por lo tanto más ética?

Recientemente, la Comisión sobre los Determinantes Sociales de la Salud de la OMS, concluyó que las causas de las desigualdades internacionales e intranacionales en salud y enfermedad, no son de orden biológico sino de orden social (Commission on Social, 2008). A diferencia de la epidemiología clásica que estudia las relaciones entre el agente patológico, el ambiente y el huésped, la epidemiología social estudia los rasgos sociales que favorecen las desigualdades en salud (Segura, 2006).

Un análisis del envenenamiento ofídico desde el enfoque de la epidemiología clásica, se ocuparía principalmente en la relación espacio-temporal entre el agente ofensivo *veneno* y el receptor de la ofensa. Por su parte, la epidemiología social no se limita a determinar y enumerar las características del enfermo o de la población afectada sino que procura el entendimiento y la comprensión de los elementos sociales, étnicos, culturales, demográficos y ecológicos que causan las desigualdades en salud.

La epidemiología social es una ciencia transdisciplinaria en la que se combinan los marcos teóricos de la sociología, la epidemiología, la ecología y otras disciplinas (Krieger, 2001). En tal sentido, el amplio enfoque de esta ciencia, considera aspectos éticos relacionados con: las condiciones de vida de los campesinos, las condiciones laborales de los jornaleros y los empleados agrícolas, las funciones y acciones de las entidades estatales de salud, la internalización de externalidades, la

educación y la cultura, el poder local, el capital social, etc. Esta visión holística posibilitaría la comprensión de los aspectos multidimensionales del envenenamiento ofídico y propiciaría la atención a la enfermedad pues no se puede atender lo que no se comprende.

### Conclusión

El problema del envenenamiento ofídico es un problema multidimensional que involucra fuertes componentes éticos y que requiere, por lo tanto, de soluciones éticas por parte de todos los corresponsables. La información generada por la epidemiología social, podría ser utilizada para concientizar al sector empresarial, al gobierno, a la academia y a los consumidores sobre la necesidad de lograr soluciones que contribuyan a disminuir las inequidades en salud y a mejorar la resiliencia y la calidad de vida de los trabajadores del agro y de los colectores de los productos silvícolas.

### Referencias

- Alesso, M. (2004). La alegoría de la serpiente en Filón de Alejandría: *Legum Allegoriae* §§, II, 71-105. *Nova Tellus*, 22(1), 97-119.
- Antoniou, S., Antoniou, G., Learney, R., Grandrath, F., & Antoniu, A. (2011). The Rod and the Serpent: History's Ultimate Healing Symbol. *World Journal of Surgery*, 35, 217-221.
- Asociación Nacional de Café. (octubre – diciembre 2009). Año cafetalero 2008-2009: Satisfacción por los resultados, comprometidos ante los nuevos retos. *El cafetal*, 12-16. Recuperado de <http://portal.anacafe.org/portal/Documents/Magazines/2009-10/68/elcafetaloct-diciembre09.pdf>
- Busso, G. (junio, 2001). Vulnerabilidad social: nociones e implicancias de políticas para Latinoamérica a inicios del siglo XXI. En *Seminario Internacional Las diferentes expresiones de la vulnerabilidad social en América Latina y El Caribe*. Comisión Económica Para América Latina y el Caribe, Santiago de Chile.
- Chippaux, J. P. (1998). Snake-bites: appraisal of the global situation. *Bulletin of the World Health Organization*, 76(5), 515.

- Chippaux, J. P. (2011). Estimate of the burden of snake-bites in sub-Saharan Africa: A meta-analytic approach. *Toxicon*, 57(4), 586-599.
- Crespo, M. (2003). Lo ético de la ética empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia*, 22, 302-322.
- Cutter, S., Boruff, B., & Shirley, W. (2003). Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84(2), 242-261.
- De la Cruz, J. R. (1982). *Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.
- Ewing, A., & Schrage, E. (2004). El sector empresarial y los derechos humanos: ¿Puede el sector privado contribuir a promover los derechos humanos en el sector cafetalero? *Revista IIDH*, 39, 293-344.
- Fry, B. G., Vidal, N., Norman, J. A., Vonk, F. J., Scheib, H., Ramjan, S. R., ... Kochva, E. (2006). Early evolution of the venom system in lizards and snakes. *Nature*, 439(7076), 584-588.
- Guerra, D., Fuentes, R., & Morán, D. (2012). *Serpientes de Guatemala: Guía para identificación de especies*. Guatemala: Serviprensa.
- Gutiérrez, J. M. (2014). Current challenges for confronting the public health problem of snakebite envenoming in Central America. *Journal of Venomous Animals and Toxins Including Tropical Diseases*, 20(7), 1-9.
- Gutiérrez, J. M., Warrell, D. A., Williams, D. J., Jensen, S., Brown, N., Calvete, J. J., ... Global Snakebite Initiative. (2013). The need for full integration of snakebite envenoming within a global strategy to combat the neglected tropical diseases: the way forward. *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 7(6), e2162.
- Gutiérrez, J. M., Williams, D., Fan, H. W., & Warrell, D. A. (2010). Snakebite envenoming from a global perspective: Towards an integrated approach. *Toxicon*, 56(7), 1223-1235.
- Harrison, R., Hargreaves, A., Wagstaff, S., Faragher, B., & Laloo, D. (2009). Snake envenoming: A disease of poverty. *Plos Neglected Tropical Diseases*, 3(12), 1-6.
- Instituto Nacional de Estadística. (2013). *Caracterización estadística, República de Guatemala 2012*. Guatemala: Autor.
- Kasturiratne, A., Wickremasinghe, A. R., de Silva, N., Gunawardena, N. K., Pathmeswaran, A., Premaratna, R., ... de Silva, H. J. (2008). The global burden of snakebite: A literature analysis and modelling based on regional estimates of envenoming and deaths. *PLoS Medicine*, 5(11), e218.
- Kliksberg, B. (2004). *Más ética, más desarrollo* (2a. ed). Buenos Aires, Argentina: Temas Grupo Editorial SRL.
- Krieger, N. (2001). A glossary for social epidemiology. *Journal of Epidemiology & Community Health*, 55, 693-700.
- Lecaros, J. A. (2008). El respeto a la vida: El biocentrismo en ética medioambiental. *Bioética & Debate*, 14(52), 18-21.
- Leopold, A. (2007). La ética de la tierra. *Revista Ambiente y Desarrollo*, 23(1), 29-40.
- Lipovetsky, G. (1992). *El crepúsculo del deber: La ética indolora de los nuevos tiempos democráticos*. Barcelona: Anagrama.
- Martínez, S. (2006). *La patria del criollo: Ensayo de interpretación de la realidad colonial guatemalteca*. México, D. F.: Fondo de Cultura Económica.
- Ministerio de Trabajo y Asistencia Social de Guatemala. (2001). *Plan nacional para la prevención y erradicación del trabajo infantil y protección de la adolescencia trabajadora*. Guatemala. Recuperado de: [http://white.oit.org.pe/ipec/documentos/plan\\_eti\\_gt.pdf](http://white.oit.org.pe/ipec/documentos/plan_eti_gt.pdf)
- Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. (2009). *Manual para la identificación, prevención y tratamiento de mordeduras de serpientes venenosas en Centro América. Volumen I: Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Retief, F., & Cilliers, L. (2005). Snake and staff symbolism and healing. *South African Medical Journal*, 92(7), 553-556.
- Romero, G., & Maskrey. (1993). Cómo entender los desastres naturales. En A. Maskrey (Ed.), *Los desastres no son naturales* (pp. 4-8). Bogotá: La Red.
- Savater, F. (2008). *Ética para Amador*. Barcelona: Ariel.
- Segura, J. (2006). Epidemiología de campo y epidemiología social. *Gaceta Sanitaria*, 20(2), 153-158.

- Shields, E. D. (2000). Her name is “Lucy”, our three-million-year-old ancestor. *Journal of Dental Research, 1*, 13-20.
- Singer, P. (1999). *Practical Ethics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Stanley, J. (2008). Snakes: Objects of religion, fear and myth. *Journal of Integrative Biology, 2*(2), 42–58.
- Swift, J. (1704). *A Tale of a tub: Written for the universal improvement of mankind*. London: John Nutt.
- Van den Berge, M., Baas, L., Ensing, A., & Quiroz, L. (2008). *Las Peores formas de Trabajo Infantil en América Latina: Identificación de Opciones Estratégicas*. Amsterdam: International Research on Working Children.
- Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. (9-36 pp.) En A. Maskrey, *Los Desastres no son Naturales*. Bogotá: La Red.
- Williams, D., Gutiérrez, J. M., Harrison, R., Warrell, D., White, J., Winkel, K., & Gopalakrishnakone, P. (2010). The Global Snake Bite Initiative: an antidote for snake bite. *Lancet, 375*, 89-91.
- World Health Organization. (2002). Macroeconomics and health: Investing in health for economic development. *Revista Panamericana de Salud Pública, 12*(2), 140-147.
- World Health Organization. (2008). *Closing the Gap in a Generation: Health Equity Through Action on the Social Determinants of Health: Commission on Social Determinants of Health Final Report*. World Health Organization (Ed.). World Health Organization.
- World Health Organization. (2009). Neglected tropical diseases: Snakebite. Recuperado de: [http://www.who.int/neglected\\_diseases/diseases/snakebites/en/](http://www.who.int/neglected_diseases/diseases/snakebites/en/).



## Erradicación de diabetes en Guatemala: Un sueño posible

José Antonio Cornejo Guerra

Departamento de Medicina Interna, Hospital General San Juan de Dios y  
Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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

**Recibido:** 25 de febrero 2015 / **Revisión:** 24 de abril de 2015  
**Aceptado:** 04 de mayo 2015 / **Disponible en línea:** 01 de julio de 2015

### Resumen

La diabetes mellitus es un problema de salud con alcances económicos y sociales. La prevalencia mundial está aumentando: se estima que para 1985 había 30 millones de personas con diabetes, 177 millones en el año 2000 y se estima que para el año 2030 habrá 438 millones de diabéticos. En Guatemala el 8% de la población tiene diabetes y se desconoce el porcentaje no diagnosticado y en pre-diabetes; además el país tiene índices de obesidad, sobrepeso y sedentarismo altos, situación que predispone a la aparición de la enfermedad. En el mundo cada 6 segundos muere alguien a causa de complicaciones relacionadas con diabetes y en Guatemala ocupa la tercera causa de mortalidad general. Existen varios tipos de diabetes, sin embargo, el ensayo se enfoca en la diabetes tipo 2 debido a que representa el 90% de los casos pero sobre todo por que es prevenible. Para el autor existen tres momentos importantes de los pacientes diabéticos: (1) paciente sano y con riesgo que enfermará de diabetes, (2) paciente diabético que tendrá complicaciones y (3) pacientes con complicaciones que morirán. En los tres momentos se puede intervenir directamente, sin embargo, existen deficiencias como la ausencia de programas de prevención y la ineficiencia del sistema asistencial público. El autor propone posibles soluciones en base a evidencia científica para detener el aumento de casos de diabetes mellitus, disminuir las complicaciones micro y macro vasculares en los pacientes y principalmente, generar una cultura preventiva en Guatemala.

### Abstract

Diabetes is a health problem with social and economic consequences. The worldwide prevalence of diabetes is raising; by 1985 there were 30 million of people with diabetes, 177 million by the year 2000 and it is estimated that in 2030 there will be around 438 million people with diabetes. The prevalence of diabetes in Guatemala it's around 8% of the population, however it is unknown the prevalence of the underdiagnosed and pre-diabetes. Guatemala has high obesity, overweight and sedentary index which increase the risk of diabetes. Worldwide every 6 seconds somebody dies as a consequence of diabetes and in Guatemala represents the third cause in general mortality. The analysis is made about type 2 diabetes which represents 90% of all diabetes and in general is preventable. The author proposes 3 moments in the diabetes natural history: (1) healthy patients that will become diabetics, (2) diabetics who will have a complication related to the disease and (3) complicated patients who will decease. During these three moments there are interventions to be done, however there are non-preventable programs and the inefficiency of the public assistant system. The author proposes possible solutions in base of scientific evidence to stop the raising of diabetes, lowering micro and macro vascular complications and overall to generate a preventive culture in Guatemala.



## Introducción

El autor se declara un experto en diabetes, mas no por el tema académico, sino por los enfermos que ha visto enterrar. La diabetes más allá de ser un problema de salud, se torna en una problemática de magnitud social y económica. El presente ensayo aborda la enfermedad desde su prevalencia regional y las proyecciones estimadas; la carga económica que representa para los sistemas de salud, lo que el [Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social \(MSPAS\)](#) actualmente está ejecutando para el control de la diabetes y las perspectivas que el autor considera que pueden corregir el curso actual. En base a evidencia científica, se demostrará el por qué Guatemala es un país en riesgo para el aumento en incidencia de diabetes, así como las dimensiones reales del problema, por ejemplo, según la [Federación Internacional de Diabetes \(FID\)](#) cada seis segundos muere una persona con diabetes en el mundo (2013).

## Inicio

Prevalencia según lo expresado por la [Real Academia Española \(2014\)](#) denota, la acción y efecto de prevalecer, del latín *praevalescere*, del verbo intransitivo perdurar o subsistir. En epidemiología *prevalence* —prevalecia en español—, es el número total de casos de una enfermedad dada en una población específica en un tiempo determinado ([Wiley Online Library. Cochrane Library, 2015](#)).

Sin embargo, para fines del presente ensayo se pretende que el lector comprenda el poderío de la diabetes para persistir entre la humanidad, a pesar de los miles de esfuerzos que se llevan a cabo para su control, y más fuerte aún es la capacidad para continuar creciendo.

La prevalencia mundial de diabetes mellitus se ha incrementado de manera importante, para el año 1985 se estimaron 30 millones de casos y para el 2000 aumentó alrededor de 177 millones de diabéticos ([World Heart Organization, 2015](#)), lo cual significa que se multiplicó por más de cinco veces. Basados en los datos de la FID para el 2030 se calcula habrá 438 millones de individuos con diabetes (2013).

En cuanto a Latinoamérica, se estima que la prevalencia de diabetes es de 24.1 millones de personas o el 8% de la población adulta. Esta cifra se espera que aumente 60% para el 2035. Además, se sabe que otros 22.4 millones de personas que representan el 7.4% de la población adulta tienen tolerancia

anormal de la glucosa ([FID, 2013](#)) que es un estado de pre-diabetes, lo que significa que en un momento dado algún porcentaje de estos 22 millones de personas pueden tornarse diabéticos si no modifican su estilo de vida, que incluye actividad física, dieta balanceada y tratamiento farmacológico adecuado. De los países de la región con mayor prevalencia se menciona a Puerto Rico (13%) de su población total, seguido por Nicaragua (12.4%), República Dominicana (11.3%) y (10.9%) para Guatemala ([FID, 2013](#)). Aunque según el [MSPAS \(2012\)](#) la prevalencia de diabetes es de 8% de la población. Existe un dato importante de mencionar y es que es conocido que el impacto de la diabetes es principalmente urbano, se dice que en las comunidades rurales es un problema importante; ilustrado por la [FID \(2013\)](#) que asegura que “los pueblos indígenas son especialmente vulnerables a la diabetes”. Según los datos proporcionados por el [Instituto Nacional de Estadística \(INE\)](#), aproximadamente el 40% de la población se compone de pueblos indígenas (2013a).

En cuanto a la mortalidad, en Guatemala para el año 2012 la diabetes mellitus representó la tercera causa de muerte (11.9%) en la población general, la segunda fue infarto agudo al miocardio (16.1%) y la primera fue neumonía (21.7%). Paradójicamente, la diabetes puede predisponer ambas es un factor de riesgo para infarto agudo al miocardio y neumonía ([INE, 2013a](#)). Con las cifras anteriores se pretende que el lector conozca el panorama general actual de la diabetes y las proyecciones para el futuro, además de entender que no es un problema ajeno, es decir: nos enfermamos de diabetes y morimos de ella.

Como se mencionó antes, es importante comprender el gasto que la diabetes genera. Comparada con los países centroamericanos, en el 2003, Guatemala tuvo los costos directos e indirectos más altos de la región: USD 291 millones y USD 549 millones respectivamente; y en contraste, el tercer menor gasto per-cápita en salud del istmo centroamericano ([MSPAS, 2008](#)). En el dato anterior es importante recalcar que los gastos indirectos superan a los gastos directos, esto quizá, por la falta de acceso a sistemas de salud, es decir que los costos generados por ausentismo laboral por enfermedad, incapacidad, jubilación prematura, mortalidad prematura y absentismo laboral de quienes cuidan a personas con diabetes ([Rhys, 2002](#)), son mayores que los costos efectivos en atención de la enfermedad.

Para los sistemas de salud la diabetes representa una fuerte carga, por ejemplo afrontar el gasto sanitario y la carga económica de la enfermedad; el gasto sanita-

rio se refiere a lo que los sistemas de salud y las personas con diabetes gastan en la prevención, tratamiento y tratamiento de complicaciones y la carga económica se refiere a lo que los pacientes gastan en su enfermedad. Se estima que en 2013 se gastó un promedio de USD 1,437 por persona con diabetes a nivel mundial en el tratamiento y control de la enfermedad; de esta cantidad únicamente el 20% se utilizó en países de ingresos medio y bajos, donde vive el 80% de las personas con diabetes (FID, 2013). Lo que significa que en los países más pobres, donde paradójicamente viven la mayoría de diabéticos, se cuenta con al menos un quinto del gasto mundial para la enfermedad; fórmula que no termina de tener lógica.

Por ejemplo, el gasto sanitario anual estimado debido a la diabetes fue USD 5,621 por persona con diabetes en los países de ingresos altos, en comparación con USD 365 en países de ingreso medio y bajos (FID, 2013) como Guatemala. En América Latina se estima que las familias pagan entre el 40 y 60% de los gastos médicos de su propio bolsillo (Barceló, Aedo, Rajpathak, & Robles, 2003). Según el INE se estima que el 53.7% de la población guatemalteca está en pobreza general y un 13.3% en pobreza extrema (2013b); por lo que se puede inferir que para más de la mitad de la población es económicamente imposible costearse el tratamiento de diabetes y el sistema de salud pública no provee un tratamiento adecuado, afirmación que será respaldada más adelante.

Según la visión del autor, existen tres *momentos* en la diabetes mellitus: (1) las personas sanas con factores de riesgo que enfermarán de diabetes mellitus; (2) las personas enfermas de diabetes mellitus que tendrán complicaciones relacionadas con la enfermedad; y (3) las personas con diabetes mellitus y complicaciones a causa de la enfermedad que finalmente morirán. Se abordará la problemática de cada grupo procurando responder las siguientes interrogantes, ¿qué se está haciendo actualmente en Guatemala? Si existieran medidas, ¿están siendo eficientes? Y por último, se plantearán posibles soluciones.

Al analizar a las personas con factores de riesgo que enfermarán de diabetes se debe iniciar una breve explicación sobre el proceso que lleva a los pacientes a tornarse diabéticos tipo 2, ya que la enfermedad no tiene una etiología aguda, sino es un proceso lento. El aumento en la diabetes tipo 2 se relaciona con cambios del estilo de vida como la disminución del nivel de actividad física y condiciones como el sobrepeso y la obesidad. Estos cambios ambientales aunados a predis-

posición genética, aumentan la resistencia a la insulina, la cual, se asocia a falla progresiva de las células  $\beta$  pancreáticas, resultando en aumento de la glicemia en rangos no diabéticos. Además del riesgo para desarrollar diabetes en estos pacientes, la resistencia a insulina y anormalidad en la secreción de insulina se acompañan por otros factores de riesgo cardiovasculares de los individuos como hipertensión arterial y dislipidemia (Nathan et al., 2007). ¡Ojo! que durante el proceso antes descrito los síntomas de los pacientes pueden ser leves o incluso, estar ausentes, por lo cual este proceso es raramente detectado a excepción de exámenes de rutina, de los cuales los pacientes jóvenes serán los más vulnerables, por la creencia que esta enfermedad es de adultos mayores.

La reducción posterior de la secreción de la insulina resulta en aumento de la glicemia y el desarrollo de diabetes. La transición de anormalidades metabólicas tempranas que preceden la diabetes son: la glucosa anormal en ayuno y tolerancia anormal de la glucosa. Actualmente se estima que la mayoría de individuos (alrededor de 70%) en estos estados pre-diabéticos desarrollarán diabetes (Nathan et al., 2007). Para aclarar los conceptos, la “glucosa anormal en ayuno” se define como una glucosa plasmática en ayunas  $\geq 100$  mg/dl y  $< 126$  mg/dl, mientras que la “tolerancia anormal de la glucosa” se define como la concentración plasmática de glucosa  $\geq 140$  mg/dl y  $< 200$  mg/dl luego de una carga de 75 g de glucosa oral. Existe también un estado de traslape de personas que pueden compartir ambas características, las cuales tienen un riesgo doble de desarrollar diabetes que quienes únicamente tienen un estado aislado.

Guatemala es un país donde la población está en riesgo de enfermar de diabetes: solo por el hecho de ser hispanos se cree que aumenta el riesgo de padecer diabetes. En Estados Unidos los niños y niñas hispanos tiene un mayor riesgo para diabetes, en comparación con el resto de la población, en un estudio de registro la prevalencia de diabetes mellitus tipo 2 en jóvenes hispanos fue 0.79 por 1000 individuos, lo cual es 4 veces mayor que en jóvenes blancos (Dabelea et al., 2014). Además se ha demostrado que los niños hispanos tienen menor sensibilidad a la insulina (Cruz et al., 2004) y reducción de la función de las células  $\beta$  pancreática (Goran et al., 2004). Por supuesto que la información anterior debe ser evaluada con cautela ya que el grupo de guatemaltecos o descendientes de guatemaltecos esta poco representado en los estudios anteriores, sin embargo, es información útil para realizar asociaciones.

Otro factor de riesgo importante es el sobrepeso y la obesidad, según la Encuesta Mundial de Salud Escolar (MSPAS, 2009) donde se completaron 5,592 cuestionarios a estudiantes guatemaltecos entre 13 y 15 años, el 32% de los estudiantes en establecimientos públicos estaban en sobrepeso, clasificado por índice de masa corporal y 9.2% en obesidad; comportamiento similar en establecimientos privados donde el 32% estaban en sobrepeso y 10.9% en obesidad; esto disminuye en establecimientos educativos fuera de la ciudad donde el 22.8% estaban en sobrepeso y el 5.2% en obesidad. Lo que significa que en la ciudad alrededor del 40% de los estudiantes están en sobrepeso u obesidad y en el interior aproximadamente el 28%.

¿Qué se cree que pasa en la vida adulta? Se considera que aumentará el número de personas con obesidad y sobrepeso; por ejemplo, en la encuesta de adultos (a partir de los 20 años) realizada en el municipio de Villa Nueva, Guatemala en 2006, se encontró el 38.46% de personas en sobrepeso y 21.2% en algún grado de obesidad, de los 1,049 a quienes se les realizaron mediciones corporales, el 59.73% estaba en obesidad o sobrepeso (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2007). ¿Por qué es esto un problema? Porque ser obeso o con sobrepeso es un factor de riesgo demostrado para el desarrollo de diabetes mellitus. En un estudio realizado en los Estados Unidos se encontró que casi el 80% de los jóvenes con diabetes mellitus tipo 2 eran obesos y el 10% con sobrepeso (Liu et al., 2010).

Retomando la Encuesta Mundial de Salud Escolar (MSPAS, 2009) existen algunos datos importantes y relevantes de mencionar, no solo para la diabetes sino para enfermedades crónicas no transmisibles en general; se les interrogó sobre haber realizado actividad física al menos 60 min en los últimos 7 días: y el 19.2% respondió ningún día, 27.4% un día, 14.2% dos días, lo que significa que en conjunto el 60% realiza menos de 2 días a la semana actividad física de al menos 60 min; lo recomendable para una vida saludable es por lo menos 150 min semanales de ejercicio moderado o 75 min de ejercicio intenso (aunque debe individualizarse). Además 28.5% de los estudiantes pasaban de 3 a 8 h al día sentados en actividades recreativas, es decir en sedentarismo (MSPAS, 2009). Esta encuesta es fundamental para la argumentación del autor, ya que esto demuestra que de los jóvenes guatemaltecos (futuros adultos) alrededor del 40% tienen sobrepeso u obesidad, 60% de ellos no hacen suficiente ejercicio y 28% vive de manera sedentaria, o sea que las piezas se están ajustando día a día para producir aún

más diabéticos. ¿Se está ejecutando un plan preventivo nacional? La respuesta a esta pregunta continua siendo una interrogante; por ejemplo en el Plan de Acción 2008-2012 para la Prevención y el Control Integral de las Enfermedades Crónicas y sus Factores de Riesgo (MSPAS, 2009) se contemplan objetivos específicos para estructurar indicadores y realizar actividades puntuales según el objetivo; sin embargo, al contrastarlo con lo que sucede actualmente se puede determinar que no existen un cumplimiento de las propuestas de dicho plan de acción, al menos, no en su totalidad. Un ejemplo es que no existe una Política Nacional para Enfermedades Crónicas real en Guatemala, que según este plan iba a ser ejecutada desde el 2012.

En cuanto al tema asistencial, el MSPAS (2010) publicó las *Guías para la prevención, detección, evaluación y tratamiento de las enfermedades crónicas no transmisibles*, dichas guías están hechas para la atención en el primer y segundo nivel de atención, y a pesar del nombre del documento, existe tan solo una página, la número seis, dedicada a la Prevención de las Enfermedades Crónicas, donde se puntualizan las medidas a realizar, sin embargo, se aborda de manera superficial y no se detalla la manera de darle seguimiento adecuado; por ejemplo, se describen los dos tipos de pre-diabetes: (1) glicemia en ayunas alterada e (2) intolerancia a los carbohidratos; asimismo se puntualiza la manera de diagnosticar estos dos tipos de pre-diabetes, pero no se define si es adecuado o no tratar de manera farmacológica a estos pacientes o el seguimiento que deben tener; según un estudio realizado por Centros para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos, revela que el tratamiento preventivo con metformina retrasa la aparición de diabetes y aún más, que este retraso es más eficaz en adultos más jóvenes de 25 a 44 años (2011).

Existen, sin embargo, algunos avances que hay que resaltar, tal es el caso de la actualización de las *Guías alimentarias para Guatemala* realizadas en 2012 donde se incluyen la actividad física como parte de las sugerencias rutinarias, además de promover la disminución del consumo de sal, grasas y promover el consumo de semillas (MSPAS, OPS, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, 2012). Otro avance importante es la creación de la Comisión para Prevención de Enfermedades Crónicas No Transmisibles (Acuerdo Ministerial 040-2014 del MSPAS), la cual se integra por representantes de varios sectores y que podrá promover acciones eficaces para el control de este tipo de enfermedades.

Para el verdadero control de la diabetes se debe asumir como parte de las políticas de Estado. El autor propone una estrategia preventiva; dado que la obesidad, sobrepeso y estados pre-diabéticos pueden estar presentes desde la infancia, se propone que se realice un programa nacional de tamizaje, donde exista cooperación entre el Ministerio de Educación y el MSPAS. La propuesta consiste en aprovechar la cobertura masiva a nivel de educación primaria del Ministerio de Educación, que según el INE para el 2012 la tasa neta de cobertura escolar de Guatemala era 89% (2013b), y realizar un “reclutamiento” a quienes se detecten con factores de riesgo (obesos, sobrepeso y estados pre-diabéticos e incorporarlos a la Dirección General de Educación Física (DIGEF) y a programas de salud preventiva nutricional para el seguimiento. Además de lo anterior, se propone generar normas (incluso leyes) para que sea obligatorio el tamizaje glicémico al momento de aplicar a un trabajo público y privado, al matricularse para estudios diversificados y universidades. De esta manera el Estado tendría un primer tamizaje con niños en edad escolar y un segundo tamizaje con jóvenes-adultos que laboren o continúen sus estudios. Todos los detectados en riesgo deberán integrarse a programas de salud, nutrición (para reducción de peso) y actividades físicas amparadas por leyes que así lo detallen.

Ahora bien, en cuanto al segundo momento de la diabetes que planteó el autor-anteriormente: personas diabéticas que tendrán complicaciones relacionadas con la enfermedad, es necesario hacerse las siguientes interrogantes: ¿qué sucede en Guatemala con estos pacientes?, ¿tendrán complicaciones? o, ¿el tratamiento es adecuado para evitarlas? El lector debe comprender que el tratamiento de la diabetes es mucho más complejo que otras enfermedades; por ejemplo, si un paciente previamente sano es diagnosticado con neumonía bacteriana adquirida en la comunidad, la solución para su problema es administrar un antibiótico que tenga cobertura contra la bacteria que lo afectó, 7 a 10 días después, el paciente estará de nuevo sano. Ahora bien, en cuanto al tratamiento de la diabetes mellitus, primero se debe clasificar el tipo de diabetes que padece y luego se escoge el fármaco adecuado para cada uno; pero dado que la diabetes afecta muchos sistemas y se acompaña usualmente de otras patologías, el abordaje del paciente debe ser integral, incluyendo un tamizaje completo inicial, buscando la presencia de alguna complicación derivada de la diabetes: retinopatía, enfermedad coronaria, nefropatía, neuropatía, etcétera. Es importante la asistencia nutricional individualizada, apoyo psico-

lógico, y educación en diabetes. Existen básicamente dos tipos de educación en diabetes: la tradicional y la educación en autocontrol, esta última, según estudios efectuados, ha demostrado mejorar el control de glicemia y el tratamiento adecuado de complicaciones como dislipidemia, hipertensión arterial, insuficiencia cardiaca, etcétera. Un punto importantísimo de recordar es que a diferencia del ejemplo del paciente con neumonía, el paciente con diabetes nunca se va a curar; la labor es mantenerlo libre de complicaciones y a largo plazo de muerte relacionada con la diabetes mellitus. Lo anterior nos lleva a formular dos preguntas básicas a responder: Primera ¿el tratamiento adecuado realmente es eficaz para disminuir complicaciones relacionadas con la diabetes mellitus? La respuesta es sí.

Un adecuado tratamiento reduce complicaciones, principalmente macro vasculares. Un ejemplo es un estudio danés en que se aleatorizaron 160 pacientes con diabetes mellitus 2 y microalbuminuria persistente en dos grupos; un grupo recibió terapia convencional y el otro grupo terapia intensiva, con metas de hemoglobina glicosilada < 6.5%, colesterol total < 175 mg/dL, triglicéridos < 150 mg/dL, presión arterial sistólica < 130 mmHg y presión arterial diastólica < 80 mg/dL, el objetivo principal fue medir la presencia de complicaciones micro y macro vasculares. La media de tratamiento fue de 7.8 años y se concluyó que, el tratamiento intensivo se asoció a menor riesgo de muerte por causas cardiovasculares (*Hazard ratio*, 0.43; 95% intervalos de confianza, 0.19 a 0.94;  $p = 0.04$ ; esto significa una reducción del 57% de muerte) y eventos cardiovasculares (*Hazard ratio*, 0.41; 95% intervalos de confianza, 0.25 a 0.67;  $p = <0.01$ ; reducción de 59% de eventos cardiovasculares). Además un paciente en el grupo intensivo progresó a insuficiencia renal terminal comparado con seis en el grupo de la terapia convencional con un valor  $p = 0.04$  (Gaede, Lund-Andersen, Parving, & Pedersen, 2008).

La segunda pregunta es, ¿en Guatemala se trata adecuadamente la diabetes? La respuesta es no. Según la Iniciativa Centroamericana de Diabetes: Calidad de la Atención a la Diabetes, realizado en todos los países de Centroamérica con una muestra de 2,977 pacientes (expedientes clínicos), en los tres niveles de atención: primario, secundario y terciario (algunos países solo se evaluaron dos niveles), concluyó que, a la evaluación de información recogida en los expedientes en Guatemala no se reportaron hábitos tóxicos de los diabéticos, a pesar que es conocido que el promover la cesación del tabaquismo también reduce complicaciones relaciona-

das con diabetes. A pesar de su importancia en la enfermedad, la medición de cintura únicamente se realizó en Costa Rica. En Guatemala el 17.7% de los expedientes tenían registro de estatura y se pesó al 29% de los pacientes. En cuanto al examen físico general y laboratorios, en Guatemala la medición de la presión arterial se registró en 40% de los expedientes, creatinina sérica 12%, colesterol 23%, triglicéridos 22%, hemoglobina glicosilada 12.1% y no se realizó examen de laboratorio de proteínas en orina, ni examen de la vista y de pies. Además, Guatemala no tiene registro de mensaje educativo, esto incluye alimentación, cuidado de pies, actividad física, toma de medicamentos, identificación de hipoglicemia y ajuste de dosis de insulina (Barceló et al., 2004). Estos datos nos pueden sugerir que en Guatemala no se realizó una evaluación adecuada del paciente diabético en las instituciones participantes en el estudio descrito, Hospital General San Juan de Dios, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y Hospital Roosevelt. En cuanto al control de diabetes (metas terapéuticas de los pacientes evaluados en el estudio antes mencionado), se encontró que las medias de glicemia en ayunas en Guatemala fue de 187.8 mg/dL, glicemia al azar 247 mg/dL, creatinina 1.59 mg/dL, triglicéridos 265 mg/dL, hemoglobina glicosilada 8.65%, colesterol LDL 103 mg/dL (Barceló et al., 2004). En base a los datos mencionados, se puede inferir que los pacientes tratados están metabólicamente descontrolados, según este estudio solo el 27% de los pacientes guatemaltecos están controlados, es decir alcanzan las metas terapéuticas, lo que significa que no se está reduciendo el riesgo de complicaciones y muerte.

En cuanto a la terapéutica utilizada en Guatemala el 63% de los tratantes utilizan hipoglucemiantes orales como monoterapia, de los cuales, solo el 44% fue metformina (Barceló et al., 2004), a pesar que existe evidencia sólida que la metformina es el tratamiento farmacológico más importante de la diabetes mellitus 2, ya que reduce la hemoglobina glicosilada en aproximadamente 1.5%, mejora el perfil de lípidos y disminuye ligeramente de peso (DeFronzo & Goodman, 1995). Entonces, si analizamos la atención a los pacientes diabéticos en base al estudio mencionado, podremos asumir que al no lograr metas terapéuticas, sufrirán complicaciones y muerte prematura.

El autor está convencido que existe una solución para superar este problema. Sabiendo de antemano que más de la mitad de la población guatemalteca está en pobreza y que el MSPAS no tiene el abastecimiento ni asistencia médica adecuada hacia los pacientes y que a

causa de estos dos factores el tratamiento es inadecuado, deberá de promoverse la creación de un programa nacional e integral para el tratamiento farmacológico y no farmacológico de la diabetes mellitus, el cual deberá tener como objetivo principal la creación de clínicas especializadas en diabetes erigidas en todo el país, principalmente en cabeceras departamentales o en caso de departamentos muy extensos y de difícil acceso, en municipios priorizados. Dichas clínicas deberán tener médicos con especialidad en medicina interna o diabetólogos, además médicos generales, educador en diabetes, enfermeras profesionales, nutricionistas y exámenes de laboratorio pertinentes para la enfermedad. Dichas clínicas tendrán la capacidad para: (1) atender consulta ambulatoria de pacientes, (2) entregar (sin costo) medicamento de calidad (hipoglucemiantes orales o insulina según la requiera), (3) dar plan dietético individualizado por nutricionista, (4) dar grupo de apoyo o club de diabéticos donde se impartirá educación para el autocontrol de la diabetes, que según la FID (2011): “la educación para personas con diabetes no es una opción: es un imperativo” y (5) realizar exámenes de laboratorio que se necesitan para el control adecuado de la enfermedad.

La solidez y eficacia en cuanto al tratamiento de esta patología según el plan antes descrito, no está en cuestión, sino la factibilidad de la misma. Aunque aún se desconoce el impacto social y económico para Guatemala que podría tener la reducción de complicaciones con base a un adecuado tratamiento. Sin embargo, en Estados Unidos en 2009 un análisis del sistema de salud, mostró que el costo promedio anual para un plan de salud de un diabético con alguna complicación fue en promedio tres veces más costoso que un plan de salud de un paciente diabético sin complicaciones (Vojta, De Sa, Prospect, & Stevens, 2012). Por lo que la idea de esta estrategia terapéutica quizá sea acertada.

El tercer momento, personas con diabetes mellitus y complicaciones a causa de la enfermedad que finalmente morirán, tiene relación estrecha con su apareamiento, al no tener un tratamiento adecuado.

La relación entre el apareamiento de complicaciones y la diabetes es clara, por ejemplo, según la FID (2013), en Estados Unidos se estima que los adultos con diabetes tienen tasas de mortalidad por enfermedad cardíaca 2 a 4 veces más que los adultos sin diabetes, además que el riesgo de sufrir accidentes cerebrovasculares es de 2 a 4 veces más alto en personas con diabetes. Hablando de hipertensión, para el período 2005-2008, el 67% de adultos de 20 años o más que tenían diabetes,

tenían presión arterial mayor a 140/90 mmHg o tomaban antihipertensivo; además se sabe que la diabetes es la principal causa de ceguera en adultos entre los 20-74 años; un aspecto preocupante es la enfermedad renal, según estos mismos datos la diabetes fue la principal causa de insuficiencia renal, y en cuanto a amputaciones no traumáticas se estimó que el 60% de estas fueron causadas por diabetes (CDC, 2011).

## Conclusiones

Luego del análisis anterior, se puede sintetizar que la incidencia de diabetes en Guatemala está en ascenso y que ocupa las primeras causas de mortalidad general en el país. Además, que Guatemala posee las condiciones para que su población se enferme de diabetes, obesidad juvenil y adulta, falta de actividad física, sedentarismo y que no se cuenta con planes claros de prevención ni detección de personas con factores de riesgo a edades tempranas. Asimismo, para quienes ya están enfermos no existen los medios del tratamiento adecuado que prevengan complicaciones médicas relacionadas con la diabetes, por lo que se estima que existirá un porcentaje alto de complicaciones. El autor propone dos soluciones posibles a esta problemática: un sistema de tamizaje en edades escolares y adultos; además de la creación de un programa nacional e integral para el tratamiento farmacológico y no farmacológico de la diabetes mellitus. Su factibilidad financiera por supuesto, es discutible; por lo que regresar al enfoque preventivo sea quizá lo más adecuado y esperar que en algunas décadas observemos un cambio. Aun así, habrá que preguntarse si el tratamiento adecuado y accesible para toda la población es menos costoso, que la carga que representan las complicaciones relacionadas con la diabetes. Desde el punto de vista productivo, la argumentación social y económica se analiza la situación de la siguiente manera: el paciente, con factores de riesgo, pero aun sano es económicamente activo es una persona que produce para el país y mueve la economía, una persona productiva trabaja para generar dinero para sí y en forma de impuestos, además consume productos o servicios de otros. La persona diabética ingresa dentro del rubro de gastos a sistemas de salud directos e indirectos, asimismo produce menos a causa de la enfermedad. Mientras que la persona con diabetes que sufre alguna complicación: ceguera, amputaciones, enfermedad crónica renal, enfermedades cardiovasculares, etcétera, se torna una persona que no es económicamente activa, sino representa un gasto para los sistemas de salud (el

paciente y en algunos casos, algún familiar que no trabaja para su cuidado); y si se analiza la calidad de vida, los pacientes y su entorno familiar, se van deteriorando conforme aparecen las complicaciones.

Lo paradójico del tema es que se sabe lo que se está haciendo mal, decía Sócrates que, “la ciencia humana consiste más en destruir errores que en descubrir verdades”, se posee el conocimiento y las herramientas para reorientar el camino, pero que por distintos factores, ajeno a lo puramente asistencial, no se está realizando una intervención oportuna, lo que pronostica un futuro para la diabetes, incierto y posiblemente poco alentador. Aunque así se tilde de utópico estas letras, Guatemala puede contrarrestar este y muchos de sus problemas apostándole a la voluntad de las personas, pensémonos todos, como miembros de un Estado.

## Referencias

- Barceló, A., Aedo, C., Rajpathak, S., & Robles, S. (2003). The cost of diabetes in Latin America and the Caribbean. *Bulletin of the World Health Organization*, 81(1), 19-21.
- Barceló, A., Pérez E., Cafiero, E., Meiners, M., Gregg E., Gerzoff, B., ... Pastora, M. (2004) *Iniciativa Centroamericana de Diabetes: Calidad de la atención a la diabetes*. Organización Panamericana de la Salud, Iniciativa Centroamericana de Diabetes. Recuperado de [http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeLaSalud/Bancos%20de%20Sangre/iniciativa\\_centroamericana.pdf](http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeLaSalud/Bancos%20de%20Sangre/iniciativa_centroamericana.pdf)
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2011). Hoja informativa nacional de diabetes: información general y cálculos nacionales sobre la diabetes y prediabetes en Estados Unidos 2011. Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos, Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, Centro Nacional para la Prevención de Enfermedades Crónicas y Promoción de la Salud. Recuperado de <http://www.cdc.gov/diabetes/pubs/pdf/ndfsspanish.pdf>

- Cochrane Library. (2015). Prevalence. En *Wiley Online Library*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/cochranelibrary/search/mesh?searchRow.searchCriteria.meshTerm=prevalence&searchMesh=Lookup&searchRow.ordinal=0&hiddenFields.strategySortBy=last-modified-date%3Bdesc&hiddenFields.showStrategies=false&hiddenFields.containerId=&hiddenFields.etag=&hiddenFields.originalContainerId>
- Cruz, M. L., Weigenserg, M. J., Huang, T. T., Ball G., Shaibi, G. Q., & Goran, M. I. (2004). The metabolic syndrome in overweight Hispanic youth and the role of insulin sensitivity. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 89(1), 108-113. doi: 10.1210/jc.2003-031188
- Dabelea, D., Mayer-Davis, E. J., Saydah, S., Imperatore, G., Linder, B., Divers, J., ... Hamman, R. F. (2014). Prevalence of type 1 and type 2 diabetes among children and adolescents from 2001 to 2009. *The Journal of the American Medical Association*, 311(17), 1778-1786. doi: 10.1001/jama.2014.3201.
- DeFronzo, R. A., & Goodman, A. M. (1995). Efficacy of metformin in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. The Multicenter Metformin Study Group. *New England Journal of Medicine*, 333(9), 541-549.
- Federación Internacional de Diabetes. (2011). *Plan Mundial contra la Diabetes 2011-2021*. Recuperado de <http://www.idf.org/sites/default/files/attachments/GDP-Spanish.pdf>
- Federación Internacional de Diabetes. (2013). *Atlas de la Diabetes de la FID* (6ª ed.). Recuperado de [www.idf.org/diabetesatlas](http://www.idf.org/diabetesatlas)
- Gaede, P., Lund-Andersen, H., Parving, H., & Pedersen, O. (2008). Effect of a multifactorial intervention on mortality in type 2 diabetes. *New England Journal of Medicine*, 358(6), 580-591. doi: 10.1056/NEJMoa0706245
- Goran, M. I., Bergman, R. N, Avila, Q., Watkins M., Ball, G. D., Shaibi, G. Q., ... Cruz M. L. (2004). Impaired glucose tolerance and reduced beta-cell function in overweight Latino children with a positive family history for type 2 diabetes. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*. 89(1), 207-212.
- Instituto Nacional de Estadística, Gobierno de Guatemala. (2013a). *Caracterización estadística República de Guatemala 2012*. Recuperado de <http://ine.gob.gt/sistema/uploads/2014/02/26/5eTCcFIHERnaNVeUmm3iabXHaKgXtw0C.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística. (2013b). *Indicadores sociodemográficos*. Recuperado de <http://www.ine.gob.gt/index.php/estadisticas/tema-indicadores>
- Liu, L. L., Lawrence, J. M., Davis, C., Liese, A. D., Pettitt, D. J., Pihoker, C., ... Kahn, H. S. (2010). Prevalence of overweight and obesity in youth with diabetes in USA: the SEARCH for Diabetes in Youth study. *Pediatric Diabetes*, 11(1), 4-11. doi:10.1111/j.1399-5448.2009.00519.x.
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2008). *Plan de Acción 2008-2012 para la prevención y el control integral de las enfermedades crónicas y sus factores de riesgo*. Recuperado de [http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Bancos%20de%20Sangre/Plan\\_de\\_Accion.pdf](http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Bancos%20de%20Sangre/Plan_de_Accion.pdf)
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Encuesta Mundial de Salud Escolar*. Recuperado de [http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Enfermedades%20cronicas%20no%20transmisibles/informe\\_final\\_encuesta\\_escolar\\_julio\\_2011.pdf](http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Enfermedades%20cronicas%20no%20transmisibles/informe_final_encuesta_escolar_julio_2011.pdf)
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2010). *Guías para la prevención, detección, evaluación y tratamiento de las enfermedades crónicas no trasmisibles*. Guatemala: Autor. Recuperado de [http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Enfermedades%20cronicas%20no%20transmisibles/guias\\_atencion\\_enfermedades\\_cronicas\\_2011.pdf](http://portal.mspas.gob.gt/files/Descargas/ProtecciondeSalud/Enfermedades%20cronicas%20no%20transmisibles/guias_atencion_enfermedades_cronicas_2011.pdf)
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2012). *Diagnóstico Nacional de Salud*. Guatemala. Recuperado de [http://sitios.usac.edu.gt/ipn\\_usac/wp-content/uploads/2011/08/Diagnostico-Salud-marzo-2012.pdf](http://sitios.usac.edu.gt/ipn_usac/wp-content/uploads/2011/08/Diagnostico-Salud-marzo-2012.pdf)
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, Organización Panamericana de la Salud, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2012). *Guías Alimentarias para Guatemala*. Recuperado de [http://www.paho.org/gut/index.php?option=com\\_docman&task=doc\\_download&gid=493&Itemid=](http://www.paho.org/gut/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=493&Itemid=)

- Nathan, D. M., Davidson, M. B., DeFronzo, R. A., Heine, R. J., Henry, R. R., Pratley, R., & Zinman, B. (2007). Impaired fasting glucose and impaired glucose tolerance: implications for care. *Diabetes Care*, 30(3), 753-9.
- Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Iniciativa Centroamericana de Diabetes (CAMDI): encuesta de diabetes, hipertensión y factores de riesgo de enfermedades crónicas*. Villa Nueva, Guatemala, 2006. Washington, D.C.: Autor.
- Real Academia Española. (2014). Prevalencia. En *Diccionario de la lengua española* (23ª ed.). Recuperado de <http://lema.rae.es/drae/?val=prevalencia>
- Rhys, W. (2002). Diabetes: Los costes indirectos por pérdida de productividad. *Diabetes Voice*, 47(3), 41-45.
- Vojta, D., De Sa, J., Prospect, T., & Stevens, S. (2012). Effective intervention for stemming the growing crisis of diabetes and prediabetes: a national payer's perspective. *Health Affairs*, 31(1), 20-26. doi: 10.1377/hlthaff.2011.0327
- World Heart Organization. (2015). Diabetes: the cost of diabetes. En *Media Centre*, Fact sheet 236. Recuperado de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs236/en/>

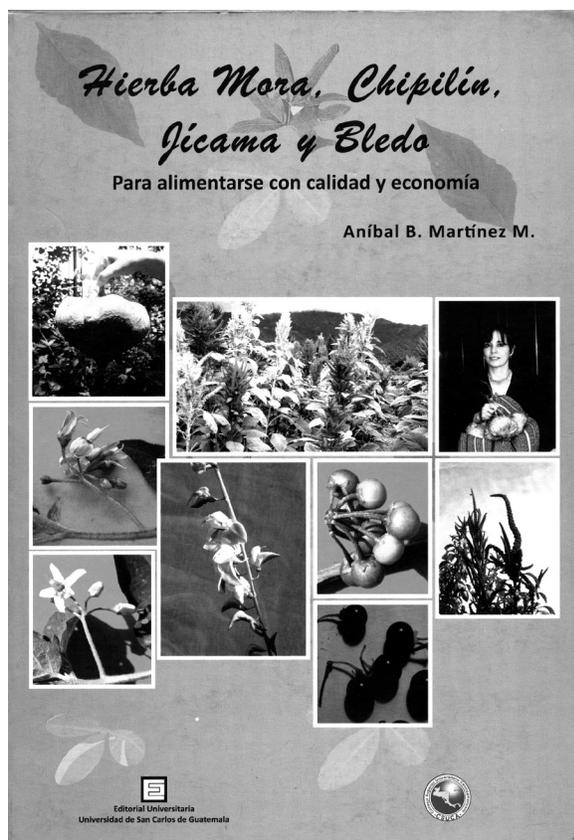


## Hierba Mora, Chipilín, Jícama y Bledo (ISBN: 978-9929-556-24-9)

Augusto Saúl Guerra Gutiérrez\*

Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [puirna@usac.edu.gt](mailto:puirna@usac.edu.gt)



El estudio de la biodiversidad con potencial alimentario es una prioridad para Centroamérica. El libro *Hierba Mora, Chipilín, Jícama y Bledo*, de Anibal Martínez, es una obra de revisión acerca de plantas con potencial alimentario, tanto nativas como las especies tradicionalmente adaptadas a la región mesoamericana. De la amplia biodiversidad regional, Martínez se enfoca en estas cuatro especies; Hierba Mora (*Solanum* sp.), Chipilín (*Crotalaria* sp.), Jícama (*Pachyrrhizus* sp.) y Bledo (*Amaranthus* sp.), por su bajo costo para cultivarlas y la disponibilidad como material silvestre. El libro es un valioso documento de utilidad para extensionistas, docentes, productores, investigadores y consumidores. Contiene una revisión de 166 investigaciones y publicaciones realizadas durante 24 años. Los datos de las cuatro especies se generaron del año 1980 al 2004 en las Facultades de Agronomía, Medicina, y Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac). Martínez es un académico con amplia trayectoria en publicaciones docentes de investigación y administración universitaria, con varias publicaciones en el tema de seguridad alimentaria y nutricional. Esta amplia experiencia como escritor, le permite al autor describir de forma magistral y didáctica amena, aspectos agronómicos, nutricionales y recetas de cocina de las cuatro especies abordadas. Es una obra editada por la Editorial Universitaria de la Usac, recomendable para valorar y aprovechar la biodiversidad con potencial alimentario.



# Instrucciones para Autores

Ciencia, 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 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, 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
2. La Revista presta consideración editorial únicamente a artículos inéditos y originales que no hayan sido publicados con anterioridad y que no estén siendo evaluados para publicación en ningún otro medio. Si el material a publicar hubiese sido presentado previamente de manera parcial (ej. Congresos), deberá consignarse dicha información en la carta de presentación y al final del resumen.
3. Los trabajos deben ser presentados utilizando la plataforma OJS y los formatos accesibles en la dirección electrónica [www.digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/](http://www.digi.usac.edu.gt/ojsrevistas/) siguiendo las instrucciones que los formatos le exigen. Para enviar un manuscrito usted debe registrarse como autor en la página anterior (sección registrarse).
4. Todos los trabajos deben presentarse en formato MS Word (versión 2007), tamaño carta, letra Times New Roman 12 puntos, interlineado de 1.5, márgenes de 2.5 cm, a una columna, páginas numeradas, citas y referencias de acuerdo al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6ª. edición.
5. Todos los trabajos deben incluir una portadilla, donde se consigne título corto (no mayor a 11 palabras), título en español e inglés, los nombres de

los autores (nombre, apellido), su afiliación institucional y dirección para enviar correspondencia.

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 deben tener un mínimo de 300 dpi de resolución.

## 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: no más de 250 palabras. Incluir cinco palabras clave
- b. Abstract (inglés) incluir cinco keywords
- c. Introducción
- d. Materiales y métodos
- e. Resultados
- f. Discusión
- g. Agradecimientos (incluir fuente y número de financiamiento)
- h. Referencias
- i. Tablas y Figuras



## 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 cinco palabras clave
- b. Abstract (inglés) incluir cinco keywords
- c. Introducción
- d. Contenido
- e. Conclusiones
- f. Referencias (mínimo 50 referencias)
- g. Tablas y Figuras

## 3. Ensayos científicos

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 cinco palabras clave
- b. Abstract
- c. Introducción
- d. Contenido
- e. Conclusiones
- f. Referencias

## 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 ca-

sos clínicos, tecnológicos o de otros campos de la ciencia. La extensión máxima es de diez páginas e incluye lo siguiente:

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

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2410-6356 (electrónico) / 2409-3459 (impreso)

Vol. 2 Num. 1 ene/jun. 2015

---

## Revisores de este número

---

**Julio Aguilar,**

Asociación Guatemalteca de Bioética  
Asociación de Médicos Escritores, Guatemala.

**Raúl Alfaro Ortíz**

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA),  
Guatemala

**Lucero Serrano Arrioz**

Laboratorio Regional de Sanidad Avícola (LARRSA),  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Erwin Castellanos**

Hospital General San Juan de Dios, Guatemala

**Raquel Cifuentes**

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos  
de Guatemala; Asociación Guatemalteca de Bioética; Asocia-  
ción de Médicos Escritores, Guatemala.

**Sully Cruz**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Willian Erik De León Cifuentes**

Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA),  
Guatemala

**José María Gutiérrez**

Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica,  
Costa Rica

**Oscar Lara**

Consultor independiente, Guatemala

**Lucrecia Motta Rodríguez**

Laboratorio Regional de Sanidad Avícola (LARRSA),  
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

**Werner Ovalle**

Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la  
Caña, Santa Lucía Cotzumalguapa, Guatemala

**Mervin Pérez**

Universidad de Puerto Rico, Recinto Río Piedras,  
Puerto Rico

**Maura Quezada**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de  
San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Rodrigo Salazar**

Consultor independiente; Universidad Rafael Landívar,  
Guatemala

**Patricia Saravia**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de  
San Carlos de Guatemala, Guatemala.

**Carlos Roberto Vásquez Almazán**

Museo de Historia Natural, Universidad de San Carlos de  
Guatemala, Guatemala



---

**Unidad de Publicaciones y Divulgación**

---

**Marco Vinicio Chavarría Trejo**  
**Ronald Adrian Barrios Méndez**  
Impresores

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

La impresión de este documento se realizó en la  
Unidad de Publicaciones y Divulgación de la  
Dirección General de Investigación de la  
Universidad de San Carlos de Guatemala, en  
junio de 2015, con un tiraje de 1,000 ejemplares.

## Editorial

### Artículos Científicos

*Caracterización morfométrica de la gallina de cuello desnudo (Gallus domesticus nudecullis) en la región ch'ortí de Guatemala*

Raúl Jáuregui, Hector Flores, Luis Vásquez y María J. Oliva

*Riqueza de herpetofauna de la Finca Universitaria San Julián, Patulul, Suchitepéquez, Guatemala*

Dennis Guerra-Centeno, Héctor Fuentes-Rousselin, David Morán-Villatoro, Carlos Valdez-Sandoval

*Evaluación de la capacidad neutralizante de extractos de plantas de uso popular en Guatemala como antídotos para el envenenamiento por la mordedura de Bothrops asper*

Patricia Saravia-Otten, Rosario Hernández, José M. Gutiérrez, Max Mérida, Armando Cáceres

*Efecto del uso de la tierra sobre la erosión y sedimentación de los suelos en El Estor, Izabal*

Erick F. Coc, Eddi A. Vanegas Chacón

*Identificación de microorganismos del género Phytophthora asociados a especies de Quercus sp. y Pinus sp., en los departamentos de Guatemala y Sacatepéquez*

José Humberto Calderón Díaz, María del Carmen Santos Bravo

*Regeneración natural de la vegetación como base para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en tres Biotopos protegidos en la Reserva de Biosfera Maya, Guatemala*

Manolo García, Jessica López, María Ramírez

### Ensayos Científicos

*Ética sobre el envenenamiento ofídico en el paisaje agrario de Guatemala*

Dennis Guerra-Centeno

*Erradicación de diabetes en Guatemala: Un sueño posible*

José Antonio Cornejo Guerra

### Reseña

*Hierba Mora, Chipilín, Jícama y Bledo*

Augusto Saúl Guerra Gutiérrez