

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

Universidad de San Carlos de Guatemala

ISSN: 2409-3459

Volumen 3 Número 2

julio / diciembre 2016

**Artículos Científicos**

**Artículos de Revisión**

**Ensayos Científicos**

**Reseñas**

**Reporte de Casos**

**Resúmenes de Congresos**



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



**DGI** 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. 3, no. 2. (jul./dic. 2016).  
-- Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, DIGI, SEP, Unidad de Publicaciones y Divulgación, 2016.  
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: 2418 7950

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



---

**Fotografía de portada:** Pablo Montes.

**Descripción de la fotografía de portada:** Detalle de los ojos separados de la hembra de *Phaenicia eximia*, una mosca cuyo ciclo de vida es importante en Entomología Forense, en la determinación del intervalo *post-mortem*, tomada el 27 de julio de 2016.

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

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 3 Num. 2 jul/dic 2016

## Directorio / Board-Staff

---

---

### Director de la revista

**Gerardo Leonel Arroyo Catalán**  
Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Editor en jefe

**Gerardo Leonel Arroyo Catalán**  
Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Editor Adjunto

**Armando Cáceres Estrada**  
Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

---

### Editor invitado de este número

**Jack C. Schuster**  
Centro de Estudios Ambientales y de Biodiversidad,  
Universidad del Valle, 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

**Sarah Foss**  
Department of History, Indiana University, United States of  
America

**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-Müller**  
Facultad de Ciencias Médicas, Usac, Guatemala

---

### Consejo Editorial

**Freddy Araya Rodríguez**  
Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo,  
Instituto 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**  
Escuela de Física y Matemáticas, 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**  
Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

**Mynor Alexander Alegria Monterroso**  
Diseñador gráfico, Guatemala

---

### Asesores de edición

**Dara Sucel Higueros Pellecer**  
Bibliotecóloga (Normalización documental)

**José David Marroquín**  
Asesor filológico, Guatemala

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 3 Num. 2 jul/dic 2016

---

## Contenido / Contents

---

### Editorial / Editorial ..... 107

#### Artículo Científico / Scientific Article

##### **Mercurio en tiburón *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* del pacífico guatemalteco**

*Mercury in shark Sphyrna lewini and Carcharhinus falciformis in the Guatemalan Pacific*

Eduardo E. Chacón, Adrián M. Castro, Alva J. Montiel, Juan M. Tejada, Gustavo A. Elías ..... 109

##### **Contribución al conocimiento de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, Guatemala**

*Contribution to the knowledge of oaks (Quercus: Fagaceae) from the departments of Alta Verapaz, Baja Verapaz and Petén, Guatemala*

Maura L. Quezada, Rosario Rodas-Duarte, Andrea A. Marroquín-Tintí ..... 115

##### **Perfil epidemiológico del accidente ofídico en las tierras bajas de Guatemala**

*Epidemiological profile of snakebite envenoming in the lowlands of Guatemala*

Dennis Guerra-Centeno ..... 127

##### **Entomología forense: el ciclo de vida de la mosca verde *Phaenicia eximia* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae), como herramienta para estimar el intervalo *post-mortem***

*Forensic entomology: The life cycle of the green bottle fly Phaenicia eximia (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae), as a tool for the estimation of post-mortem interval*

Enio B. Cano ..... 139

##### **Controles alternativos para el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)**

*Alternate controls for the bean weevil Acanthoscelides obtectus (Say) (Coleoptera: Bruchidae)*

Carlos E. López-Monzón, Willmar V. Tobar-Tomás, Alan G. Ventura-Gómez ..... 149

##### **Exploratory serosurvey for antibodies to avian pathogens in backyard chickens from a satellite community of Jalapa City, Guatemala**

*Encuesta serológica exploratoria para anticuerpos a patógenos aviarios en pollos de patio trasero de una comunidad satélite de la ciudad de Jalapa, Guatemala*

Edvin Aquino-Sagastume, Dennis Guerra-Centeno, Carlos Valdez-Sandoval, Federico Villatoro, Daniela Villatoro, Beatriz Santizo ..... 157

#### Ensayo Científico / Scientific Essay

##### **¿Por qué continúa la contaminación de aguas en Guatemala?**

*Why water sources in Guatemala are still being polluted?*

Norman L. Sigúí ..... 167

#### Resúmenes de Congresos / Congress Abstracts

##### **III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología**

*III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology* ..... 177

##### **III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud**

*III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health* ..... 201

#### Instrucciones para autores

*Instructions for authors* ..... 227

#### Revisores de este número

*Reviewers of this issue* ..... 229

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 3 Num. 2 jul/dic 2016

## Editorial / Editorial

---

El Comité Editorial de la revista *Ciencia Tecnología y Salud*, se complace en presentar el segundo número del volumen 3 (2016) que contó como Editor Invitado al Dr. Jack Schuster de la Universidad del Valle y en el que varios de los artículos presentados corresponden a trabajos de investigación sobre entomología.

El primer artículo de Chacón y colaboradores nos presenta los niveles de mercurio en dos especies de tiburones (*Carcharhinus falciformis* J. P. Müller & Henle y *Sphyrna lewini* E. Griffith & C. H. Smith) colectados en el Pacífico guatemalteco. Si bien un 73% de las muestras de la especie de *S. lewini* y 9% de las de *C. falciformis* presentaron niveles de mercurio superiores al límite máximo permisible de acuerdo a la normativa europea, el cálculo del índice de peligro sistémico demostró que el músculo de ambas especies puede consumirse sin ningún riesgo potencial para la población.

El siguiente es un artículo de prospección realizado en colecciones botánicas por Quezada y colaboradores, en el que se resalta la importancia que tienen los árboles del género *Quercus* desde el punto de vista ecológico y económico en los bosques en los que prevalecen estas especies. El estudio tuvo como objetivo actualizar la diversidad de especies del género *Quercus* presentes en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén usando cuatro fuentes de información: revisión de literatura, revisión de material de herbarios nacionales, revisión de bases de datos de herbarios extranjeros y colectas de campo. Se registraron 19 especies, que incluyen nueve más que las reportadas previamente en la literatura, de las cuales 16 tienen algún grado de amenaza y se demuestran las especies de amplia distribución y aquellas de distribución restringida.

El accidente ofídico es un problema de salud pública poco estudiado y muchas veces sub-reportado en las

regiones tropicales de Guatemala. Para definir el perfil epidemiológico de esta patología, Guerra-Centeno a través de la revisión de expedientes médicos en dos hospitales regionales del país, uno en Escuintla (costa sur) y otro en San Benito Petén (norte) detectó 305 casos de accidente ofídico durante 2008-2013. La información obtenida indica que es un afección de jóvenes (promedio 25.2 años), que afecta más a varones (61.3%) y agricultores (28.3%) y que el sitio de mordedura más frecuente es en los miembros inferiores. Se revisan las condiciones de atención de este accidente, concluyéndose que la distancia que tiene que viajar el paciente al hospital para ser atendido y las dificultades de transporte de los sueros antiofídicos en forma adecuada son factores importantes que contribuyen a la vulnerabilidad de las personas a riesgo.

El uso de algunos insectos y artrópodos para definir aspectos legales relacionados con las muertes violentas, constituye la entomología forense, de especial aplicación en la estimación del intervalo *post-mortem* de casos de muertes violentas. A partir del conocimiento general de la mosca verde (*Phaenicia eximia* Wide-mann), cuya macrofotografía ilustra la portada de este número, y de acuerdo a su distribución relativamente restringida en el país en las últimas décadas, se propone que la información aportada por el ciclo de vida de este insecto podría ser un elemento interesante para estimar el intervalo *post-mortem*. A través de un proceso de colecta, crianza en condiciones de laboratorio y muestreo, Cano propone que el ciclo de vida de esta especie podría tener aplicación en entomología forense para calcular el tiempo de fallecimiento.

Un factor importante en la pérdida poscosecha de granos alimenticios es el daño por diversos insectos en el proceso de almacenamiento. En un trabajo experimental, López-Monzón y colaboradores hacen una evaluación en condiciones de laboratorio del

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 3 Num. 2 jul/dic 2016

## Editorial / Editorial

---

efecto de la aplicación de siete tratamientos (polvo de cinco especies vegetales, ceniza con cal y arena de río), como controladores del daño del gorgojo del frijol (*Acanthoscelides obtectus* Say) en materiales almacenados. Los mejores resultados los obtuvieron con el polvo de pimienta negra (*Piper nigrum* L.) y con la mezcla de cal con ceniza, logrando el menor porcentaje de daño (1.64-3.55%), sin afectar la viabilidad de la semilla, registrándose una germinación mayor del 98%. El uso de estos procedimientos sencillos y accesibles podría contribuir a disminuir las pérdidas poscosecha y por ende a obtener mejores beneficios y contribuir a la seguridad alimentaria en poblaciones rurales.

El último artículo de investigación de este número es de tipo seroepidemiológico exploratorio, realizado por Aquino-Sagastume y colaboradores en gallinas de traspatio provenientes de gallineros familiares de una comunidad del departamento de Jalapa, Guatemala. Se obtuvieron 51 muestras de suero y se analizaron por una batería de pruebas inmunológicas en búsqueda de anticuerpos contra cuatro infecciones virales (influenza aviar, bronquitis infecciosa y enfermedades de Newcastle y Gumboro) por la prueba de Elisa y contra dos *Mycoplasma* (*M. gallisepticum* y *M. sinoviae*) por una prueba rápida en placa. Más de la mitad tenía anticuerpos contra los seis patógenos, por lo que se concluye que estas gallinas son una potencial amenaza para la avicultura artesanal. Este artículo es el primero que se publica en la revista en idioma inglés, en un afán por ir teniendo una mayor visibilidad y diversidad lingüística.

La última contribución es un ensayo que obtuvo el segundo lugar en el III Concurso de Ensayo Científico promovido por la Dirección General de Investigación

(Digi) en 2015. En este caso, Sigüí hace una revisión de las leyes y reglamentos que regulan la descarga y reúso de aguas servidas y disposición de lodos entre 1989 y 2005. El ensayo es bastante crítico, indicando que con el paso del tiempo las leyes se han vuelto más generales y permisivas, lo que aumenta la contaminación de las aguas en Guatemala, en vez de disminuir como consecuencia de la legislación, concluyendo que el Acuerdo Gubernativo de 2006 debería derogarse y emitirse uno nuevo que corrija las deficiencias y garantice una mejor disposición de las aguas servidas para no contaminar los cuerpos de agua.

Finalmente, por primera vez en la revista se presentan Resúmenes de Congresos en esta nueva categoría, que pretende socializar la información presentada en eventos internacionales en forma preliminar. En esta ocasión se presentan los resúmenes de 46 ponencias presentadas en el III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016, organizado por el Consejo Superior Universitario Centroamericano (Csuca) y la Digi y realizado en la ciudad de Guatemala el 6 y 7 de octubre. Las ponencias se presentaron en dos ejes, Ciencia y Tecnología (22 ponencias) y Salud (23 ponencias), con la participación de la mayoría de las universidades de la región. Se invita a investigadores e instituciones a solicitar con anticipación la inclusión de sus resúmenes para ampliar la visibilidad de sus investigaciones.

Por este medio instamos a los investigadores centroamericanos a enviar sus manuscritos a la revista para considerar si son relevantes y reúnen los criterios para revisión, para así someterse al proceso de edición y contribuir tanto a la internacionalización de la revista, como a aumentar la visibilidad de sus publicaciones.

## Mercurio en tiburón *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis* del pacífico guatemalteco

Eduardo E. Chacón, Adrián M. Castro, Alva J. Montiel, Juan M. Tejeda, Gustavo A. Elías\*

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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

Recibido: 18 de septiembre 2015 / Revisión: 29 de marzo 2016 / Aceptado: 16 de septiembre 2016 / Disponible en línea: 13 de marzo 2017

### Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la presencia de mercurio en muestras de carne de dos especies de tiburón: *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis*, acopiados por la pesca artesanal en dos puntos de la costa pacífica de Guatemala. Con el análisis de la información se verificó el estado de inocuidad de los organismos respecto a las concentraciones de mercurio, utilizando como base la normativa europea. Se recolectaron 66 muestras, durante 10 meses, las cuales fueron analizadas utilizando la técnica de espectrofotometría de absorción atómica. Posteriormente se realizó un análisis descriptivo y se aplicó la ecuación del Índice de Peligro Sistémico (IP). El análisis de resultados indicó que 16 (73%) organismos de *S. lewini*, presentaron concentraciones de mercurio superiores al límite máximo permisible (LMP) de acuerdo a la normativa europea (1 mg/kg de peso fresco), aunque el IP ( $1.626857143 \times 10^{-4}$ ) demostró que no existe riesgo potencial para la salud de los consumidores, además que esta especie no muestra correlación significativa ( $\rho = 0.292$ ), entre el tamaño del organismos y la concentración de mercurio. Únicamente 4 (9%) organismos de la especie *C. falciformis*, presentaron concentraciones de mercurio arriba del límite máximo permisible de acuerdo a la normativa europea, y el cálculo de IP ( $4.345714286 \times 10^{-5}$ ), indicó que el músculo de dicha especie puede consumirse sin ningún riesgo potencial para las personas.

Palabras claves: contaminación, bioacumulación, pesca, límite máximo permisible, metil-mercurio

### Abstract

The objective of the study was to determine the presence of mercury in samples of meat corresponding to two shark species: *Sphyrna lewini* and *Carcharhinus falciformis* collected by artisanal fisheries in two points of the Pacific coast of Guatemala. With the analysis of information safety status of sharks for concentrations of mercury was verified, using as a basis the European regulations. Sixty six samples were collected in 10 months, these samples were analyzed using the atomic absorption spectrophotometry technique. After a descriptive analysis and the equation of Systemic Risk Index (RI) was applied. The analysis results indicated that 16 (73%) organisms of *S. lewini*, had concentrations above the permissible limit according to European standards (1 mg/kg wet weight) mercury, although the rate of RI ( $1.626857143 \times 10^{-4}$ ) it proved there is not a potential health risk to consumers, besides this species shows no significant correlation ( $\rho = 0.292$ ), between the size of organisms and the concentration of mercury. Only four organisms (9%) of the species *C. falciformis* presented mercury concentrations above the permissible limit according to European standards, and the calculated RI ( $4.345714286 \times 10^{-5}$ ) showed that the muscle of these species can be eaten without any risk to consumers.

Key words: shark, mercury, bio-accumulation, fishing, permissible limit allowable, methylmercury



## Introducción

Los océanos presentan serios problemas de impacto ambiental, que tienen su origen en diversas fuentes. Los tiburones son depredadores ubicados en el extremo de las cadenas tróficas, tanto costeras como oceánicas, por lo tanto sus tejidos permiten advertir niveles tóxicos de metales pesados (Galván, Polo, Barrera, Escobar, & Torres, 2014).

La fuente más importante de mercurio en la dieta humana son los peces, el 80% de este elemento se encuentra en forma orgánica, principalmente metilmercurio (Hurtado, 2010). Doadrio (2004) indica que en ciertas poblaciones que basan su alimentación en el consumo de peces y otros productos obtenidos del mar, pueden llegar a sobrepasar la ingesta máxima tolerable por semana de mercurio, fijada en 300 µg de mercurio total por persona, y en 200 µg cuando se trata de metilmercurio. Casi el 100% del mercurio que se bioacumula en peces depredadores como los tiburones, es metilmercurio, se han obtenidos concentraciones de hasta 3 mg/kg (Velasco-González, Echavarría-Almeida, Pérez-López, & Villanueva-Fierro, 2001).

El metilmercurio es una de las formas químicas que se encuentran mayormente en alimentos, principalmente en productos pesqueros. El metilmercurio es altamente tóxico, ya que se acumula en el tejido nervioso de los organismos, convirtiéndose en un problema de salud pública. La población que consume pescado contaminado, es la que está mayormente expuesta (León & Peñuela, 2011).

El contenido máximo de mercurio en productos de la pesca según normativa europea, se establece en 0.5 mg/kg de peso fresco, salvo para determinadas especies, como el bonito y tiburones que se permite 1 mg/kg de peso fresco (World Health Organization, 1991).

Holmes, James y Levy (2009), reportan que todas las clases de peces incluyendo las especies exóticas, entre ellas los tiburones presentan niveles de mercurio arriba de 1.52 mg/kg. Se consideró como objeto de estudio a los tiburones ya que son organismos de gran aceptación comercial dentro de la dieta alimenticia de los guatemaltecos debido a su disponibilidad, bajo precio y buen sabor, son especies sujetas a explotación pesquera por parte de la pesca artesanal en todo el litoral Pacífico de la república. Los tiburones están en la cúspide de las cadenas alimenticias de los ecosistemas oceánicos (Kiszka et al., 2015), siendo susceptibles a la bioacumulación.

La investigación tuvo como propósitos: determinar los niveles de mercurio presentes en el músculo de tiburón *Sphyrna lewini* y *Carcharhinus falciformis*, establecer la correlación entre el tamaño de captura de los organismos y la concentración de mercurio y, por último, determinar el índice de peligro sistémico (IP) de las muestras obtenidas. Las especies *C. falciformis* y *S. lewini*, fueron consideradas en la investigación, ya que Ruiz y López (1999), las consideran como especies de tiburón de importancia comercial en Guatemala.

## Materiales y métodos

### Muestreo

Para el estudio se utilizó un muestreo por selección intencionada, colectando en los centros de acopio de acuerdo a su disponibilidad cada mes, ejemplares de tiburón *S. lewini* y *C. falciformis* fueron colectados directamente de los centros de acopio de los pescadores artesanales de Puerto de San José y Puerto de Iztapa, Escuintla, en el Pacífico de Guatemala.

En un período de 10 meses se recolectaron 66 muestras de músculo de tiburón, 22 correspondieron a la especie *S. lewini*, y 44 a la especie *C. falciformis*. La extracción del músculo se realizó *in situ* en los sitios de acopio de las capturas.

Se colectaron muestras con un peso de 454 g y se colocaron en bolsas plásticas herméticas selladas y rotuladas. Posteriormente fueron trasladadas al laboratorio y sometidas a refrigeración para su adecuada conservación. Para cada muestra se llenó una ficha de control, en la cual se indicó el peso total del espécimen, sitio de procedencia, especie y fecha de captura.

### Análisis de laboratorio

El análisis de las muestras se realizó en la empresa de Investigación, Laboratorio, Análisis, Servicios y Asesoría (Inlasa), acreditada ISO 17025: 2005, OGA-LE- 008-05. El procedimiento para dicho análisis fue el siguiente:

La muestra se digería con una solución de ácido sulfúrico para liberar todos los compuestos de mercurio orgánico, el cual pasa a mercurio iónico. Una reducción adicional del mercurio iónico a mercurio metálico utilizando cloruro estañoso, hace posible la medición del mercurio gaseoso en el aire. El límite de detección de este método es de 0.01 µg de mercurio, para poder

leer por espectrometría de absorción atómica con celda de vapor frío. (FIAS- Flow Injection Analysis System, Sistema Analítico de Flujo de Inyección) utilizando un aparato AA Shimadzu 6800.

### Definición de las variables

La variable dependiente considerada en la investigación fue la concentración de mercurio presente en el músculo de los organismos, siendo el indicador la concentración de Hg en mg/kg de muestra.

### Análisis de la información

Se hizo un análisis descriptivo calculando las medias y varianza de los valores de concentración de mercurio en cada una de las muestras. Posteriormente se calculó el número y porcentaje de muestras de ambas especies que sobrepasaron el límite máximo permisible (LMP), tomando como referencia la normativa europea de 1 mg/kg de peso fresco.

Los resultados se agruparon de acuerdo a las variables dependientes. Se utilizó el coeficiente de Spearman para realizar correlaciones entre el tamaño de captura del tiburón, especie y concentración de mercurio. Además,

se calculó el IP de la variable dependiente, para cada una de las especies estudiadas.

IP = Dosis de exposición/Dosis de referencia.  
 Dosis de exposición = (C) (TI) (TA) / PC  
 C = Concentración promedio del metal (mg/kg);  
 TI = Tasa de ingestión diaria de pescado (0.0065 kg/día);  
 TA = Tasa de absorción del metal por el tracto gastrointestinal (10 %).  
 PC = Peso corporal 70 kg (United States Environmental Protection Agency, 1989)

### Resultados

*S. lewini* mostró la mayor media de concentración de mercurio, y también presentó mayor dispersión en las concentraciones detectadas. La especie *C. falciformis* presentó una media inferior al LMP (1 mg/kg) y sus concentraciones no fueron tan dispersas en los diferentes organismos (Tabla 1).

*S. lewini* presentó mayores concentraciones de mercurio arriba del LMP en comparación con la especie *C. falciformis* que mostró un bajo nivel de contaminación (Tabla 2).

Tabla 1

Promedio y varianza de las concentraciones de mercurio, para cada una de las dos especies muestreadas

Especies	N	X	$\sigma$
<i>Sphyrna lewini</i>	22	1.94471	1.7958
<i>Carcharhinus falciformis</i>	44	0.527541	1.0702

Nota. Concentraciones en mg/kg. Metodología: mercurio PC-FQ-018

Tabla 2

Contenido de mercurio en muestras de *C. falciformis* y *S. lewini*

Resultado	Valores	
	<i>C. falciformis</i>	<i>S. lewini</i>
Número de muestras extraídas	44	22
Número de muestras con valores detectables	44	22
Muestras con valor detectable (%)	100	100
Número de muestras con valores por encima de LMP de la normativa europea (1 mg/Kg)	4	16
Muestras con valores por encima del LMP (%).	9	73

Nota. Límite detección 25  $\mu$ g/kg

Los datos recabados durante la investigación revelan que no existe correlación entre la talla de los organismos y la concentración de mercurio (Figura 1), pero se observa que la variabilidad de la concentración de mercurio en *S. lewini*, es más alta que *C. falsiformis*.

La especie *S. lewini* presentó una tendencia por arriba del LMP (84 %) de los organismos muestreados

durante la época de captura. Mientras que la especie *C. falsiformis* muestra una tendencia a presentar valores de concentración de mercurio debajo de los LMP en la temporada a.

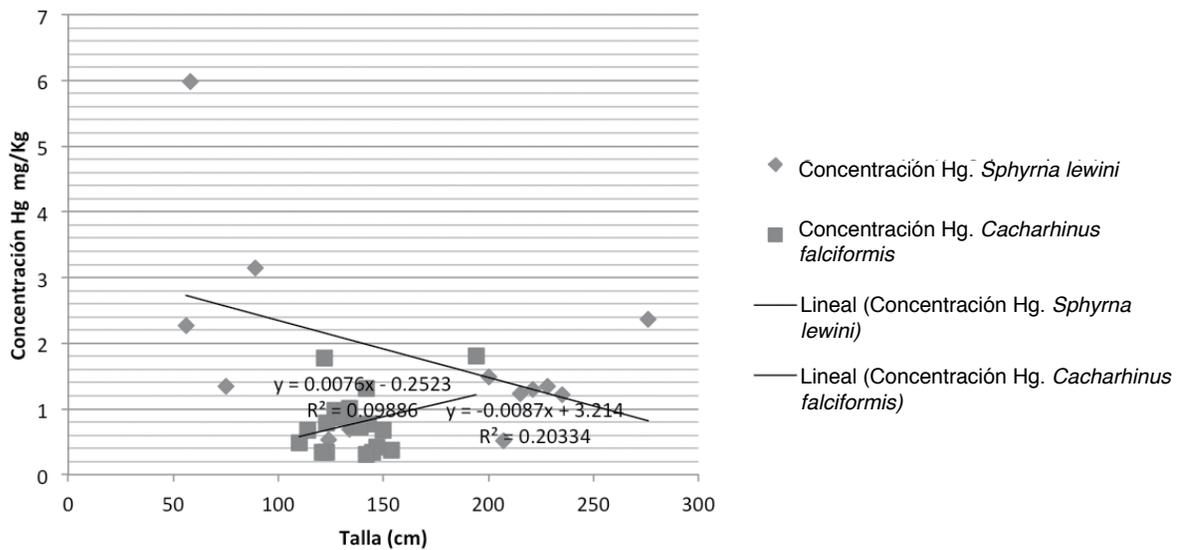


Figura 1. Distribución de la concentración de mercurio presente en *S. lewini* y *C. falsiformis* en función de la talla (longitud) de los organismos muestreados. *C. falsiformis* n = 20, *S. lewini* n = 13.

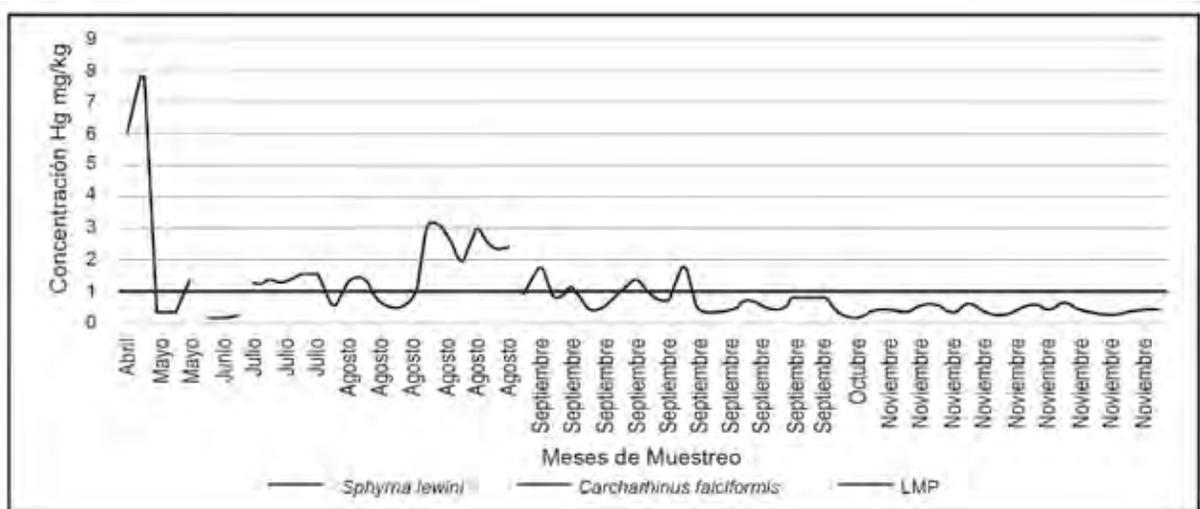


Figura 2. Comportamiento de la concentración de mercurio en los meses de muestreo. La especie *S. lewini*, tiene un comportamiento estacional, *C. falsiformis* no se muestreó en los meses de mayo-agosto.

## Discusión

De las 22 muestras analizadas, para la especie *S. lewini*, 16 (73%) presentaron concentraciones de mercurio arriba del LMP (1 mg/kg) (Tabla 2), con valores de  $1.94471 \pm 1.7958$  mg/kg, pero al determinar el IP ( $1.62685714 \times 10^{-4}$ ), se puede establecer que no existe un riesgo a la salud de los consumidores. Estudios realizados por Hurtado (2010), establecieron concentraciones con valores de  $0.82 \pm 0.33$  mg/kg de mercurio en juveniles de *S. lewini*. En otras especies cercanas a los tiburones como los batoideos, se reportan concentraciones de mercurio mucho más bajas en rangos que varían de 0.02 a 0.61 mg/kg de peso (Farrugia, Oliveira, Knue, & Seitz, 2015), así mismo *S. lewini* presenta las mayores concentraciones de monometilmercurio, tanto en aletas secas, como en sopa de aletas de tiburón, (Nalluri et al., 2014), lo cual reafirma que *S. lewini* es una especie del Pacífico de Guatemala con altos niveles de mercurio. Es importante considerar aquí que esta especie es fisoria y consume más invertebrados, en comparación con *C. falsiformis* que es una especie epipelágica que consume principalmente peces.

Con relación a la especie *C. falsiformis* se puede observar en la Tabla 2, que de 40 sub-muestras, el 91% no sobrepasa el LMP, con valores de  $0.527541 \pm 0.10702$  mg/kg, muestra que esta especie está menos contaminada de mercurio, siendo un buen indicador, ya que fue la especie que más se capturó durante el tiempo de la investigación y como consecuencia la que más se consume en el país. El IP ( $4.345714286 \times 10^{-5}$ ), para la especie también establece que no existe ningún riesgo de contaminación por mercurio para la salud de los consumidores potenciales, lo cual coincide con Escribá, Soto y García (2007), quienes reportan que los niveles de mercurio encontrados en muestras de carne de tiburón de las costas de Guatemala, son menores a las concentraciones presentadas por la FAO/WHO-EPA. De las concentraciones de mercurio encontradas, las de *C. falsiformis* son más bajas que las reportadas en tiburones azules *Prionace glauca* del sur oeste del Océano Índico, que reportan cantidades de mercurio de  $5.3 \pm 2.17$  mg/kg y en Baja California  $1.96 \pm 1.48$  mg/kg (Maz-Courrau et al., 2012).

Al observar las Figuras 1 y 2, se puede concluir que existe una diferencia en la frecuencia de concentración de mercurio en la carne de las dos especies, siendo significativamente mayor en *S. lewini*.

El patrón de distribución de la frecuencia de apareamiento de muestras contaminadas de mercurio en

*S. lewini*, en el tiempo muestra una tendencia irregular, mientras que la especie *C. falsiformis* presenta poca variabilidad en función del tiempo de captura y el 91 % de los datos, están debajo de LMP (Figura 2).

Los datos recabados de talla de los organismos de las dos especies estudiadas versus concentraciones de mercurio, se sometieron a la prueba de Spearman ( $\alpha$  0.05), indicando que no existe correlación entre las dos variables, lo cual se puede confirmar en la Figura 1.

La falta de correlación entre el tamaño de los organismos y la concentración de mercurio, es ratificada en investigaciones realizadas por Sánchez (2010).

## Agradecimientos

Este proyecto de investigación se llevó a cabo gracias al financiamiento proporcionado por la Dirección General de Investigación (Digi) de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Puirna No. 4.8.26.2.44). Agradecemos a los pescadores artesanales que nos apoyaron con la recolección de muestras y nos brindaron información que fue útil durante la ejecución del proyecto.

## Referencias

- Doadrio, A. L. (2004). Ecotoxicología y Acción toxicología de mercurio. *Anales de la Real Academia de Farmacia*, 70, 933-959.
- Escribá, C., Soto, M., & García, J. (2007). Cuantificación de mercurio (Hg), por la técnica de espectrometría de absorción atómica con celda de vapor frío (FIAS), en muestras de carne de tiburón provenientes de las Costas del Atlántico y Pacífico de la República de Guatemala (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Química y Farmacia, Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_2503.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2503.pdf).
- Farrugia, T., Oliveira, A., Knue, J., & Seitz, (2015). Nutritional content mercury and trace element analysis of two skate (Rajidae) species in the Gulf of Alaska. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 152-163. doi: 10.1016/j.jfca.2015.03.013
- Galván, F., Polo, C. J., Barrera, A. M., Escobar, O., & Torres, Y. E. (2014). Los Tiburones como bioindicador de contaminantes y cambios tróficos en

- los ecosistemas marinos. En C. A. González, A. Vallarino, J. C. Pérez & A. M. Low (Eds.), *Bio-indicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 375-396). México D. F.: El colegio de la frontera Sur e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Holmes, P., James, K. A., & Levy, L. S. (2009). Is low-level environmental mercury exposure of concern to human health? *Science of the Total Environment*, 408(2), 171-182. doi:10.1016/j.scitotenv.2009.09.043
- Hurtado, R. (2010). *Determinación de mercurio total en hígado y músculo de tiburones provenientes de las pesquerías de Sonora y Sinaloa, México* (Tesis de maestría). Universidad de Sonora, México. Recuperada de [http://www.posgradoenbiociencias.uson.mx/produccion/docs/Tesis\\_Rocio\\_Hurtado.pdf](http://www.posgradoenbiociencias.uson.mx/produccion/docs/Tesis_Rocio_Hurtado.pdf)
- Kiszka, J. J., Aubail, A., Hussey, N. E., Heithanus, M. R., Caurant, F., & Bustamante, P. (2015). Plasticity of trophic interactions among sharks from the oceanic south-western Indian Ocean revealed by stable isotope and mercury analyses. *Deep Sea Research Part I. Oceanographic Research Papers*, 96, 49-58. doi:10.1016/j.dsr.2014.11.006
- León, D. E., & Peñuela, G. A. (2011). Trascendencia del metilmercurio, en el ambiente, la alimentación y la salud humana. *Producción + Limpia*, 6(2), 108-116.
- Maz-Courrau, A., López-Vera, C., Galván-Magaña, F., Escobar-Sánchez, O., Rosiles-Martínez, R., & Sanjuán-Muñoz, A. (2012). Bioaccumulation and biomagnification of total mercury in four exploited shark species in the Baja California península, México. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 88(2), 129-134. doi:10.1007/s00128-011-0499-1
- Nalluri, D., Baumann, Z., Albercrombie, D. L., Chapman, D. D., Hammerschmidt, C. R., & Fisher, N. S. (2014). Methylmercury in dried shark fins and shark fin soup from American restaurants. *Science of the Total Environment*, 496, 644-648. doi:10.1016/j.scitotenv.2014.04.107
- Ruiz, C. L., & López, N. M. (1999). *Estudio sobre la pesquería de tiburón en Guatemala*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/003/x2097e/x2097E08.htm>
- Sánchez, O. (2010). *Bioacumulación y biomagnificación de mercurio y selenio en peces pelágicos, mayores de la costa occidental de Baja California Sur* (Tesis de doctorado). Instituto Politécnico Nacional, México. Recuperada de [www.repositoriodigital.ipn.mx](http://www.repositoriodigital.ipn.mx)
- United States Environmental Protection Agency. (1989). Risk Assessment Guidance for superfund Volume I. Human Health. Evaluation Manual (Part A) EPA/540/1-89/002. Washington, D.C.: Office of Emergency and Remedial Response.
- Velasco-González, O., Echavarría-Almeida, S., Pérez-López, M., & Villanueva-Fierro, I. (2001). Contenido de Mercurio y Arsénico en atún y sardinas enlatadas mexicanas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 17(1), 31-35.
- World Health Organization & International Programme on Chemical Safety. (1991). Inorganic mercury. En L. Friberg, Environmental Health Criteria 118. Geneva: Autor. Recuperado de [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/40626/1/IPCS\\_EHC\\_118.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/40626/1/IPCS_EHC_118.pdf)

## Contribución al conocimiento de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, Guatemala

Maura L. Quezada, Rosario Rodas-Duarte, Andrea A. Marroquín-Tintí

Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,  
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Recibido: 02 de enero 2016 / Revisión: 29 de marzo 2016 / 2da. Revisión: 19 de septiembre 2016 / Aceptado: 30 de octubre 2016  
Disponible en línea: 13 de marzo 2017

### Resumen

Las especies del género *Quercus* son de importancia ecológica y económica dentro de los bosques donde se desarrollan. Pueden encontrarse desde zonas cálidas y secas hasta selvas lluviosas. Estos bosques, también son reconocidos por presentar alto grado de endemismo y gran número de interacciones ecológicas. Sin embargo, en Guatemala las especies de encino han sido poco estudiadas y están fuertemente amenazadas; a pesar de poseer un alto potencial para aprovechamiento, manejo y uso en la restauración de ecosistemas. Este estudio se orientó hacia la actualización de la riqueza y distribución geográfica de las especies de encino para Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, a partir de la revisión de registros en herbarios nacionales, bases de datos en línea de herbarios extranjeros y colectas de campo. Se registraron 19 especies de encinos en Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, nueve especies más de las reportadas previamente, actualizándose los rangos de distribución departamental de 18 especies a excepción de *Quercus sapotifolia* Liebm. De las especies registradas, 16 se encuentran con algún grado de amenaza, según el Listado de Especies Amenazadas y listas rojas de UICN. También se identificaron vacíos de información acerca de la distribución de estas especies dentro de remanentes boscosos importantes en los departamentos evaluados. Se espera que a partir de este estudio se incrementen los esfuerzos por comprender la riqueza y distribución de las especies de encino para Guatemala.

Palabras claves: Robles, bosques, registros de herbario, conservación, diversidad biológica

### Abstract

*Quercus* species represent one of the genera with ecological and economic importance within the forests where they develop, since these can be found from warm and dry zones to rain forests. Oak forests also exhibit high endemism levels and a large number of ecological interactions. However, oak species in Guatemala have been briefly studied, although they represent a genus highly threatened and with a high potential for use, handling and ecosystem restoration. This study was oriented towards the actualization of richness and geographical distribution of the oak species in Alta Verapaz, Baja Verapaz and Peten from reviewing records in National Herbariums, online databases of foreign Herbariums and field collection. A total of 19 oak species in Alta Verapaz, Baja Verapaz and Peten were recorded, nine more species of those previously reported, updating the departmental distribution ranges of 18 species except *Quercus sapotifolia* Liebm. Of the species recorded, 16 were listed with some degree of threat according to the national List of Threatened Species and the IUCN Red List of Threatened Species. Our results evidenced that the oak species were located in important forest remnants in all of the departments evaluated. It is expected from this study to increase the efforts to understand the oak species richness and species distributions patterns for Guatemala.

Keywords: Oaks, forest, herbarium records, biodiversity, conservation



## Introducción

Los encinos o robles (*Quercus*: Fagaceae) son componentes estructurales de alta importancia en los bosques guatemaltecos. Se encuentran asociados a una alta variedad de ecosistemas, desarrollándose en bosques templados, tropicales y subtropicales, en matorrales y pastizales, y algunas especies pueden vivir a nivel del mar como *Quercus oleoides* Schltdl. & Cham. (Pérez-Ramos, Villar, & Marañón, 2014; Rzedowski, 1978; Valencia-A, 2004; Zavala-Chávez, 1998).

Los bosques de encinos suministran una variedad de servicios ecosistémicos: de abastecimiento (madera, leña, carbón, alimento para fauna silvestre, productos no maderables), de regulación (secuestro de carbono, mitigación al cambio climático, formación y protección del suelo, mejora de calidad de aire y agua) y culturales (recreativos, paisajísticos, de identidad cultural) (Marañón, Padilla, Pérez, & Villar, 2014; Moreno, 2006; Sosa-Ramírez, Moreno-Rico, Sánchez-Martínez, Siqueiros-Delgado, & Díaz-Núñez, 2011). Sin embargo, los bosques de encino están considerados como ecosistemas altamente amenazados por la sobreutilización para leña, la pérdida de hábitat, avance en la frontera agrícola, cambio de uso de suelo por la creciente urbanización, entre otros (Alianza para la conservación de bosques Pino-Encino, 2010; Gutiérrez, & Bárcenas, 2008; Zavala-Chávez, 1998).

Muller (1942) reportó 24 especies de encinos y dos subespecies para Guatemala; Standley y Steyermark (1952) registraron 26 especies y dos subespecies para el país; ambos estudios siguieron el tratamiento taxonómico propuesto por Nixon (2006): sección *Lobatae* (encinos rojos) y sección *Quercus s.s* (encinos blancos). Sin embargo, las especies de encino son poco conocidas, posiblemente por su taxonomía complicada y el desconocimiento de aspectos particulares de su distribución (Torres-Miranda, 2014; Zavala-Chávez, 1998). Para Guatemala, los encinos constituyen la fuente primaria de energía para la población (Melgar, 2003), por lo cual Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) en el 2009 considera a 22 de las 26 especies dentro de la lista de especies amenazadas.

Considerando lo anterior, el objetivo de este estudio se definió como actualizar el estado de la riqueza de especies y distribución geográfica de encinos para los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, con el fin que la información generada puede utilizarse en el desarrollo de herramientas para el manejo y la conservación de las especies, así como identificar los

vacíos de información y líneas de investigación futuras que permitan la comprensión de los patrones de diversidad de las especies de encino en Guatemala.

## Materiales y métodos

### Área de estudio

El estudio se realizó en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, considerados dentro de los más diversos de Guatemala, ya que poseen cinco de las 11 regiones fisiográficas, cinco de los siete biomas y siete de las 14 zonas de vida (Castañeda, 2008). También se eligieron estos departamentos debido a que el género *Quercus* se encuentra poco representado en las colecciones de los herbarios del país. Asimismo, se desconoce la distribución actual de las especies de encinos en los diferentes ecosistemas presentes en el norte del país.

### Recolección de datos

Los datos de los registros de las especies fueron recabados de varias fuentes que se detallan a continuación:

**Revisión de literatura.** Se revisaron publicaciones del género *Quercus* como floras, lista de especies, artículos, documentos técnicos y tesis de grado. Estos escritos proporcionaron datos de número de especies por departamento, sinonimias, datos de distribución, localidades, estado de conservación y uso tradicional de las especies (Balick, Nee, & Atha, 2000; Conap, 2009; García, 1998; Muller, 1942; Rodríguez-Correa, Oyama, MacGregor-Fors, & González-Rodríguez, 2015; Standley & Steyermark, 1952; Stevens, Ulloa, Pool, & Montiel, 2001; Torres-Miranda, 2014; Valencia, 2004; Valencia-A., Flores-Franco, & Jiménez-Ramírez, 2015; Vivero, Szejner, Gordon, & Magin, 2006).

**Revisión de material de herbarios nacionales.** Se revisaron las colecciones de referencia del género *Quercus* disponibles en los herbarios nacionales: Herbario de Biología de Guatemala (Bigu), Herbario de Agronomía de Guatemala (Aguat), Herbario de la Universidad del Valle (Uval) y Herbario de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USCG). Con los datos recabados en las colecciones de herbario se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo de los registros del

género *Quercus* para los departamentos de este estudio. Los especímenes que presentaban datos de localidad incompletos y sin coordenadas geográficas fueron georeferenciados.

**Revisión de bases de datos de herbarios extranjeros.** Se revisaron las bases de datos de herbarios extranjeros que están disponibles en línea. Las bases consultadas fueron: Global Biodiversity Information Facility (GBIF), Tropicos® del Herbario del Missouri Botanical Garden (MO), Muestras Neotropicales de Herbario del Field Museum of Natural History (F), Herbario del Royal Botanical Garden de Kew (K), Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Zentraleinrichtung der Freien Universität Berlin, Alemania (B), y Natural History Museum of United Kingdom (NHMUK). De las bases consultadas se extrajeron los siguientes datos por registro: especie, localidad de la colecta, coordenadas, altitud, fecha de colecta y colectores.

**Colecta de datos de campo.** En cada departamento se seleccionaron al menos 13 localidades para la colecta, las cuales se eligieron tomando en cuenta la existencia de remanentes boscosos, la accesibilidad al lugar y la autorización de los propietarios. Asimismo se dio preferencia a las áreas protegidas privadas y estatales para el estudio.

### Procesamiento de los datos

Las muestras colectadas fueron identificadas utilizando la *Flora of Guatemala* (Standley & Steyermark, 1952) y depositadas en el Herbario USCG del Centro de Estudios Conservacionistas, asignándoles un número de registro.

La información obtenida de los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén en los herbarios nacionales e internacionales, así como la de las colectas de campo, fue revisada y depurada por medio de la verificación de sinonimias y nombres actuales utilizando el sitio web *The Plant List* (2013) y publicaciones recientes (Balick et al., 2000; Rodríguez-Correa, 2015; Torres-Miranda, 2014; Valencia-A, 2004; Valencia-A, Flores-Franco, & Jiménez-Ramírez, 2015); obteniendo el listado actualizado de especies para estos departamentos. Esta información se integró con los datos obtenidos de la colecta y se elaboró una base de datos para los registros totales para estos departamentos, la cual incluye información de la especie, localidad de

la colecta, coordenadas geográficas, altitud, fecha de colecta y colectores. La distribución geográfica de las especies se comparó con la información proporcionada por Muller (1942) y Standley y Steyermark (1952); obteniéndose así la ampliación de distribución departamental por especie. Posteriormente se elaboraron mapas de distribución utilizando la base de datos generada por medio de la recolección de datos.

## Resultados

Se obtuvieron 225 registros de especies de encino para Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, los cuales corresponden a 19 especies (Figura 1), 11 de la sección *Lobatae* (encinos rojos) y nueve a la sección *Quercus* (Tabla 1). Se registra la ampliación de distribución geográfica de nueve especies de las 10 reportadas por Standley y Steyermark (1952) para estos departamentos (Tabla 1). De los registros, el 46% (103) corresponde a registros anteriores a 2015; 75 registros se encuentran en herbarios nacionales y 28 en base de datos de herbarios extranjeros disponibles en línea, mientras que el 54% (122) de los registros corresponde a las colectas realizadas durante 2015 (Figura 2). El mayor número de registros se localizó en el departamento de Baja Verapaz (106), seguido de Alta Verapaz (91) y en menor cantidad, el Petén (28) (Tabla 2).

Para Alta Verapaz se registraron 17 especies (Tabla 1; Figura 1), siendo el departamento con mayor riqueza en este estudio. De las especies registradas, 13 reportan ampliación de distribución geográfica según lo reportado por Standley y Steyermark (1952), siendo estas: *Quercus acutifolia* Née; *Q. benthamii* A. DC., *Q. candicans* Née, *Q. crassifolia* Bonpl., *Q. crispipilis* Trel., *Q. ocoteifolia* Liebm., *Q. seemannii* Liebm., *Quercus insignis* M. Martens & Galeotti, *Q. copeyensis* C.H.Mull., *Q. peduncularis* Née, *Q. polymorpha* Schltdl. & Cham., *Q. purulhana* Trel. y *Q. segoviensis* Liebm. De los registros reportados para este departamento, el 67% corresponden a las colectas realizadas durante 2015. Para Baja Verapaz se registran 14 especies (Tabla 1; Figura 1); de las cuales ocho reportan ampliación de distribución geográfica según lo reportado por Standley y Steyermark (1952), siendo estas: *Q. benthamii*, *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crispifolia*; *Q. crispipilis*, *Q. seemannii*, *Q. lancifolia* y *Q. oleoides*. Baja Verapaz, a su vez es el departamento que presenta el mayor porcentaje de registros (47%) distribuidos principalmente en el norte del departamento (Figura 1). Sin embargo, no se encontró registro para

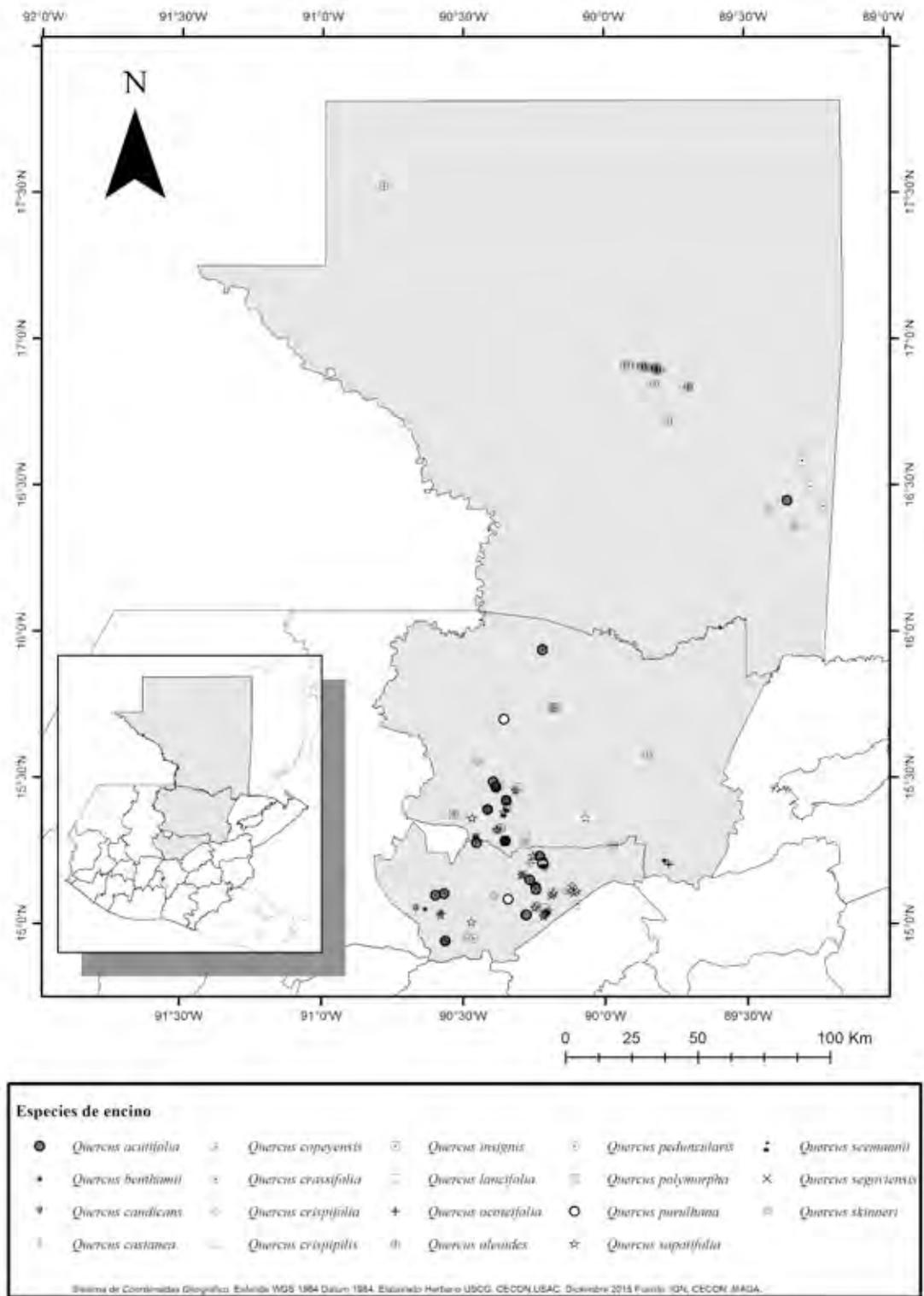


Figura 1. Mapa de los registros de las especies de encino recabados durante el estudio.

Tabla 1  
 Diversidad de encinos reportada hasta el momento en las bases de datos nacionales e internacionales para *Quercus* en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén

No.	Sección	Especie	Flora de Guatemala (1952)	Bases de Herbarios Internacionales						Herbarios nacionales			
				F	MO	B	NHMUK	USCG	Bigu	Aguat	Uval	Colecta 2015	
1		<i>Quercus acutifolia</i> Née	BV	AV	AV	AV	BV						AV, BV
2		<i>Quercus benthamii</i> A. DC.				AV			AV				AV
3		<i>Quercus candicans</i> Née					BV		BV				AV
4		<i>Quercus castanea</i> Née					BV						
5		<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.				AV							
6		<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	AV						AV				AV, BV, PET
7		<i>Quercus crispipilis</i> Trel.		AV			BV						
8		<i>Quercus ocoteifolia</i> Liebm.	BV						AV				AV
9		<i>Quercus seemanii</i> Liebm.					BV		BV				
10		<i>Quercus sapotifolia</i> Liebm.	AV, BV			BV	AV, BV		AV	BV			AV, BV
11		<i>Quercus skinneri</i> Benth.	AV, BV	AV		AV, BV			BV		BV		PET, AV
12		<i>Quercus insignis</i> M. Martens & Galeotti	PET				PET						AV, PET
13		<i>Quercus lancifolia</i> Schltdl. & Cham.	AV	AV	AV				BV				AV, BV, PET
14		<i>Quercus oleoides</i> Schltdl. & Cham	AV, PET		PET		BV, PET		AV		PET		AV, PET
15		<i>Quercus copeyensis</i> C.H.Mull.		AV									
16		<i>Quercus peduncularis</i> Née	BV	AV	AV		BV		BV				AV, BV
17		<i>Quercus polymorpha</i> Schltdl. & Cham.					AV						
18		<i>Quercus purulhana</i> Trel.	BV				BV		BV				
19		<i>Quercus segoviensis</i> Liebm.				AV			BV				AV, BV

Nota: F: Field Museum of Natural History, Chicago; MO: Missouri Botanical Garden; NHMUK: The Natural History Museum, Reino Unido; B: Botanischer Garten und Botanisches Museum Berlin-Dahlem, Zentraleinrichtung der Freien Universität Berlin, Alemania; Bases nacionales: USCG: Herbario Universidad de San Carlos de Guatemala, Cecon, Usac; Bigu: Herbario Biología Guatemala, Esc. Biología, Usac; Aguat: Herbario Ernesto Carrillo, Agronomía, Usac; Uval: Herbario Universidad del Valle, Guatemala. Departamentos: AV: Alta Verapaz; BV: Baja Verapaz; PET: Petén

Tabla 2  
Número de registros de especies de encino por departamento

No.	Sección	Nombre Aceptado	Alta Verapaz	Baja Verapaz	Petén
1		<i>Quercus acutifolia</i>	10	11	1
2		<i>Quercus benthamii</i>	4	7	-
3		<i>Quercus candicans</i>	1	5	-
4		<i>Quercus castanea</i>	-	1	-
5	<i>Lobatae</i>	<i>Quercus crassifolia</i>	1	-	-
6		<i>Quercus crispifolia</i>	16	9	1
7		<i>Quercus crispipilis</i>	1	1	-
8		<i>Quercus ocoteifolia</i>	1	-	-
9		<i>Quercus seemannii</i>	3	3	-
10		<i>Quercus sapotifolia</i>	13	30	-
11		<i>Quercus skinneri</i>	12	7	1
12	<i>Quercus s.s.</i>	<i>Quercus insignis</i>	2	-	3
13		<i>Quercus lancifolia</i>	10	6	-
14		<i>Quercus oleoides</i>	6	2	22
15		<i>Quercus copeyensis</i>	1	-	-
16		<i>Quercus peduncularis</i>	5	17	-
17		<i>Quercus polymorpha</i>	1	-	-
18		<i>Quercus purulhana</i>	2	4	-
19		<i>Quercus segoviensis</i>	2	3	-

ambos departamentos para *Q. insignis*. Por último, para el departamento de Petén se registran cinco especies de encino (Tabla 1; Figura 1), registrándose la ampliación de distribución departamental de *Q. acutifolia*, *Q. crispifolia* y *Q. skinneri*. De las especies citadas para Petén, *Q. oleoides* es la que presenta mayor número de registros con el 79% para este departamento. Petén es el que menos registros de referencia presentó (28), y en donde el 57% corresponde a las colectas realizadas en este estudio.

De los registros reportados, el 63% corresponde a cinco especies: *Q. sapotifolia* (43), *Q. crispifolia* (26), *Q. oleoides* (30), *Q. peduncularis* (22) y *Q. acutifolia* (22), tres de ellas registradas para los tres departamentos. En contraste, seis especies solamente presentan de uno a dos registros: *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crispipilis*, *Q. ocoteifolia*, *Q. copeyensis*, *Q. polymorpha* (Tabla 2).

## Discusión

Las especies de encino constituyen un componente estructural de los bosques en Guatemala y la principal fuente energética del país (Melgar, 2003). A pesar de ello, no existe suficiente información acerca de su riqueza y distribución. Esto se evidencia por la escasa exploración botánica del género en los departamentos estudiados, dado el bajo número de registros y por las ampliaciones de distribución reportadas (Tabla 1, Figura 1). Tal es el caso de los departamentos de Alta y Baja Verapaz, los cuales comparten 13 especies, 11 más de las citadas por Standley y Steyermark (1952). En el caso del departamento de Petén, se reportaron cinco especies, tres más de las registradas por Standley y Steyermark (1952). Sin embargo, para Belice se registran cuatro especies más, *Q. lancifolia*, *Q. elliptica*, *Q. purulhana* y *Q. sapotifolia* (Balick et al., 2000). Estas especies se encuentran reportadas para los departamen-

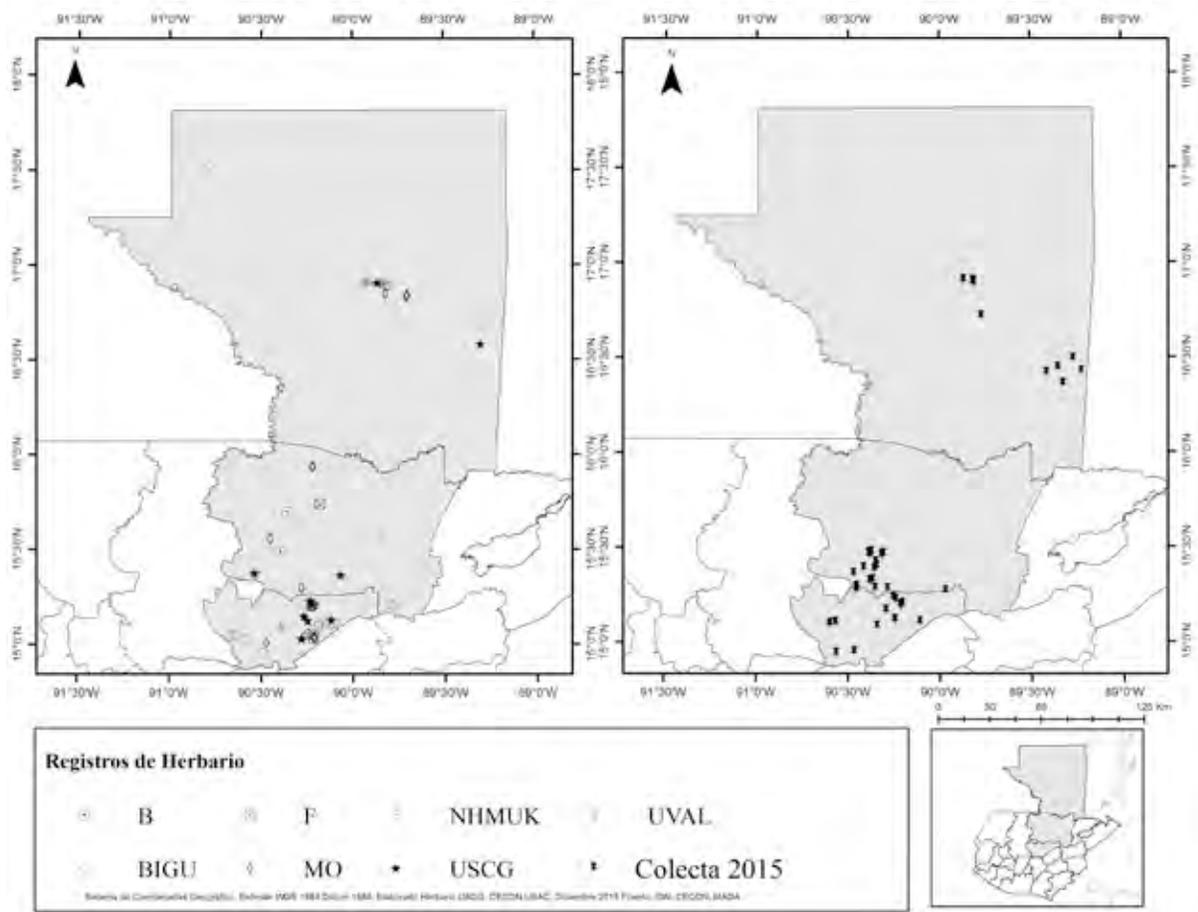


Figura 2. Mapa de los registros de encinos de los diferentes herbarios, A. Registros reportados antes del 2015 y B. Registros colectados durante el 2015.

tos de Alta y Baja Verapaz, por tanto, es posible localizarla en este departamento (Tabla 1, Figura 1). Cabe resaltar, que Nixon (2006) estima para el sureste de México alrededor de 40 especies de *Quercus*; algunos autores han estimado hasta 75 especies para esa región. Dado que Guatemala es considerado como un país con una diversidad semejante al sur de México (Convention on Biological Diversity [CBD], 2010), es posible que el número de especies de encinos para el país sea mayor al reportado por Standley y Steyermark (1952). Esto considerando los remanentes boscosos en donde aún no se registra el género, principalmente al norte de Alta Verapaz y el suroeste de Petén (Figura 3). Por otra parte, Rodríguez-Correa, (2015) reconoce al sistema montañoso de Guatemala como uno de los nueve centros de endemismo del neotrópico soportado por las

especies *Q. segoviensis*, *Q. skinneri* y *Q. purulhana* y considera la depresión Motagua-Polochic como una de las principales barreras de la distribución de encinos. En tal sentido, enriquecer el conocimiento de los patrones actuales de distribución de las especies de encino en Guatemala, permitirá aportar información acerca de las adaptaciones al clima y los requerimientos ecológicos para su desarrollo. Cabe resaltar que 11 de las especies reportadas corresponden a la sección *Lobatae* (encinos rojos), las cuales se caracterizan por su abundancia y restricción a zonas húmedas. Mientras que las especies de la sección *Quercus s.s.* (encinos blancos) pueden tolerar condiciones más secas y áridas, además de estar ampliamente distribuidas (González-Rivera, 1993; Nixon, 1993; Rodríguez-Correa et al., 2015; Torres-Miranda, 2014, Torres-Miranda, Luna-Vega, & Oyama,

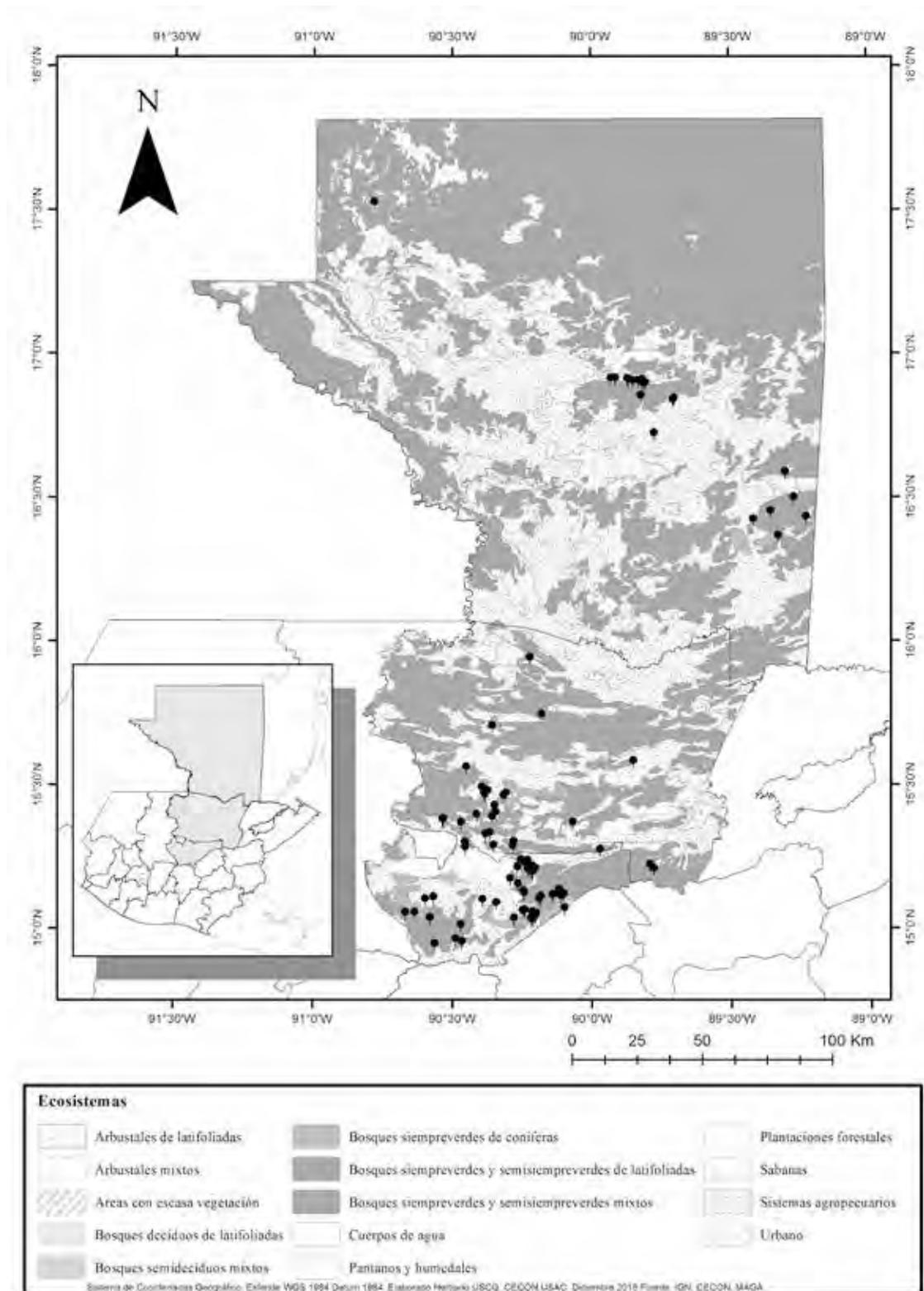


Figura 3. Distribución de las especies de encino por ecosistemas en Guatemala.

Tabla 3

Estado de conservación de las especies reportadas.

No.	Sección	Nombre Aceptado	ÍNDICE DE Conap	The Red List of Trees of Guatemala	The Red List of Mexican Cloud Forest Trees
1		<i>Quercus acutifolia</i>	3	-	-
2		<i>Quercus benthamii</i>	2	VU	EN
3		<i>Quercus candicans</i>	3	-	VU
4		<i>Quercus castanea</i>	3	-	-
5	<b>Lobatae</b>	<i>Quercus crassifolia</i>	3	-	-
6		<i>Quercus crispifolia</i>	2	NT	-
7		<i>Quercus crispipilis</i>	3	NT	VU
8		<i>Quercus ocoteifolia</i>	3	-	-
9		<i>Quercus seemannii</i>	-	-	-
10		<i>Quercus sapotifolia</i>	3	-	VU
11		<i>Quercus skinneri</i>	3	NT	CR
12		<i>Quercus insignis</i>	3	NT	CR
13		<i>Quercus lancifolia</i>	-	NT	EN
14	<b>Quercus s.s.</b>	<i>Quercus oleoides</i>	2	VU	-
15		<i>Quercus copeyensis</i>	2	-	-
16		<i>Quercus peduncularis</i>	3	-	-
17		<i>Quercus polymorpha</i>	3	VU	EN
18		<i>Quercus purulhana</i>	-	-	-
19		<i>Quercus segoviensis</i>	3	DD	VU

2011; Valencia-A, 2004; Zavala-Chávez, 1998). Por tanto, entender los patrones de distribución nos permitirá plantear hipótesis sobre los posibles efectos del cambio climático en ambos grupos de especies. Además, dada la evolución reciente del género, en donde la dispersión y diversificación en Mesoamérica ocurrió durante el Mioceno (Axelrod, 1983; Hooghiemstra, 2006; Manos & Standford 2001), las especies de este género pueden ser consideradas como indicadores de cambio climático, debido a su susceptibilidad a los cambios de clima y su historia evolutiva (Good, 1974; Herrera & Chaverri, 2006; Hooghiemstra, 2006; Sauer, 1988).

Además, la actualización del conocimiento de las especies de *Quercus*, aportará elementos necesarios para la evaluación del estado de conservación del género. En el caso de la *Lista de Especies Amenazadas* (LEA) (Conap, 2009), 16 especies reportadas en el presente

estudio se encuentran bajo algún grado de amenaza. El 75% de las especies están incluidas en la Categoría III (no se encuentran en peligro de extinción, pero podrían llegar a estarlo, si no se regula su aprovechamiento), y el 25% restantes en la Categoría II (especies con distribución restringida a un solo tipo de hábitat y el uso comercial debiera ser regulado a través de planes de manejo, para garantizar la sobrevivencia de la especie). *The Red List of Trees of Guatemala* (Vivero et al., 2006) presenta nueve especies con algún grado de un grado de amenaza. De la misma manera, *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees* (González-Espinosa, Meave, Lorea-Hernández, Ibarra-Manríquez, & Newton, 2011) incluye siete especies mencionadas en la lista nacional y otras dos especies no consideradas en la misma, que se distribuyen a través de estos departamentos (Tabla 3). A pesar que el 84% de las especies se encuentran bajo alguna amenaza

para su conservación, los pocos registros evidencian la falta de información de las estas especies para los departamentos estudiados y limita las acciones para la conservación y manejo de las especies de encino para esta región del país.

Se reconoce la importancia del género por su alto valor energético (Instituto Nacional de Bosques [Inab] & Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente [Iarna], 2012, 2014; Melgar, 2003), no obstante, actualmente no existe un listado de especies prioritarias y ni propuestas de manejo según los grados de amenaza que las especies presentan. Por otro lado, se debe resaltar que han existido esfuerzos importantes como la estrategia promovida por la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica (Martínez, Solano, & Corral, 2010) la cual presenta una serie de documentos orientados al manejo forestal de estos bosques. Sin embargo, estas iniciativas excluyen aquellas especies de encino que se desarrollan en otros ecosistemas más húmedos como las selvas y bosques nubosos.

Por último, se espera que el presente estudio sirva de soporte para incluir a estas especies como prioritarias para los incentivos propuestos dentro del Decreto Número 2-2015, “Ley de Fomento al Establecimiento, Recuperación, Restauración, Manejo, Producción y Protección de Bosques en Guatemala (Probosque)” Así como la revisión del estado de uso, manejo y conservación de las especies más utilizadas como fuente energética en el país.

### Agradecimientos

Esta investigación recibió cofinanciamiento de la Dirección General de Investigación de la Usac a través del Programa Universitario de Investigación en Ciencias Básicas (4.8.63.7.40-2015). Asimismo se agradece al personal de los Herbarios Aguat de la Facultad de Agronomía, Bigu de la Escuela de Biología, Uval de la Universidad del Valle por facilitar el acceso y revisión de los especímenes de encinos presentes en la colección de referencia; se agradece a Fredy Archila, Mayra Oliva (Cecon) y Juan José Romero (Petén, Cecon) por su apoyo para realizar las visitas a los departamentos. Al personal de Inab de Alta Verapaz, al personal de Fundemab en Baja Verapaz, a las Reservas del Corredor del Bosque Nuboso, Café La Aurora, Santa Cruz Verapaz, Café La Granja, Tactic A.V.; Conap- Poptún. Y a las siguientes personas que sin su apoyo y acompañamiento no hubiera sido posible las colectas Pedro Alí, Pablo

Caal, René Reyes, Cristobal Ruíz, Genaro Xol, Miguel A. Pítan, Juan F. López, Oswaldo Pérez, Gerber Duarte, Roberto Maas, Arturo Rosas, Geovany Guzmán, José G. Castellanos, Raúl Chun, Juan Bin, Orsana Trinidad, Izabel Trinidad, Mario Tot, Santiago Ixcal, Jose A. Lemus, Aldemar Godoy, Elvis Hernández, Bárbara Cumez, Rosa Sunum, Gerber Guzmán, Ricardo Gil, Marcela Sequén, María E. Papa, Lester González, Raúl Quezada, Carlos Gaitán, Jorge Aldana, Heidy Jimenez, Marco Denis, Pedro Rodriguez, Oswaldo Santizo, Gil Coy, Ulises López, Ludwin López, Mario Luna, Sergio Caal, Jorge Aycinena, Anselmo Caal, Oliverio Ortiz, Fernando del Valle, y Denisse Quezada.

### Referencias

- Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. (2008). Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria *Dendroica chrysoparia*. Guatemala: Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy. Recuperado de <http://www.alianzapinoencino.com/media/pdf/PLAN%20CONSERVACION%20bosques%20pino-encino.pdf>
- Axelrod, D. I. (1983). Biogeography of oaks in the Arcto-Tertiary province. *Annals of Missouri Botanical Garden*, 70(4), 629-657. doi: 10.2307/2398982
- Balick, M. J., Nee, M. H., & Atha, D. E. (2000). *Checklist of the vascular plants of Belize, with common names and uses*. Bronx, New York: New York Botanical Garden Press.
- Castañeda, C. (2008). Diversidad de ecosistemas en Guatemala. En C. Azurdia, F. García & M. Ríos (Eds.). *Guatemala y su biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (pp. 181-229). Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad. .
- Convention on Biological Diversity. (2010). Report of the tenth meeting of the conference of the parties to the convention on biological diversity. En tenth meeting of the *Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity*, Nagoya, Japan.

- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala*. Guatemala: Autor.
- García, B. L. (1998). *Estudio del dosel de la selva nublada del biotopo universitario para la conservación del quetzal*, Lic. Mario Dary Rivera (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Guatemala.
- González-Rivera, R. (1993). La diversidad de encinos mexicanos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 44, 125-142.
- González-Espinosa, M., Meave, J. A., Lorea-Hernández, F. G., Ibarra-Manríquez, G. & Newton, A. C. (Eds.). (2011). *The red list of Mexican cloud forest trees*. Cambridge, UK: Fauna and Flora International.
- Good, R. (1974). *The geography of the flowering plants* (4<sup>th</sup> ed.). Lincoln, Inglaterra: Longman.
- Gutiérrez, P., & Bárcenas, R. (2008). Catálogo de encinos (*Quercus* spp.) del Herbario de la UAQ, en el estado de Querétaro, México. En *Memorias del Programa de Verano de la Ciencia, 10º. Verano de la Ciencia de la Región Centro*. México: Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ciencias Naturales.
- Herrera, B., & Chaverri, A. (2006). Criteria and indicators for sustainable management of Central American Montane Oak Forests. En M. Kappelle (Ed.), *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests* (pp. 421-434). Berlin: Springer.
- Hooghiemstra, H. (2006). Immigration of oak into Northern South America: A paleo-ecological document. En *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 17-28). Berlin: Springer.
- Instituto Nacional de Bosques, & Instituto de Agricultura Recursos Naturales y Ambiente. (2012). *Primer informe nacional sobre el estado de los recursos genéticos forestales en Guatemala*. Guatemala: Autor. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i3825e/i3825e30.pdf>
- Instituto Nacional de Bosques. (2014). *Dinámica de crecimiento y productividad de 28 especies forestales en plantaciones en Guatemala* (Serie técnica DT-006(2015) Guatemala: Dirección de Desarrollo Forestal, Departamento de Investigación Forestal. Recuperado de <http://www.inab.gob.gt/Documentos/Investigacion/PPM/Din%C3%A1mica%20de%20Crecimiento%20y%20Productividad%20de%2028%20Especies%20en%20Plantaciones-VF.pdf>
- Manos, P. S., & Stanford, A. M. (2001). The historical biogeography of Fagaceae: Tracking the Tertiary history of temperate and subtropical forests of the northern hemisphere. *International Journal of Plant Science*, 162(S6), S77-S93. doi: 10.1086/323280
- Marañón, T., Padilla, C. M., Pérez, I. M., & Villar, R. (2014). Tendencias en la investigación sobre ecología y gestión de las especies de *Quercus*. *Ecosistemas*, 23(2), 124-129. doi:10.7818/ECOS.2014.23-2.16
- Martínez, D., Solano A., & Corral L. (2010). *Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de la Ecorregión Bosques Pino-Encino de Centroamérica*. Guatemala: Universidad del Valle de Guatemala.
- Melgar, W. (2003). Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala. Manuscrito inédito. En Documentos de Trabajo sobre Recursos Genéticos Forestales (Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Documento de Trabajo FGR/53S). Roma: Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación.
- Moreno, G. B. (2006). Economic Valuation of water supply as a key environmental service provided by Montane Oak Forest watershed areas in Costa Rica. En M. Kappelle (Ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 435-446). Berlin: Springer.
- Muller, C. H. (1942). *The Central American species of Quercus* (Miscellaneous, No. 477). Washington, D.C.: Department of Agricultura, Government Printing Office.
- Nixon, K.C. (1993). The genus *Quercus* in Mexico. En T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa (Eds.). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution* (pp. 447-458). Nueva York: Oxford University Press.

- Nixon, K. C. (2006). Global and neotropical distribution and diversity of oak (genus *Quercus*) and oak forests. En M. Kappelle (Ed.). *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 3-13). Berlin: Springer.
- Pérez-Ramos, I. M., Villar, R., & Marañón T. (2014). El fascinante mundo de los Quercus: Desde la biología molecular hasta la ecología de las comunidades. *Ecosistemas*, 23(2), 1-4. doi: 10.7818/ECOS.2014.23-2.01.
- Rodríguez-Correa, H. A. (2015). *Patrones de distribución y filogeografía de los encinos (Quercus: Fagaceae) en Mesoamérica y los Andes* (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Rodríguez-Correa, H., Oyama, K., MacGregor-Fors, I., & González-Rodríguez, A. (2015). How are oaks distributed in the neotropics? A perspective from species turnover, areas of endemism, and climatic niches. *International Journal of Plant Sciences*, 176(3), 222-231. doi: 10.1086/679904
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F.: Limusa.
- Sauer, J. D. (1988). *Plant migration: The dynamics of geographic patterning in seed plant species*. Berkeley: University of California Press.
- Sosa-Ramírez, J., Moreno-Rico, O., Sánchez-Martínez, G., Siqueiros-Delgado, M. E., & Díaz-Núñez, V. (2011). Ecología y fitosanidad de los encinos (*Quercus* spp.) en la Sierra Fría, Aguascalientes, México. *Madera y Bosques*, 17(3), 49-63.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1952). *Flora of Guatemala* (Fieldiana: Botany, Vol. 24, part. 3, pp. 369-396). Chicago, Illinois: Field Museum of Natural History.
- Stevens, W. D., Ulloa, C., Pool, A., & Montiel, O. M. (2001). *Flora de Nicaragua. Angiospermas (Fabaceae-Oxalidaceae)* (Vol. 85, Tomo 2). Missouri: Botanical Garden Press.
- The Plant List*. (2013). Version 1.1. Recuperado de <http://www.theplantlist.org/>
- Torres-Miranda, C. A. (2014). *Importancia de los ensamblajes de especies y de los procesos geológico-climáticos en la comprensión de los mecanismos de evolución de la sección Lobatae del género Quercus en América del Norte* (Tesis de doctorado). Universidad Autónoma de México, Morelia, Michoacán, México.
- Torres-Miranda, C. A., Luna-Vega, I., & Oyama, K. (2011). Conservation biogeography of red oaks (*Quercus*, section Lobatae) in Mexico and Central America. *American Journal of Botany*, 98(2), 290-305.
- Valencia-A, S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 33-53.
- Valencia-A, S., Flores-Franco, G., & Jiménez-Ramírez, J. (2015). A nomenclatural revision of *Quercus acutifolia*, *Q. conspersa* and *Q. grahamii* (Lobatae, Fagaceae). *Phytotaxa*, 218(3), 289-294.
- Vivero, J., Szejner, M., Gordon, J., & Magin, G. (2006). *The red list of trees of Guatemala*. United Kingdom: Fauna & Flora International, Cambridge.
- Zavala-Chávez, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*, 8, 47-64.

## Perfil epidemiológico del accidente ofídico en las tierras bajas 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.dennisguerra@gmail.com](mailto:msc.dennisguerra@gmail.com)

Recibido: 05 de septiembre 2015 / Revisión: 11 de agosto 2016 / Aceptado: 07 de noviembre 2016 / Disponible en línea: 13 de marzo 2017

### Resumen

Se describe el perfil epidemiológico del accidente ofídico en las tierras bajas de Guatemala a partir del análisis de 305 expedientes de casos atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013. De los 305 casos, 169 correspondieron al Hospital Regional de Escuintla y 136 al Hospital Regional de San Benito Petén. Los casos del Hospital Regional de Escuintla correspondieron a pacientes provenientes de los departamentos de Escuintla, Santa Rosa, Chimaltenango, Retalhuleu, Suchitepéquez, Sacatepéquez, Sololá y Guatemala. Los casos del Hospital Regional de San Benito Petén correspondieron a pacientes provenientes del área centro y norte de Petén, y algunos referidos del área sur. La edad media de la víctima fue 25.2 años. La enfermedad afectó más a hombres (61.3%) que a mujeres (38.7%). La mayoría de los afectados (28.3%) eran agricultores. Las especies de serpiente que se consignaron en los expedientes con mayor frecuencia fueron *Bothrops asper* (serpiente barba amarilla) en la región norte y *Crotalus simus* (serpiente cascabel) en la región sur. La mayoría de las mordeduras ocurrieron en los miembros inferiores. Los eventos de mordedura ocurrieron durante el día y durante la noche en proporciones similares. El tiempo medio que tarda la víctima en llegar al hospital fue de 5.6 horas. Se describen también otros aspectos epidemiológicos y se discuten las implicaciones ecológicas y sociales de los datos generados.

Palabras claves: Envenenamiento por serpiente, ofidismo, mordedura de serpiente, enfermedad ocupacional

### Abstract

The epidemiological profile of snakebite envenomation in the lowlands of Guatemala is described. The data were generated from the analysis of 305 snakebite envenomation cases treated at Regional Hospitals in Escuintla and San Benito, Petén between years 2008 and 2013. The cases treated at the Regional Hospital of Escuintla occurred in the southern lowlands whereas the cases treated at the Regional Hospital of San Benito Petén occurred in the northern lowlands of Guatemala. The average age of the victim was 25.2 years. Envenomation frequencies were higher for men (61.3%) than for women (38.7%). Farmer was the most involved occupation (28.3%). *Bothrops asper* (the fer-de-lance snake) was recorded as the main causative of envenomation in the northern lowlands whereas *Crotalus simus* (the tropical rattlesnake) was the main causative species in the southern lowlands. Most snake bites occurred in the lower limbs of the victim. Envenomation occurred in similar proportions at day or at night. The elapsed time between the envenomation event and the arrival of the victim to the hospital was 5.6 hours. Other epidemiological aspects are also addressed and the ecological and social implications of the data are discussed.

Keywords: Epidemiology, snake, occupational disease, ophidism, ecology



## Introducción

La atención de casos de accidente ofídico es una situación cotidiana para los servicios de salud en muchas partes de África, Asia y Latinoamérica (Williams et al., 2010). Se calcula que anualmente, a nivel mundial, más de cinco millones de personas son mordidas por serpientes (Chippaux, 1998). Por su parte, Kasturiratne y colaboradores (2008), estiman que ocurren anualmente, por lo menos 421,000 envenenamientos y 20,000 muertes, aunque debido a que no todos los casos son reportados, las cifras reales podrían ascender a 1,841,000 envenenamientos y 94,000 muertes.

En los países afectados, la interacción frecuente entre los humanos y las serpientes genera una alta incidencia de casos. La mortalidad podría alcanzar niveles importantes cuando las víctimas no tienen acceso a servicios adecuados de salud o cuando la disponibilidad de suero antiofídico (el único tratamiento específico) es insuficiente (World Health Organization [WHO], 2007). No es raro que algunos de los sobrevivientes del envenenamiento por mordedura de serpiente, sufran secuelas permanentes derivadas de los daños que los venenos causan a los tejidos (Warrell, 2010). Las posibles secuelas de esta enfermedad abarcan la pérdida de miembros, el daño a los riñones y otros tejidos, la incapacidad física y laboral y el impacto social sobre la persona, su familia y su comunidad (WHO, 2007).

Kasturiratne y colaboradores (2008), consideran que el impacto económico generado por el accidente ofídico es importante, no solo por los gastos directos en concepto de atención médica y aplicación de sueros antiofídicos, sino por los efectos posteriores sobre la productividad, considerando el hecho que la mayoría de las víctimas son personas jóvenes.

A pesar de su relevancia y de su impacto social, este problema de salud pública no ha recibido la suficiente atención de parte de los gobiernos y las agencias locales e internacionales de salud. De tal cuenta, a partir del año 2009, la Organización Mundial de la Salud ha colocado al accidente ofídico en la lista de enfermedades tropicales desatendidas (WHO, 2010) y ha instado a todos los países miembro, a tomar las medidas necesarias para reducir su incidencia y efectos sociales.

En cuanto al ámbito de Guatemala, se han publicado algunos datos epidemiológicos (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 2009) y la estimación de la incidencia anual de casos (Gutiérrez, 2014). Sin embargo, no se han realizado estudios que aporten información epidemiológica sobre la situación y for-

ma en que ocurre el accidente ofídico, sobre todo, en las tierras bajas (Petén, Izabal, norte de Alta Verapaz y costa sur de Guatemala), que es donde se distribuye la mayoría de las especies de serpientes venenosas del país (Guerra, Fuentes, & Morán, 2012).

El objetivo del presente estudio fue generar información sobre el perfil epidemiológico del accidente ofídico en Guatemala, con énfasis en las tierras bajas, es decir, la llanura costera del Pacífico, las tierras bajas de Petén y las tierras bajas del Caribe (Castañeda, 2008).

## Materiales y métodos

Se realizó una investigación descriptiva, retrospectiva, partiendo del análisis de 305 expedientes hospitalarios de casos de accidente ofídico.

### Fuentes de información y registro de datos

Se seleccionaron los dos hospitales regionales de referencia que atienden la mayoría de casos de accidente ofídico procedentes de las tierras bajas del norte y de las tierras bajas del sur de Guatemala. Estos hospitales fueron el Hospital Regional de Escuintla (HRE) y el Hospital Regional de San Benito, Petén (HRSBP). Se analizaron 305 expedientes hospitalarios de casos de accidente ofídico correspondientes al período de 2008 a 2013. Ciento sesenta y nueve de los 305 expedientes correspondieron al HRE y 136 al HRSBP. Los casos registrados en los expedientes del HRE correspondieron a pacientes provenientes de los departamentos de Escuintla, Santa Rosa, Chimaltenango, Retalhuleu, Suchitupéquez, Sacatepéquez, Sololá y Guatemala. Los casos de los expedientes del HRSBP correspondieron a pacientes provenientes del área centro y norte de Petén, y algunos referidos del área sur.

De cada expediente, se registraron aspectos relacionados con la edad, sexo y ocupación de la víctima, las condiciones en que ocurre el accidente, la especie de serpiente involucrada, la parte del cuerpo en la que fue inculado el veneno, el período del día en que ocurrió el accidente, el tiempo transcurrido entre el accidente y el arribo al hospital y las combinaciones de estas variables.

### Análisis estadístico

Las variables del perfil epidemiológico del accidente ofídico fueron tabuladas, ordenadas, resumidas y presentadas mediante estadística descriptiva. Las in-

ferencias fueron desarrolladas a través de pruebas de análisis de frecuencias de  $\chi^2$  y comparación de medias (prueba de  $t$  de student). La estadística descriptiva y las pruebas de estadística inferencial fueron realizadas utilizando el *software* de libre acceso PSPP versión 0.8.4. El valor de alfa para las pruebas inferenciales fue de 5%.

## Resultados

### Edad de la víctima

La edad media de la víctima de accidente ofídico fue de 25.2 años ( $S=18.35$ ). El grupo de edad más afectado fue el de 11 a 20 años seguido por los grupos de 1 a 10 años y de 21 a 29 años (Figura 1). No se encontró diferencia significativa con respecto a la distribución de edades de las víctimas de accidente ofídico en ambas regiones ( $\chi^2=6.36$ ,  $gl=8$ ,  $p=.61$ ).

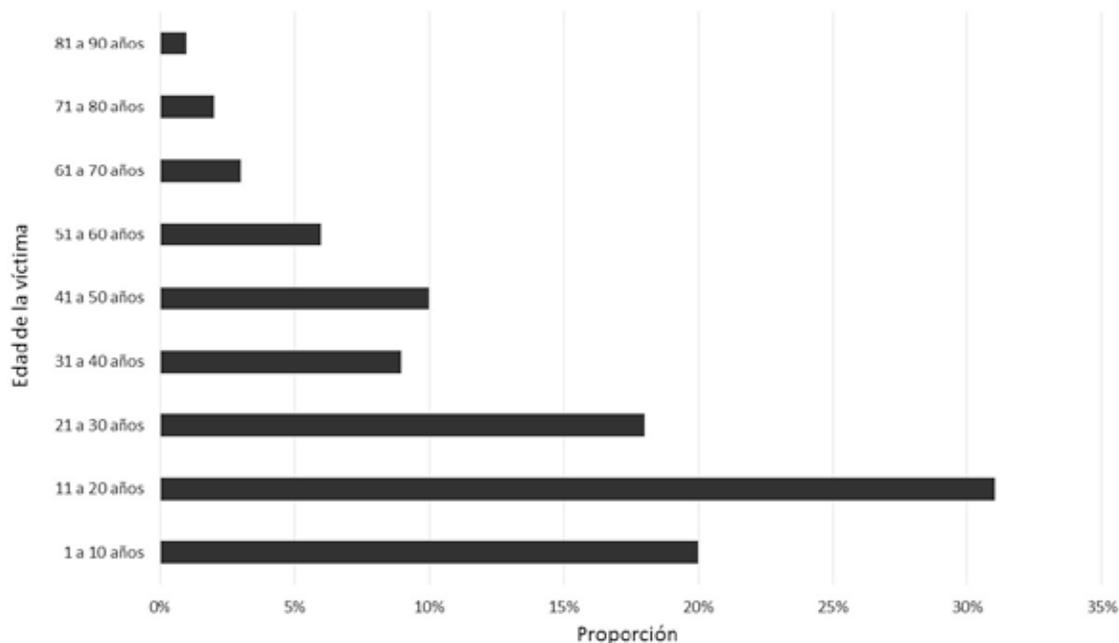


Figura 1. Proporción de accidentes ofídicos atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013 según el grupo de edad de la víctima.

### Sexo de la víctima

Ciento ochenta y siete de los 305 casos de accidente ofídico (61.31%) correspondieron a personas de sexo masculino y 118 (38.69%) correspondieron a personas de sexo femenino. El sexo no estuvo asociado a la región del país donde se atendió el caso ( $\chi^2=0.01$ ,  $p=0.93$ ). En la Tabla 1 se muestra la distribución de casos según el sitio de atención y según el sexo de la víctima. La proporción aproximada de sexos fue de 6:4. Por lo tanto, la probabilidad de sufrir un accidente ofídico fue 1.5 veces mayor para hombres que para mujeres.

### Ocupación de la víctima

La ocupación de la víctima fue consignada en 138 de los 305 expedientes examinados; 130 correspondieron al HRE y ocho al HRSBP. La frecuencia de las ocupaciones referidas en los expedientes de ambos hospitales fue desigual ( $\chi^2=21.56$ ,  $p<.01$ ). La distribución de los casos según el sitio de atención y según la ocupación, se muestra en la Tabla 2.

Tabla 1

*Proporción de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según el sexo de la víctima, a partir de una muestra de 305 expedientes*

Sitio de atención de los casos	Sexo de la víctima		Total
	Masculino	Femenino	
Hospital Regional de Escuintla	104	65	169
Hospital Regional de San Benito, Petén	83	53	136
Total	187	118	305

Tabla 2

*Frecuencia de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según la ocupación de la víctima consignada en una muestra de 305 expedientes*

Sitio de atención de los casos	Ocupación de la víctima								Total
	Agricultor /colector	Jornalero	Albañil	Estudiante	Ama de casa	Oficios domésticos	Infante	Leñador	
Hospital Regional de Escuintla	31	14	5	40	14	17	8	1	130
Hospital Regional de San Benito, Petén	8	0	0	0	0	0	0	0	8
Total	39	14	5	40	14	17	8	1	138

*Nota.* El dato de ocupación de la víctima no estaba consignado en todos los expedientes examinados.

Tabla 3

*Distribución de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según las condiciones de ocurrencia referidas por las víctimas, a partir de una muestra de 305 expedientes*

Condiciones de ocurrencia	Frecuencia	Porcentaje
Agricultura/colecta/limpia de terrenos.	29	32.22
En casa (durmiendo, al levantarse a tomar agua u orinar).	25	27.78
Caminando (en el campo, caminos o brechas).	14	15.56
Actividad en cuerpos de agua (ríos, lagunas, pozas, balnearios).	12	13.33
Actividad relacionada con leña.	8	8.89
Albañilería.	2	2.22
Total	90	100.00

### Condiciones en que ocurre el accidente

En 90 de los 305 expedientes examinados se consignaba información sobre las condiciones en las que ocurrió el accidente ofídico (la mayoría del HRE). Según lo anotado en los expedientes, los accidentes ocurrieron principalmente mientras la víctima se encontraba realizando actividad agrícola. Sin embargo, el número de accidentes que ocurrieron mientras la víctima estaba en casa no fue mucho menor. La frecuencia de accidentes según las condiciones en que ocurrieron se muestra en la [Tabla 3](#).

En 63 de los expedientes examinados, se consignaba información tanto de la ocupación de la víctima como de las condiciones en las que ocurrió el accidente. Esto permitió examinar la relación entre la ocupación de la víctima y la actividad que se encontraba realizando cuando fue mordida por la serpiente ([Tabla 4](#)).

### Especie de serpiente consignada en el expediente, como causante del accidente

En ninguno de los 305 expedientes examinados se evidencia la confirmación de la especie de serpiente por un experto, a pesar de que muchas víctimas portan la serpiente al hospital. En los expedientes se anota la especie que refiere el paciente (escrita como nombre común) o lo que señala el médico tratante. Sin embargo, aunque sin confirmación, la especie de serpiente fue consignada en 106 de los 305 expedientes examinados. De estos, 45 correspondieron al HRE y 61 al HRSBP. Se observó una asociación entre la especie de serpiente y la región donde se atendió el caso ( $\chi^2 = 69.42$ ,  $p < .01$ ). La distribución de las especies consignadas en los expedientes se muestra en la [Tabla 5](#).

Tabla 4

*Frecuencias de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según las condiciones en que ocurrió el accidente y la ocupación de la víctima, a partir de una muestra de 305 expedientes*

Condiciones en que ocurrió el accidente	Ocupación de la víctima consignada en el expediente							Total
	Agricultor /colector	Jornalero	Albañil	Estudiante	Ama de casa	Empleada doméstica	Infante	
Agricultura / colecta /limpia de terrenos	10	6	0	7	0	3	0	26
Actividad relacionada con leña	2	0	0	0	2	1	0	5
Actividad en cuerpos de agua	0	0	0	5	1	1	2	9
En la casa	1	0	0	7	3	0	2	13
Caminando	3	0	0	3	1	1	0	8
Albañilería	0	0	2	0	0	0	0	2
Total	16	6	2	22	7	6	4	63

*Nota.* Los datos de ocupación de la víctima y de las condiciones en que ocurrió el accidente no estaban consignados de manera simultánea en todos los expedientes examinados.

Tabla 5

Frecuencia de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según la especie de serpiente consignada en el expediente, a partir de una muestra de 305 expedientes

Sitio de atención	Especie de serpiente referida por la víctima						Total
	Barba amarilla	Cascabel	Cantil	Devanador	Coral	Frijolillo	
Hospital Regional de Escuintla	6	13	18	0	6	2	45
Hospital Regional de San Benito, Petén	54	2	1	3	1	0	61
Total	60	15	10	3	7	2	106

### Parte del cuerpo en que ocurre la mordedura

El sitio anatómico donde la serpiente mordió a la víctima fue consignado en 276 (90%) de los 305 expedientes examinados y no estuvo asociado la región del país donde se atendieron los casos ( $\chi^2 = 3.88$ ,  $p = .27$ ). La distribución de casos por sitio anatómico se muestra en la [Tabla 6](#).

### Ocurrencia diurna y nocturna de los accidentes ofídicos

Los accidentes ocurrieron durante el día y durante la noche, sin diferencias entre las tierras bajas del norte y las del sur ( $\chi^2 = .05$ ,  $p = .82$ ). En la [Tabla 7](#), se muestra la distribución de los casos en las dos regiones estudiadas, según el período del día.

### Tiempo que transcurrió desde el momento del accidente ofídico hasta que la víctima llega al hospital

El tiempo medio que transcurrió entre el momento del accidente ofídico y el arribo de la víctima al hospital, fue de 5.57 horas ( $S = 9.22$ ). No se observó diferencia significativa entre el tiempo de evolución de los casos atendidos en el HRE y los atendidos en el HRSBP ( $t = -1.60$ ,  $p = .11$ ). El tiempo transcurrido estuvo asociado con la región en el que se atendieron los casos ( $\chi^2 = 5.20$ ,  $p = .27$ ). La distribución de los tiempos transcurridos consignados en los expedientes estudiados se muestra en la [Tabla 8](#).

Tabla 6.

Frecuencia de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según la región anatómica de inoculación de la mordedura, a partir de una muestra de 305 expedientes

Lugar de atención del caso	Sitio anatómico de la mordedura				Total
	Miembros inferiores	Miembros superiores	Tronco	Cabeza	
Hospital Regional de Escuintla	99	48	0	3	150
Hospital Regional de San Benito, Petén	87	38	1	0	126
Total	186	86	1	3	276

Nota: Miembros superiores = Brazos y manos, miembros inferiores = piernas y pies.

Tabla 7

*Frecuencia de casos de accidente ofídico atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según el periodo del día en que ocurrió el accidente, a partir de una muestra de 305 expedientes*

Hospital donde se atendieron los casos	Período en que ocurrió el accidente		Total
	Durante el día	Durante la noche	
Hospital Regional de Escuintla	20	17	37
Hospital Regional de San Benito, Petén	5	5	10
Total	25	22	47

Tabla 8

*Distribución de accidentes ofídicos atendidos en los hospitales regionales de Escuintla y San Benito, Petén, entre 2008 y 2013, según el tiempo de evolución desde el accidente hasta la llegada de la víctima al hospital, a partir de una muestra de 305 expedientes*

Sitio de atención	Tiempo transcurrido entre el momento del accidente y la llegada de la víctima al hospital					Total
	1 – 3 hr	4 – 6 hr	7 – 15 hr	16 – 24 hr	25 – 96 hr	
Hospital Regional de Escuintla	43	24	8	2	0	77
Hospital Regional de San Benito, Petén	50	22	15	5	3	95
Total	93	46	23	7	3	172

## Discusión

En síntesis, la víctima de accidente ofídico en las tierras bajas de Guatemala es un estudiante o agricultor de 25 años promedio, de cualquier sexo. Si se trata del hombre, es afectado principalmente cuando realiza prácticas de agricultura y en el caso de la mujer, también en prácticas agrícolas, realización de oficios de empleada doméstica o mientras está en su casa. El accidente puede ocurrir de día o de noche, y a la víctima le toma en promedio cinco horas y media llegar al hospital para su evaluación y tratamiento.

Los datos de edad de la víctima generados en el presente estudio, son concordantes con los de otros estudios epidemiológicos, realizados a principios de 1990 en los departamentos de Chimaltenango, El Progreso, Izabal, Guatemala, Huehuetenango, Sacatepéquez y Santa Rosa (Barahona, 1993; García, 1993; González, 1994; López, 1993; Maltez, 1994; Muralles, 1993). El contacto entre humanos y serpientes, se explica por el

rol social que cumplen las personas en el segmento menor a 30 años. En Guatemala, el 84.2% de los adolescentes de 15 años participan en labores agrícolas (Alcazar, Rendón, & Wachtenheim, 2001), aun siendo estudiantes. También es común que los niños, acompañen a sus padres durante la época de cosechas agrícolas (Van den Berge, Baas, Ensing, & Quiroz, 2008). Además de ser más activos, los jóvenes –y sobre todo los niños–, pueden ser menos precavidos y más curiosos que los adultos, con respecto a las serpientes.

En el ámbito de Guatemala, el sexo masculino ha sido consistentemente señalado como el más afectado por el accidente ofídico (Barahona, 1993; García, 1993; González, 1994; López, 1993; Maltez, 1994; Muralles, 1993; OPS, 2009; Velásquez, 1993; Yee, Vargas & Hernández, 2012). El presente estudio es consistente con los hallazgos previos por lo que se puede inferir, de manera inductiva, que el sexo masculino está más expuesto al riesgo de accidente ofídico que el femenino. Por otro lado, la función social del ama de casa también

supone riesgo de accidente ofídico por el ingreso de las serpientes a las casas de los campesinos.

Este mayor riesgo de sufrir un accidente ofídico es un determinante social de salud para los hombres que trabajan en la agricultura, en la colecta de productos vegetales como xate, chicle, pimienta, cardamomo, café o caña de azúcar, o que son cazadores o pescadores y que deben exponerse cotidianamente a las serpientes terrestres y a las arborícolas para llevar el sustento a su hogar.

El hecho de que la mayoría de víctimas de accidente ofídico en el presente estudio hayan sido estudiantes es interesante desde el punto de vista epidemiológico. En estudios previos realizados en Guatemala y Centroamérica, se ha reportado a la agricultura como la ocupación de la mayoría de afectados (García, 1993; González, 1994; Gutiérrez, 2010; López, 1993; Maltez, 1994; Muralles, 1993; OPS, 2009; Velásquez, 1993). Podría pensarse *a priori* que estudiar es una ocupación de riesgo para el accidente ofídico. Sin embargo, las víctimas clasificadas bajo esa categoría, no sufrieron el accidente mientras estudiaban. Al examinar la Tabla 4, vemos que alrededor de la tercera parte de los estudiantes afectados (incluyendo las de sexo femenino) se encontraban realizando labores agrícolas, otra tercera parte estaban en su casa, una quinta parte se encontraban en un cuerpo de agua y cerca de una décima parte simplemente caminaban. En un sentido pragmático epidemiológico, quizás no haya que hacer una distinción entre la ocupación “agricultor” y la ocupación “estudiante”. Las labores agrícolas son tan importantes para los campesinos, que en los países cuya economía se basa en la producción agrícola, el ciclo escolar está programado de tal forma que permita la participación de los estudiantes en las tareas agrícolas –el denominado ciclo escolar agrícola– (Morales, 2012).

La información sobre la ocupación de las víctimas de accidente ofídico es importante en epidemiología social pues permite enfocar las intervenciones que están dirigidas a la prevención de la enfermedad. Sin embargo, los datos consignados en los expedientes hospitalarios suelen ser incompletos. En ocasiones, ni siquiera se consigna la ocupación en los expedientes de los pacientes. En el HRSBP, por ejemplo, es raro que se consigne este dato. Solamente en ocho de los 136 casos examinados en ese hospital, se consignó la ocupación de la víctima. Este aparente descuido o desatención de consignar este importante dato, puede tener implicaciones en el estudio de los determinantes sociales que contribuyen a las inequidades en salud en el

Departamento de Petén. En contraposición, en el HRE, se consignó la ocupación en 130 de 169 expedientes.

Por otro lado, las frecuencias de accidentes ofídicos durante actividades agrícolas o mientras se está en una casa fueron similares. Esto significa que, al menos dentro del contexto de la presente investigación, los esfuerzos de prevención, preparación y mitigación de la vulnerabilidad, deben dirigirse no solamente a los agricultores y jornaleros sino a las amas de casa. El tema del riesgo de accidente ofídico doméstico por el ingreso de las serpientes a las casas debería ser incorporado a la discusión de los programas de prevención de accidente ofídico ya que los esfuerzos se han dirigido tradicionalmente a la recomendación del uso de botas y guantes cuando se realizan labores de agricultura o colecta de plantas (OPS, 2009).

En Petén, Alta Verapaz y Escuintla –los departamentos más afectados por el accidente ofídico–, entre el 70 y el 96% de la población económicamente activa se dedica a la agricultura (Bouroncle et al., 2014). Esto significa que la mayoría de los habitantes de esos departamentos se encuentran en riesgo de accidente ofídico, lo que explica las altas prevalencias en comparación con otros lugares de Guatemala donde las condiciones sociales, económicas y ecológicas son diferentes.

Es importante considerar que las víctimas de accidente ofídico en Guatemala son, en su mayoría, campesinos que no manejan el conocimiento científico sino el conocimiento popular. Por lo tanto, suelen referirse a las especies de serpientes por sus nombres vernáculos. Por su poca especificidad, los nombres vernáculos tienen limitada utilidad en la investigación científica biológica. También es probable que la persona no tenga la competencia para poder discernir entre dos o más especies que comparten rasgos fenotípicos o que no pueda identificar las especies. Eso explicaría por qué 199 de los 305 expedientes de casos examinados no consignan la identificación de la especie de serpiente por la víctima.

En Guatemala, un nombre vernáculo puede usarse para designar a varias especies de serpientes (Guerra et al., 2012). Por ejemplo, el nombre *cantil* se aplica aculebras de hábitos acuáticos y a víboras terrestres. En un estudio realizado en el departamento de Chimaltenango, el 40% de las víctimas de accidente ofídico refirieron haber sido mordidos por un cantil (Barahona, 1993). En las tierras altas o altiplano de Guatemala (Castañeda, 2008) no se distribuyen los cantiles propiamente dichos (*Agkistrodon bilineatus* y *A. russeolus*) sino los llamados cantiles de tierra fría (*Cerrophidion godmani*)

(Guerra et al., 2012). El uso de nombres vernáculos en los reportes o expedientes hospitalarios puede complicar las interpretaciones epidemiológicas o confundir a los lectores no versados en los temas de la taxonomía y distribución geográfica de las especies de serpientes de Guatemala.

Los accidentes ofídicos supuestamente causados por serpientes corales son casos interesantes para análisis. Todo cuadro clínico generado por serpientes coral se considera grave pues estas serpientes inoculan venenos neurotóxicos cuyos efectos son diferentes a los de las víboras (Gutiérrez, 2010). Sin el tratamiento específico con sueros antiofídicos antielapídicos (anti coral), la víctima está en riesgo grave de morir a causa de parálisis respiratoria (Gutiérrez, 2010). Algunos casos analizados en la presente investigación fueron consignados como causados por serpientes coral. Sin embargo, se resolvieron aplicando sueros antiofídicos polivalentes (contra envenenamientos por víboras). Lo más probable, dada la especificidad de los antidotos, es que no se haya tratado de accidentes por corales sino por víboras.

La hipótesis de la posibilidad de una mala identificación de la especie de serpiente por parte del campesino víctima de accidente ofídico se vuelve entonces plausible. En una investigación en la que se mostraron cartillas con imágenes de serpientes, los participantes, que eran exc cazadores, cometieron errores de identificación de especies (Guerra-Centeno, Morán-Villatoro, Fuentes-Rousselin, Meoño-Sánchez, & Valdez-Sandoval, 2014).

La víbora *Bothrops asper* (conocida como serpiente barba amarilla) es causante de la mayoría de accidentes ofídicos en Centroamérica (Gutiérrez, 2010) y es la especie de víbora más venenosa de Guatemala, seguida por la cascabel (*Crotalus simus*) y el cantil (*Agkistrodon bilineatus*) (Roodt de et al., 2005). Además de la toxicidad de su veneno, algunos especímenes de *B. asper* pueden llegar a medir hasta 2.4 m de longitud (Köhler, 2003), lo que les permite inocular grandes cantidades de veneno, produciendo mucho daño al organismo de la víctima. En conjunto, las serpientes del género *Bothrops*, son causantes de la mayoría de accidentes ofídicos en América Latina (Gutiérrez, 2011).

El hecho de que hayan ocurrido 2.16 veces más mordeduras en los miembros superiores tiene relación con las especies de serpiente que más frecuentemente causan los accidentes ofídicos. *B. asper*, *Agkistrodon bilineatus*, *A. russeolus*, *Crotalus simus* y *C. tzabcan*, son especies terrestres (Guerra et al., 2012) y en tanto terrestres, tienen posibilidad de alcanzar a morder los

pies, los tobillos o las piernas de las personas que las perturban.

Se ha dicho que las mordeduras en los miembros inferiores se relacionan con la falta de calzado o con el hábito de usar sandalias durante la realización del trabajo agrícola (Yee et al., 2012). En el caso de las serpientes *B. asper* que han alcanzado grandes tamaños, la mordedura puede ocurrir en un punto superior a las botas, cerca de la rodilla o en las partes inferiores del muslo.

Datos no publicados relacionados con la presente investigación sugieren que las inoculaciones de veneno en los miembros superiores ocurren cuando los agricultores acercan sus manos al nivel del suelo para remover las malezas o para cosechar algún vegetal. También son frecuentes las inoculaciones en miembros superiores en cortadores de café y de cardamomo, que exponen sus manos a las plantas donde puede haber víboras de hábitos arborícolas como las gushnayeras (*Bothriechis aurifer*, *B. bicolor*, *B. schlegelii*, o *B. thalassinus*).

En algunos de los expedientes examinados en la presente investigación, se reportaron mordeduras en otras partes del cuerpo como glúteos, espalda, cuello y cabeza. Se registró también un caso, bastante inusual, en el que un muchacho cortó la cabeza de una serpiente con un machete, el veneno salió proyectado y alcanzó un ojo de esta persona causando un accidente ofídico ocular que debió ser tratado con suero antiofídico. Esta puede ser una de las razones que explican la costumbre de matar a las serpientes golpeándolas con el canto del machete o con un palo.

La hora del día en que ocurren los accidentes ofídicos no suele ser reportada en varios de los estudios epidemiológicos publicados (Arroyo, Rojas, & Gutiérrez, 2009; Badillo, Casas, & Gamarra, 1989; Bochner & Struchiner, 2003, 2004; González-Rivera et al., 2009; Pinho, Oliveira, & Faleiros, 2004; Otero et al., 1992; Sousa de et al., 2013; Villanueva, Maguiña, Cabada, De Marini, Álvarez, & Gotuzzo, 2004). Si bien las víboras son predominantemente nocturnas (Guerra et al., 2012), los encuentros entre humanos y serpientes pueden ocurrir indistintamente durante el día o durante la noche.

Aunque el tiempo medio que toma a una víctima de accidente ofídico llegar a un hospital fue de cinco horas y media en el presente estudio, en muchos casos, los tiempos pueden ser mucho más largos. En el campo, son comunes los tratamientos tradicionales como intentar extraer el veneno de la herida, succionando, exprimiendo o haciendo cortes. El torniquete, la toma de brebajes y la aplicación de sustancias en la herida

también son comunes (Gil-Alarcón, Sánchez Villegas, & Reynoso, 2011). Estas medidas, no solamente se consideran obsoletas, sino que retrasan el transporte de la víctima hacia el hospital.

Por otro lado, en Guatemala, hay zonas remotas que están lejos de los centros de asistencia médica. Por ejemplo, en todo el departamento de Petén, cuya extensión territorial de 35,854 km<sup>2</sup>, solamente hay tres hospitales nacionales del nivel III, que son los que supuestamente mantienen suficientes dosis de suero antiofídico. Debido a que estos hospitales no están localizados de manera equidistante en ese departamento, la distancia mínima euclidiana entre el vértice noroeste de Petén hasta el hospital más cercano, es de aproximadamente 150 km. Trasládarse esta distancia en un departamento como Petén, donde la densidad de carreteras es baja y las facilidades de transporte son escasas, puede significar horas o días. Adicionalmente, las víctimas del accidente ofídico suelen ser campesinos pobres que muchas veces no cuentan con recursos económicos para sufragar los gastos de transporte ni la movilización de sus parientes hacia el hospital. Las dificultades de transporte y la inadecuada distribución espacial del suero antiofídico son dos factores cruciales que podrían contribuir a la vulnerabilidad de las personas en riesgo de accidente ofídico.

### Agradecimientos

El autor agradece a la dirección y al personal de los departamentos de Estadística y Epidemiología de los Hospitales Regionales de Escuintla y de San Benito, Petén, especialmente a Mario Cualio Menard y a Carlos Fabrizio Palma, por facilitar el acceso a los expedientes de casos de accidente ofídico. También se agradece a Rony García Anleu y a Marcial Córdova por su apoyo a la investigación en Petén.

### Referencias

- Alcazar, L., Rendón, S., & Wachtenheim, E. (2001). *Trabajando y estudiando en América Latina rural: Decisiones críticas de la adolescencia* (Documento de trabajo No. 3). Lima: Instituto APOYO.
- Arroyo, O., Rojas, G., & Gutiérrez, J. (2009). Envenenamiento por mordedura de serpiente en Costa Rica en 1996: Epidemiología y consideraciones clínicas. *Acta Médica Costarricense*, 41(4), 23-29.
- Badillo, R., Casas, M., & Gamarra, G. (1989). Ofidiotoxicosis en el hospital universitario Ramón González Valencia de Bucaramanga. *Acta Médica Colombiana*, 14, 352-68.
- Barahona, G. (1993). *Estudio Antropológico, Clínico-Epidemiológico, en el Departamento de Chimaltenango, del 1 de enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992*. Guatemala (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Bochner, R., & Struchiner, C. (2003). Epidemiología de los accidentes ofídicos en los últimos 100 años en Brasil: Uma revisão Snake bite epidemiology in the last 100 years in Brazil: A review. *Cadernos Saúde Pública*, 19(1), 7-16.
- Bochner, R., & Struchiner, C. (2004). Aspectos ambientais e sócio-econômicos relacionados à incidência de acidentes ofídicos no Estado do Rio de Janeiro de 1990 a 1996: Uma análise exploratória. *Cadernos Saúde Pública*, 20(4), 976-985.
- Bouroncle, C., Imbach, P., Läderach, P., Rodríguez, B., Medellín, C., & Fung, E. (2014). *La agricultura de Guatemala y el cambio climático ¿Dónde están las prioridades para la adaptación?* Guatemala: Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security.
- Castañeda, C. (2008). Diversidad de Ecosistemas de Guatemala. En Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Oficina Técnica de Biodiversidad, *Guatemala y su Biodiversidad: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico* (Cap. 4, pp. 181-229). Guatemala: Consejo Nacional de Áreas Protegidas.
- Chippaux, J. (1998) Snake-bites: Appraisal of the global situation. *Bulletin of the World Health Organization*, 76(5), 515-524.
- García, J. (1993). *Accidente ofídico: Estudio antropológico, clínico-epidemiológico en el departamento de Izabal, del 1 de enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992*. Guatemala (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.

- Gil-Alarcón, G., Sánchez-Villegas, M., & Reynoso, V. (2011). Tratamiento pre hospitalario del accidente ofídico: Revisión, actualización y problemática actual. *Gaceta Médica de México*, 147, 195-208.
- González, M. L. (1994). Accidente ofídico: *Estudio clínico, antropológico y epidemiológico realizado en la región sur del departamento de Huehuetenango. Iro de enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992. Guatemala* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- González-Rivera, A., Chico-Aldama, P., Domínguez-Viveros, W., Iracheta-Gerez, L., López-Alquicira, M., Cuellar-Ramírez, A., & Zamora, V. (2009). Epidemiología de las mordeduras por serpiente. Su simbolismo. *Acta Pediátrica de México*, 30(3), 182-191.
- Guerra, D., Fuentes, R., & Morán, D. (2012). *Serpientes de Guatemala: Guía para identificación de especies*. Guatemala: Serviprensa.
- 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.
- Gutiérrez, J. M. (2010). Snakebite Envenomation in Central America. En S. Mackessy (Ed.), *Handbook of venoms and toxins* (pp. 491-507). Boca Raton: CRC Press.
- Gutiérrez, J. M. (2011). Envenenamientos por mordeduras de serpientes en América Latina y el Caribe: Una visión integral de carácter regional. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 51(1), 1-16.
- 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(1), 1.
- Kasturiratne, A., Wickremasinghe, R., de Silva, N., Gunawardena, K., Pathmeswaran, A., Premaratna, R., ... Silva, 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. doi:10.1371/journal.pmed.0050218.
- Köhler, G. (2003). *Reptiles of Central America*. Offenbach, Alemania: Herpeton.
- López, M. (1993). *Accidente ofídico: Estudio antropológico, clínico-epidemiológico, en el departamento de Sacatepéquez, enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Maltez, J. (1994). *Accidente ofídico: Estudio retrospectivo, clínico, antropológico y epidemiológico, realizado en el departamento de Guatemala, región sur, del 1° de enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992, Guatemala* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Morales, M. (2012). Hacia una comunidad de práctica con enfoque intercultural: la escuela telesecundaria Tetsijtsilin en Tzinacapan, Cuetzalan, Puebla. *CPU-e, Revista de Investigación Educativa*, 14, 18-43.
- Murales, C. (1993). *Accidente ofídico: Estudio antropológico, clínico-epidemiológico, en el departamento de El Progreso, enero de 1987 a diciembre de 1992. Guatemala* (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Manual para la identificación, prevención y tratamiento de mordeduras de serpientes venenosas en Centroamérica, Volumen I: Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Otero, R., Tobón, G., Gómez, L., Osorio, R., Valderrama, R., Hoyos, D., ... Arboleda, J. (1992). Accidente ofídico en Antioquía y Chocó: Aspectos clínicos y epidemiológicos (marzo de 1989 – febrero de 1990). *Acta Médica Colombiana*, 17(4), 229-249.
- Pinho, F. M., Oliverira, E., & Faleiros, F. (2004). Accidente ofídico no estado de Goiás. *Revista da Associação Médica Brasileira*, 50(1), 93-99.
- Roodt de, A. R., Estévez-Ramírez, J., Paniagua-Solís, J. F., Litwin, S., Carvajal-Saucedo, A., Dolab, J. A., ... Alagón, A. (2005). Toxicidad de venenos de serpientes de importancia médica en México.

- Gaceta Médica de México*, 141(1), 13-21. Sousa De, L., Bastouri-Carrasco, J., Matos, M., Borges, A., Bónoli, S., Vásquez-Suárez, A., ... Rodríguez-Acosta, A. (2013). Epidemiología del ofidismo en Venezuela. *Investigación Clínica*, 54(2), 123-137.
- Van den Berge, M., Baas, L., Ensing, A., & Quiroz, L. (2008). *Las peores formas de trabajo infantil en América Latina: Identificación y opciones estratégicas*. Ámsterdam: Fundación IREWOC.
- Velásquez, A. (1993). *Accidente ofídico: Estudio antropológico, clínico, epidemiológico, en el departamento de Santa Rosa, del 1 de enero de 1987 al 31 de diciembre de 1992*. Guatemala (Tesis de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Villanueva, M., Maguiña, C., Cabada, M., De Marini, J., Álvarez, H., & Gotuzzo, E. (2004). Ofidismo en la provincia de Chanchamayo, Junín: Revisión de 170 casos consecutivos en el Hospital de Apoyo de La Merced. *Revista Médica Herediana*, 15(2), 82-87.
- Warrell, D. A. (2010). Snake bite. *The Lancet*, 375, 77-88.
- Williams, D., Gutiérrez, J., Harrison, R., Warrell, D., White, J., Winkel, K., ... Global Snake Bite Initiative Working Group. (2010). The Global Snake Bite Initiative: An 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. Geneva: Autor
- World Health Organization. (2010). *Neglected Tropical Diseases. Diseases covered by NTD department*. Snakebite. Recuperado de [http://www.who.int/neglected\\_diseases/diseases/snakebites/en/](http://www.who.int/neglected_diseases/diseases/snakebites/en/)
- Yee, S., Vargas, A., & Hernández, L. (2012). Mordeduras por serpientes venenosas en Guatemala. *Revista Electrónica de Portales Medicos.com*. Recuperado de: <http://www.portalesmedicos.com/publicaciones/articulos/4946/1/Mordeduras-por-serpientes-venenosas-en-Guatemala>.

# Entomología forense: el ciclo de vida de la mosca verde *Phaenicia eximia* (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae), como herramienta para estimar el intervalo *post-mortem*

Enio B. Cano

Museo de Historia Natural, Escuela de Biología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala y Laboratorio de Entomología Sistemática, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [ecano2005@gmail.com](mailto:ecano2005@gmail.com)

Recibido: 02 de mayo 2016 / Revisión: 25 de octubre 2015 / Aceptado: 25 de noviembre 2016 / Disponible en línea: 13 de marzo 2017

## Resumen

Se estudió el ciclo de vida de la mosca verde *Phaenicia eximia* (Wiedemann) en condiciones controladas de laboratorio a 26°C, con una humedad relativa de 75% y un periodo de iluminación de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. El tiempo promedio de desarrollo estimado desde la oviposición hasta la salida de los adultos fue de 306 h (una media de casi 13 días). Bajo estas condiciones de temperatura y humedad, los huevos duran cerca de 19 h (0.8 días), las larvas duran unas 170 h (7.1 días) y las pupas unas 116 h (4.8 días). En los meses secos y fríos de noviembre y diciembre en condiciones naturales, el ciclo de vida empírico fue de 25 días, implicando que las bajas temperaturas ralentizan el crecimiento y las altas lo aceleran. Se discute acerca de la importancia del ciclo de vida en la estimación del intervalo *post-mortem* en casos de muertes violentas en Guatemala.

Palabras claves: Guatemala, larvas, pupas, cadáver, criminalística

## Abstract

Under controlled laboratory conditions, at 26°C 75% relative humidity and a light/darkness cycle of 12/12 hours, the life cycle of the green bottle fly *Phaenicia eximia* (Wiedemann) was studied. The estimated average time from oviposition to the emergence of adults was 306 h (an average of almost 13 days). The eggs stadium is 19 h (0.8 d), the larval stage is completed in 170 h (7.1 d) and the pupal stage is completed in 116 h (4.8 d). Under natural conditions, in the dry and cold months of November and December, the observed life cycle was 25 days, implying that the growth is slow at lower temperatures and faster at higher temperatures. The importance of the life cycle in the estimation of *post-mortem* interval in cases of violent deaths in Guatemala is discussed.

Keywords: Guatemala, larvae, pupae, cadaver, criminalistics



## Introducción

La entomología forense es la aplicación del estudio de los insectos y otros artrópodos en asuntos legales, especialmente en el litigio y el proceso penal relacionado a muertes violentas (*e.g.*, Catts & Goff, 1992; Greenberg, 1991). El documento más antiguo que muestra la importancia de la entomología forense en la investigación criminal fue escrito en China por Sung Tzu en 1235 (Catts & Goff, 1992; Greenberg, 1991), en el cual se describe el caso de un homicidio en el que apareció un labrador degollado por una hoz. Para resolver el caso hicieron que todos los labradores de la zona que podían encontrarse relacionados con el muerto, depositasen sus hoces en el suelo, al aire libre, observando que tan solo a una de ellas acudían las moscas y se posaban sobre su hoja, lo que llevó a la conclusión de que el dueño de dicha hoz debía ser el asesino, pues las moscas eran atraídas por los restos de sangre que habían quedado adheridos al “arma” del crimen (Greenberg, 1991). El caso concluyó con la confesión del criminal (Catts & Goff, 1992).

En Guatemala fue el Dr. Carlos Federico Mora el primero en llamar la atención acerca de los insectos de los cadáveres. Dice Mora (1931, pp. 30-31, 35) que “en Guatemala es común encontrar cadáveres engusanados con larvas de dípteros 24 horas después de la muerte, sobre todo cuando se trata de muertos abandonados a la intemperie... la clase de larvas o de insectos que se encuentra sobre el cadáver, da algunos indicios que permiten apreciar el tiempo [desde la muerte]”. Sin embargo, Mora (1931, p. 35) concluyó prematuramente que “numerosas observaciones llevadas a cabo posteriormente, han podido demostrar lo aleatorio de estos cálculos, y han enseñado que las clasificaciones de insectos, no dan resultados concluyentes sino en casos de excepción”. Esta conclusión tan radical por parte de la máxima autoridad forense que haya conocido este país, probablemente haya llevado a que los investigadores criminalísticos guatemaltecos le presten muy poca o ninguna atención a la entomofauna cadavérica, considerando a los insectos como contaminantes del cadáver y en muchos casos nombrando peyorativamente a las agregaciones de larvas de moscas como “arroz”, o en el caso específico de *Chrysomya rufifacies* (Macquart), como “arroz chino” (obs. pers.). En consecuencia, actualmente no se recolectan como indicios ni se utilizan como elementos de prueba en el proceso penal.

Sin embargo, los insectos necrofilicos (aquellos atraídos a los cadáveres) y necrófagos (aquellos que se

alimentan de cadáveres) son actualmente muy útiles en la ciencia forense. Cada especie tiene un ciclo de vida de duración casi constante y coloniza un cuerpo por un limitado período de tiempo, con lo cual es posible estimar el tiempo transcurrido desde que el individuo murió (intervalo *post-mortem*) (Anderson, 2001; Benecke, 1998; Bornemissza, 1957; Catts & Goff, 1992). Además, los insectos también pueden corroborar si el cuerpo ha sido movido tanto de dentro de una casa hacia el campo, si ha sido trasladado de una región geográfica a otra (Catts & Goff, 1992), informarnos acerca de las condiciones de higiene (*e.g.* Benecke & Lessing, 2001; Sanford, Whitworth, & Phatak, 2014), abuso de drogas (Goff, Brown, Hewadikaram, & Omori, 1991; Goff, Brown, & Omori, 1992; Goff, Omori, & Goodbrod, 1989) o envenenamiento (Gunatilake & Goff, 1989; Mahat, Yin, & Jayaprakash, 2014; Mahat, Zafarina, & Jayaprakash, 2009; Nuorteva & Nuorteva, 1982; Patil, Narladkar, & Rajurkar, 2013) antes de la muerte. La teoría que sostiene la estimación del intervalo *post-mortem* en entomología forense es la siguiente: inmediatamente después de la muerte comienza la descomposición de los tejidos suaves y la consecuente liberación de compuestos cadavéricos volátiles como alcoholes, ácidos, cetonas, aldehídos, ésteres, compuestos de sulfuro y de nitrógeno, así como de compuestos fenólicos e hidrocarburos (Dekeirsschieter, Stefanuto, Brasseur, Haubruge, & Focant, 2012). Pero son dos compuestos, el disulfuro de dimetilo (IUPAC = metildisulfonilmetano) y el butan-1-ol, los que se ha demostrado que provocan respuestas olfativas en las antenas de las moscas hembras de la familia Calliphoridae (Frederickx, Dekeirsschieter, Verheggen, & Haubruge, 2012; Paczkowski, Nicke, Ziegenhagen, & Schütz, 2015). Así, las moscas hembras grávidas (Wall & Warnes, 1994) pueden detectar el cuerpo entre 1-3 h después de la muerte (Villet, Richards, & Midgley, 2010, p. 112). Al llegar al cadáver las moscas colocan sus huevos con lo cual inicia un ciclo biológico que finaliza con la salida de los adultos de las pupas. Así, la estimación de la edad de las moscas permite estimar el tiempo mínimo transcurrido desde la muerte del individuo.

Los insectos son de sangre fría y dependen de la temperatura ambiental para su desarrollo, por consiguiente, la velocidad de desarrollo dependerá de los valores de temperatura ambiental que ocurrieron entre la muerte del individuo ( $\approx$  oviposición de las moscas) y el momento en que se localizaron los insectos en el cuerpo. Así, para dar el siguiente paso –la estimación del intervalo *post mortem*–, se utiliza el concepto de grados-día acumulados (“accumulated degree days”,

ADD, por sus siglas en inglés, el número de unidades termales que se necesitan para el crecimiento de un insecto en un día) o de grados-hora acumulados (“accumulated degree hours”, ADH, las mismas unidades termales medidas cada hora). Esas unidades termales se miden en función de curvas de desarrollo de las moscas a diferentes temperaturas, incluyendo las mínimas y máximas de que permiten el desarrollo. Entonces, para calibrar los modelos de acumulación termal de las moscas de importancia forense en Guatemala, es necesario conocer los ciclos de vida de cada especie en condiciones estandarizadas.

Una de las especies de mosca verde más comunes en Guatemala, al menos antes de la introducción de la especie asiática-africana *C. rufifacies* por el año 1979 (Schuster & Cano, 2015), era *Phaenicia eximia* (Wiedemann). Actualmente se encuentra restringida a hábitats templados y boscosos, sitios en los que con relativa frecuencia se encuentran cadáveres humanos producto de la violencia. Por tanto, el estudio de los ciclos de vida de *P. eximia*, una especie común en cadáveres humanos en Guatemala, es de gran relevancia para que pueda aportar información al momento de ser considerada como indicio y elemento de prueba en el proceso penal. Así, el objetivo de este estudio es describir el ciclo de vida de *P. eximia* en condiciones de temperatura y humedad constante, a fin de que pueda ser utilizada para estimar el intervalo *post mortem* en procesos médico-legales. Actualmente, el intervalo *post mortem* es estimado por médicos forenses basados exclusivamente en el aspecto del cadáver.

## Materiales y métodos

### Recolecta de huevos, crianza de los estadios y toma de muestras

Para detectar la presencia de la *P. eximia*, se colocó en 20 vasos plásticos de 1 L, 100 g de hígado de res fresco, en un bosque fragmentado con cobertura de encinos y pinos, en la ciudad de Guatemala, a una altitud de 1,510 msnm, entre las 08:00 y las 09:00 h. En ese periodo, se encontraron moscas adultas hembras colocando sus masas de huevos (Figura 1). Las moscas adultas fueron recolectadas e identificadas por el autor como *P. eximia* (= *Lucilia eximia*) la única especie visitante en ese sitio. Así, al día siguiente, a la misma hora, se colocaron nuevas trampas con hígado fresco, las cuales se revisaron 30 min después y se recolectaron las masas de huevos (junto con el hígado)

inmediatamente después de la oviposición, colocándolas en un único recipiente de plástico en cuyo fondo se habían agregado 5 cm de arena de río seca, tamizada y esterilizada durante 5 min en horno de microondas. Ese recipiente transparente medía 19 x 33 x 10 cm, con una tapadera plástica a presión a la cual se le realizó una abertura cuadrada de 20 x 12 cm, en donde se pegó con silicona una malla de tul. La muestra así preparada, se introdujo en una incubadora Percival Scientific®, a 26°C, una humedad relativa de 75% y un período de iluminación ajustado a 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Cada día, a las 09:00 y a las 17:00 h se recolectaron 25 especímenes seleccionados aleatoriamente, excepto las pupas de las cuales solo se tomó un espécimen, hasta que emergieron los adultos masivamente. Cuando el 10% de las larvas puparon se consideró que la fase de pupa se había iniciado y luego se continuó revisando todos los días a las mismas horas para detectar la salida de los adultos, terminado el experimento cuando el 10%



Figura 1. Moscas *Phaenicia eximia* (Wiedemann) colocando sus masas de huevos en el hígado de res fresco. Como se trata de especímenes hembras, todos tienen los ojos ampliamente separados (los ojos están juntos en los machos). Fotografía en laboratorio.

de los adultos había emergido. El material recolectado fue fijado en solución de Khale y etiquetado; las moscas adultas se montaron en alfileres y etiquetaron con los datos de colecta; en el mismo alfiler, en puntas de cartulina libre de ácido, se colocaron los restos de las pupas correspondientes. A fin de evitar que la competencia fuera un impedimento para el crecimiento de las larvas (Levot, Brown, & Shipp, 1979), se agregó hígado fresco extra.

### Mediciones y análisis de datos

Todos los especímenes fijados fueron medidos en su longitud utilizando un calibrador vernier; sin embargo, debido al deterioro de parte del material, no fue posible presentar los datos de todos los individuos. Debido a que el estado de pupa presentó alta uniformidad en su tamaño, únicamente se midió un ejemplar para cada evento de colecta. La curva del ciclo de vida de *P. eximia* se realizó con el programa SPSS 12.0, usando la media y dos desviaciones estándar de las medidas tomadas.

## Resultados

### Ciclo de vida

La Figura 2 muestra los cambios en el tamaño de las larvas de *P. eximia* en función de la edad como un modelo parcialmente sigmoide, con el período de más rápido crecimiento ocurriendo entre las 27 y las 50 h acumuladas y un período de reducción de tamaño cerca de las 68 h acumuladas, para luego pasar al estado quiescente de pupa, cuya longitud se asume que ya no varía. Así, bajo condiciones controladas de 26°C y 75% de humedad relativa, con suficiente alimento, encontramos que el ciclo de vida de *P. eximia* desde la oviposición hasta la salida de los primeros adultos dura en promedio 306 h (Figura 2), aproximadamente 13 días. Los huevos duran unas 19 h, las larvas duran unas 170 h (aproximadamente 7 días) y las pupas unas 116 h (aproximadamente 4.85 días). Estos resultados tienen implicaciones en la ciencia forense para determinar el intervalo *post mortem*, debido a que, si se toman las medidas de las larvas ( $\pm 2$ DE) encontradas en los cadáveres, de acuerdo a la gráfica de la Figura 2 se puede establecer aproximadamente el tiempo mínimo en horas que llevan las larvas en el cuerpo.

### Desarrollo de las larvas y pupas

Las larvas de *P. eximia* (Figura 3) pasan por tres estadios, caracterizándose las larvas de la última fase del tercer estadio por no alimentarse (larvas postalimentadas) y ser migratorias (Figura 4), abandonando el cadáver o la fuente de alimento y caminando varios metros, hasta que finalmente se entierran y comienzan a encogerse de tamaño (Figura 5), estadio al que llamamos prepupa. Un valor extremo de reducción de tamaño producto de la toma de muestras al azar, se encontró cuando habían transcurrido 118 h acumuladas. Posteriormente, ocurre el proceso denominado pupariación, en el cual la última exuvia larval queda adherida al resto de la pupa, pasando estas por varios estadios de madurez, como se observa en la Figura 6. Los puparios más jóvenes son de color anaranjado-blanquecino, tornándose anaranjadas con el paso del tiempo, hasta que finalmente se ponen de color café-rojizo muy oscuro. Como los adultos al emerger, destruyen parte de la pupa, estos restos o exuvias pupales (Figura 6) son de gran importancia en entomología forense porque implica el ciclo de vida completo del insecto, desde que las hembras pusieron los huevos hasta que emergió la mosca adulta (Figura 7).

### Discusión

Antes de 1980, *P. eximia* era la especie de mosca verde más ampliamente distribuida en el país; era la especie verde más común en las carnicerías de los mercados cantonales. Sin embargo, con la introducción de la especie africano-asiática *C. rufifacies*, por 1979-1980, su distribución se comenzó a restringir. Actualmente es más fácil encontrarla en hábitat de bosque, en donde *C. rufifacies* penetra menos (obs. pers.).

La curva obtenida en este estudio presenta la longitud de los estadios de *P. eximia* en el tiempo, y puede considerarse como modelo preliminar para establecer el intervalo *post mortem*. Para esta especie, *grosso modo*, se resume de la siguiente forma: (a) la detección de huevos no eclosionados representaría un IPM aproximado menor o igual a 19 h, (b) el apareamiento de la primera generación de larvas ocurre aproximadamente a las 19 h, mientras que el estadio de las larvas más viejas de la primera generación concluye aproximadamente a las 170 h (0.8 a 7.1 días), así, la longitud de las larvas ( $\pm 2$ DE) puede usarse para estimar con cierta precisión el IPM (e.g. una larva de 10 mm ( $\pm 2$ DE) se presenta cerca de las 90 h a 26°C), (c) las pupas de la primera

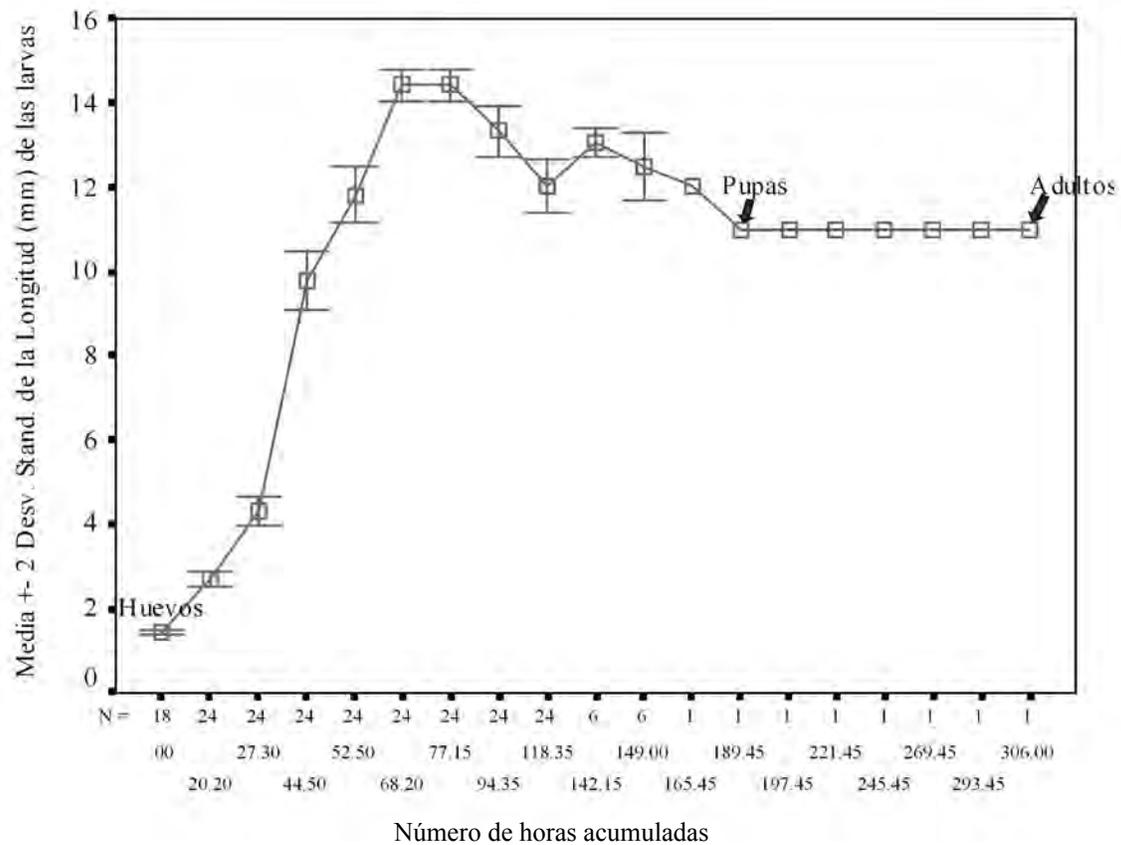


Figura 2. Cambios en el tamaño de las larvas de *Phaenicia eximia* en función del tiempo transcurrido (horas), en condiciones de laboratorio ( $t = 26^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{HR} = 75\%$ ).



Figura 3. Larvas del tercer estadio de *Phaenicia eximia*.



Figura 4. Larvas migrantes de *Phaenicia eximia*. Fotografía tomada en el laboratorio.

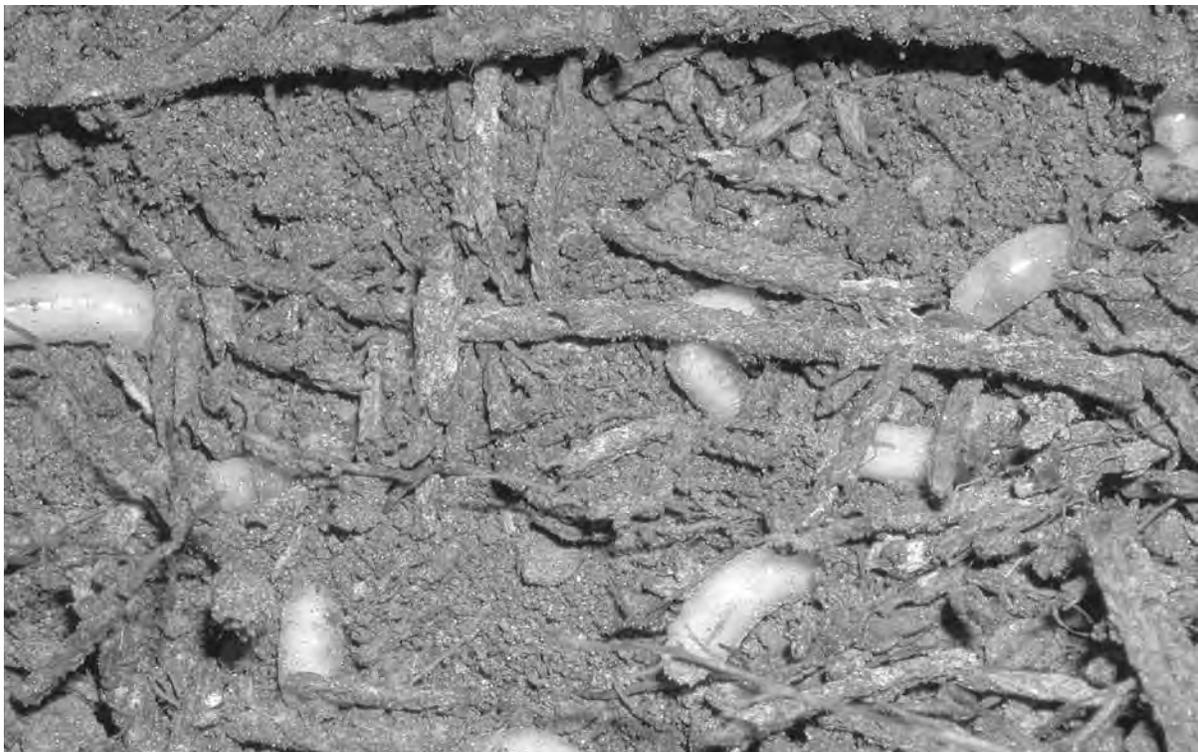


Figura 5. Larvas migrantes, escondiéndose en el suelo (prepupas). Fotografía tomada en el campo.



Figura 6. Diferentes estados pupales (puparios). Nota las diferencias en color y al final, la pupa vacía implicando la salida de la mosca adulta.



Figura 7. Adulto macho de *Phaenicia eximia* recién emergido. Fotografía tomada en el campo.

generación se presentan entre las 170 y 286 h (7.1 a 11.9 días) y (d) los adultos de la primera generación emergen cerca de las 320 h (13.3 días). La Figura 2 muestra que el modelo tiene dos limitaciones: (a) entre las 138 y 170 horas las larvas ya no incrementan linealmente su longitud (de hecho, la longitud se reduce previo a la formación de la pupa), por lo que para las larvas con longitudes entre 12 y 14 mm sólo es preciso decir que su IPM se ubica entre 138 y 170 h (5.8 a 7.1 días) y (b) estos datos sólo son válidos para la temperatura y humedad reportadas en este estudio. Por otro lado, en experimentos no controlados en el campo se encuentran varias generaciones de moscas, por lo cual, se debe conocer claramente que el material con el que se está trabajando incluye siempre a las larvas más viejas (la primera generación).

Aunque el ciclo de vida documentado en este estudio a 26°C duró unos 13 días, en un estudio no publicado en condiciones naturales no controladas, el ciclo de vida de *P. eximia* varió de acuerdo a la temperatura entre 14 y 25 días: a bajas temperaturas (en el bosque, en los meses diciembre-enero) el ciclo de vida tuvo una duración de 25 días, implicando que las bajas temperaturas ralentizan el crecimiento y las altas lo aceleran. Por tanto, es necesario realizar más estudios como el presente, a diferentes temperaturas, para tener curvas estandarizadas de desarrollo con miras a la estimación del intervalo *post mortem*, determinando las temperaturas mínimas de desarrollo y las tasas de crecimiento termal (horas/grado, días/grado acumulados). Además, debe notarse que el modelo de la Figura 2 está basado en datos recopilados únicamente dos veces por día, y no durante todas las horas sucesivas a lo largo del ciclo de vida. Por tanto, para obtener modelos predictivos que puedan aplicarse a la ciencia forense en Guatemala, es necesario incluir medidas detalladas de todo el ciclo de vida (particularmente de las larvas) con sus correspondientes medidas de confianza (e.g. Baqué, Filmann, Verhoff, & Amedt, 2015; Wells, Lecheta, Moura, & LaMotte, 2014).

En cuanto a la relevancia de este estudio, Guatemala es uno de los países más violentos en el mundo y también muy rico en diversidad de insectos, por lo que el uso de insectos necrófagos y necrófilos para la estimación del IPM debería ser validado y empleado como medio científico de prueba. El Instituto Nacional de Ciencias Forenses (Inacif) en el 2016 reportó la realización de 5,875 y 5,677 necropsias con señales de muerte violenta, para los años 2014 y 2015, lo que representa una tasa anual de 31.2 y 33.84 muertes vio-

lentas por cada 100 mil habitantes, respectivamente. Así, enriquecer las ciencias criminalísticas del país con nuevas herramientas que permitan una efectiva persecución penal, es imperativo. Tanto la abundante literatura disponible, como los resultados, sugieren que insectos como la mosca *P. eximia*, de la cual ahora se conoce parte de su ciclo de vida, pueden ser útiles en el proceso penal, como indicios o elementos de prueba.

Existen cuatro razones para el uso de insectos necrófilos y necrófagos en la investigación forense. En primer lugar, son fuente de evidencia como la sangre, las huellas digitales, los pelos, las fibras, las armas, etc; aunque en Guatemala son descartados o limpiados de los cuerpos, con lo cual se pierde información que podría ser útil, poco útil, nada útil o hasta contundente para concluir un caso. En segundo lugar, la fauna de artrópodos coloniza los cadáveres en estados específicos de descomposición, formando ensambles particulares, lo que provee de un buen apoyo para la estimación del intervalo *post mortem* a muy largo plazo (hasta 40 días, como en Schuster & Cano, 2005). En tercer lugar, como en el presente estudio, las moscas verdes de la familia Calliphoridae tienen ciclos de vida bastante exactos y constantes, con lo cual, al conocer el tiempo de duración de los ciclos de vida y la temperatura ambiental de desarrollo, podemos estimar el momento en el que el insecto llegó al cadáver. Por último, la entomología forense se ha establecido plenamente en el campo de las ciencias criminalísticas, como lo demuestran los diferentes textos internacionales (e.g. Amendt, Goff, Campobasso, & Grassberger 2010; Byrd & Castner, 2009; Rivers & Dahlem, 2014; Tomberlin & Benbow, 2015), los laboratorios especializados en el mundo y las múltiples publicaciones de procedimientos estandarizados en revistas de corriente principal (e.g. Adams & Hall, 2003; Amendt et al., 2007; Byrd & Castner, 2009; Hall, 2001; Villet et al., 2010).

## Agradecimientos

Agradezco al M.Sc. Javier Rivas, al Dr. Jack Schuster y al Lic. Federico Nave, por los valiosos comentarios que mejoraron sustancialmente la versión final del manuscrito. Este es un aporte al proyecto 36-00 apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de Guatemala (Concyt).

## Referencias

- Adams, Z. J., & Hall, M. J. (2003). Methods used for the killing and preservation of blowfly larvae, and their effect on post-mortem larval length. *Forensic Science International*, 138, (1-3) 50-61.
- Amendt, J., Campobasso, C. P., Gaudry, E., Reiter, C., LeBlanc, H. N., & Hall, M. J. (2007). Best practice in forensic entomology-standards and guidelines. *International Journal of Legal Medicine*, 121(2), 90-104. doi: 10.1007/s00414-006-0086-x
- Amendt, J., Goff, M. L., Campobasso, C. P., & Grassberger, M. (2010). *Current concepts in forensic entomology*. London: Springer.
- Anderson, G. S. (2001). Insect succession on carrion and its relationship to determining time of death. En J. H. Byrd & J. L. Castner (Eds.), *Forensic entomology. The utility of arthropods in legal investigations* (pp. 143-175). London: CRC Press.
- Baqué, M., Filmann, N., Verhoff, M. A., & Amendt, J. (2015). Establishment of developmental charts for the larvae of the blow fly *Calliphora vicina* using quantile regression. *Forensic Science International*, 248, 1-9.
- Benecke, M. (1998). Six forensic entomology cases: Description and commentary. *Journal of Forensic Sciences*, 43, 797-805.
- Benecke, M., & Lessing, R. (2001). Child neglect and forensic entomology. *Forensic Science International*, 120(1-2), 155-159.
- Bornemissza, G. F. (1957). An analysis of arthropod succession in Carrion and the effect of its decomposition on the soil fauna. *Australian Journal of Zoology*, 5(1), 1-12.
- Byrd, J. H., & Castner, J. L. (2009). *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations, Second edition*. Boca Raton: CRC Press.
- Catts, E. P., & Goff, M. L. (1992). Forensic entomology in criminal investigations. *Annual Review of Entomology*, 37, 252-272. doi:10.1146/annurev.en.37.010192.001345
- Dekeirsschieter, J., Stefanuto, P.-H., Brasseur, C., Haubruge, E., & Focant, J.-F. (2012). Enhanced characterization of the smell of death by comprehensive two-dimensional gas chromatography time-of-flight mass spectrometry (GCxGC-TOFMS). *Plos One*, 7(6), e39005. doi: 10.1371/journal.pone.0039005
- Frederickx, C., Dekeirsschieter, J., Verheggen, F. J., & Haubruge, E. (2012). Responses of *Lucilia sericata* Meigen (Diptera: Calliphoridae) to cadaveric volatile organic compounds. *Journal of Forensic Sciences*, 57(2), 386-390. doi: 10.1111/j.1556-4029.2011.02010.x.
- Goff, M. L., Brown, W. A., Hewadikaram, K. A., & Omori, A. I. (1991). Effect of heroin in decomposing tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera, Sarcophagidae) and implications of this effect on estimation of postmortem intervals using arthropod development patterns. *Journal of Forensic Sciences*, 36(2), 537-542.
- Goff, M. L., Brown, W. A., & Omori, A. I. (1992). Preliminary observations of the effect of methamphetamine in decomposing tissues on the development rate of *Parasarcophaga ruficornis* (Diptera: Sarcophagidae) and implications of this effect on the estimations of postmortem intervals. *Journal of Forensic Sciences*, 37(3), 867-872.
- Goff, M. L., Omori, A. I., & Goodbrod, J. R. (1989). Effect of cocaine in tissues on the development rate of *Boettcherisca peregrina* (Diptera: Sarcophagidae). *Journal of Medical Entomology*, 26(2), 91-3. doi: 10.1093/jmedent/26.2.91
- Greenberg, B. (1991). Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomology*, 28(5), 565-577.
- Gunatilake, K., & Goff, M. L. (1989). Detection of organophosphate poisoning in a putrefying body by analysing arthropod larvae. *Journal of Forensic Sciences*, 34, 714-716.
- Hall, D. (2001). The forensic entomologist as expert witness. En J. H. Byrd & J. L. Castner (Eds.), *Forensic entomology. The utility of arthropods in legal investigations* (pp. 379-400). Boca Raton: CRC Press.
- Instituto Nacional de Ciencias Forenses. (2016). Necropsias realizadas en las sedes periciales del INACIF, a Nivel Nacional. En *Datos Numéricos, Información Anual, Consolidado de solicitud Anual 2016*. Guatemala: Autor. Recuperado de

- [http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com\\_content&view=article&id=97&Itemid=18](http://www.inacif.gob.gt/index.php?option=com_content&view=article&id=97&Itemid=18)
- Levot, G. W., Brown K. R., & Shipp, E. (1979). Larval growth of some calliphorid and sarcophagid Diptera. *Bulletin of Entomological Research*, 69, 469-475.
- Mahat, N. A., Yin, C. L., & Jayaprakash, P. T. (2014). Influence of Paraquat on *Chrysomya megacephala* Fabricius (Diptera: Calliphoridae) infesting minced-beef substrates in Kelantan, Malaysia. *Journal of Forensic Sciences*, 59(2), 529-532. doi: 10.1111/1556-4029.12355
- Mahat, N. A., Zafarina, Z., & Jayaprakash, P. T. (2009). Influence of rain and malathion on the oviposition and development of blowflies (Diptera: Calliphoridae) infesting rabbit carcasses in Kelantan, Malaysia. *Forensic Science International*, 192, 19-28. doi: 10.1016/j.forsciint.2009.07.008
- Mora, C. F. (1931). *Manual de medicina forense*. Guatemala: Tipografía Nacional.
- Nuorteva, P., & Nuorteva, S. L. (1982). The fate of mercury in sarcosaprophagous flies and in insects eating them. *Ambio*, 11(1), 34-37.
- Paczkowski, S., Nicke, S., Ziegenhagen, H., & Schütz, S. (2015). Volatile emission of decomposing pig carcasses (*Sus scrofa domestica* L.) as an indicator for the *Postmortem* Interval. *Journal of Forensic Sciences*, 60(1), 130-137. doi: 10.1111/1556-4029.12638
- Patil, V. G., Narladkar, B. W., & Rajurkar, S. R. (2013). Application of forensic entomology for judging the different poisoning cases in animals: In vitro studies in Wistar rats (*Rattus norvegicus*). *Journal of Veterinary Parasitology*, 27(2), 74-78.
- Rivers, D. B., & Dahlem, G. A. (2014). *The science of forensic entomology*. Oxford: Wiley Blackwell.
- Sanford, M. R., Whitworth, T. L., & Phatak, D. R. (2014). Human wound colonization by *Lucilia eximia* and *Chrysomya rufifacies* (Diptera: Calliphoridae): Myiasis, perimortem, or postmortem colonization? *Journal of Medical Entomology*, 51(3), 716-719.
- Schuster, J. C., & Cano, E. B. (2005). ¿Para qué estudiar insectos? *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 14, 58-63.
- Schuster, J. C., & Cano, E. B. (2015). La importancia científica e histórica de la Colección de Artrópodos de la Universidad del Valle de Guatemala con un inventario de los tipos primarios depositados. *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 31, 11-16.
- Tomberlin, J. K., & Benbow, E. M. (2015). *Forensic entomology. International dimensions and frontiers*. London: CRC Press.
- Villet, M. H., Richards, C. S., & Midgley, J. M. (2010). Contemporary precision, bias and accuracy of minimum post-mortem intervals estimated using development of carrion-feeding insects. En J. Amendt, M. L. Goff, C. P. Campobasso & M. Grassberger (Eds.), *Current concepts in forensic entomology* (pp. 109-137). New York: Springer.
- Wall, R., & Warnes, M. L. (1994). Responses of the sheep blowfly *Lucilia sericata* to carrion odour and carbon dioxide. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 73, 239-246.
- Wells, J. D., Lecheta, M. C., Moura, M. O., & LaMotte, L. R. (2014). An evaluation of sampling methods used to produce insect growth models for postmortem interval estimation. *International Journal of Legal Medicine*, 129(2), 405-410. doi: 10.1007/s00414-014-1029-6.

## Controles alternativos para el gorgojo del frijol *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae)

Carlos E. López-Monzón\*, Willmar V. Tobar-Tomás, Alan G. Ventura-Gómez

Instituto de Investigación de Nor Occidente (Iidenoc), Centro Universitario de Nor Occidente (Cunoroc),  
Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), Huehuetenango, Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [celm71@yahoo.com](mailto:celm71@yahoo.com)

Recibido: 30 de agosto 2016 / Revisión: 14 de octubre 2016 / Aceptado: 03 de noviembre 2016 / Disponible en línea: 13 de marzo 2017

### Resumen

Con el fin de controlar el daño del gorgojo del frijol [*Acanthoscelides obtectus* (Say)], se evaluó la efectividad en polvo de raíces deshidratadas de chilca (*Senecio salignus* DC.), frutos deshidratados de pimienta negra (*Piper nigrum* L.), fragmentos de madera de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), maíz pulverizado (*Zea mays* L.), cascabillo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), cal mezclada con ceniza, y arena de río. Se evaluaron ocho tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno, en arreglo totalmente al azar. Los materiales naturales y minerales fueron colectados en el municipio de Malacatancito, Huehuetenango y el ensayo se montó en el laboratorio del Centro Universitario de Nor Occidente (Cunoroc), empleando por réplica un frasco de vidrio con capacidad de 1 L y aplicando a cada uno 100 g de semilla de frijol, 10 parejas de gorgojos adultos y 1 g de polvo de los materiales evaluados, según su tratamiento. El análisis se realizó 60 días después de la infestación, donde se evaluó: el porcentaje de daño del gorgojo del frijol, número de gorgojos vivos, correlación del porcentaje de daño versus número de gorgojos vivos y porcentaje de germinación del frijol. El polvo de pimienta negra y la mezcla de cal con ceniza evidenciaron los mejores resultados con el menor porcentaje de daño (1.64% y 3.55%, respectivamente). Las variables porcentaje de daño y número de gorgojos vivos marcaron una fuerte correlación con valor de  $r = .892$ . Se estableció que ninguno de los materiales utilizados influyó en la viabilidad de la semilla, registrándose porcentajes de germinación por arriba del 97% en todos los tratamientos. Se recomienda implementar estos productos en el almacenamiento del frijol, para contrarrestar los daños ocasionados por la plaga, obteniendo así beneficios económicos, sociales y ambientales.

Palabras claves: Plaga, infestación, materiales naturales, *Phaseolus vulgaris*, porcentaje de daño, viabilidad

### Abstract

In order to assess their potential to control the bean weevil [*Acanthoscelides obtectus* (Say)] damage on black bean seeds, the effectiveness of dried roots of ragwort (*Senecio salignus* DC.), dried fruits of black pepper (*Piper nigrum* L.), pieces of pine (*Pinus oocarpa* Schiede), powdered corn (*Zea mays* L.), bean husks (*Phaseolus vulgaris* L.), ash mixed with lime, and river sand was evaluated. Eight treatments with four replications each, were set within a totally random experimental design. Natural materials and minerals were collected in Malacatancito, Huehuetenango. The experiments were set at the laboratory of the Centro Universitario de Nor Occidente (Cunoroc), using per replication a 1-L glass jar with 100 g of bean seeds, 10 couples of adult weevils and 1 g of powder of the products tested in each treatment. The analysis was performed 60 days after infestation. The black pepper powder and lime-ash produced the best results with the lowest percentage of damage (1.64% and 3.55%, respectively). The variables percentage of damage and number of live weevils showed a strong correlation, with a value of  $r = .892$ . None of the materials tested affected the viability of the seeds, as the germination % was above 97% for all treatments. The use of powdered black pepper and lime-ash is recommended during the storage of the bean seeds, as alternate control products, in order to promote economic, social and environmental benefits.

Keywords: Plague, infestation, natural materials, *Phaseolus vulgaris*, percentage of damage, viability



## Introducción

La conservación de granos en almacenamiento destinados para el consumo humano involucra el control de los daños ocasionados por plagas. Estas provocan pérdidas económicas a los agricultores, quienes a veces no los pueden almacenar por periodos largos, debido a la falta de recursos para aplicar los métodos tradicionales de control de plagas post-cosecha. **García-Oviedo (2007)** señala que, de acuerdo con reportes emitidos por los almacenes de depósito en México, los gorgojos causan de 30 a 40% de pérdidas de frijol negro.

**Freitas, Faroni y Sousa (2016)** realizaron un estudio sobre almacenamiento hermético para el control del gorgojo del frijol, *Acanthoscelides obtectus* (Say), utilizando silos bolsa (3 kg), botellas de plástico (1.5 L) o de vidrio (3 L), durante 120 días. Concluyen que los granos almacenados en silos bolsas y botellas de plástico aseguran la calidad de los granos durante el periodo establecido, ya que inhiben el desarrollo de los insectos, evitando la aparición de daños, pérdida de peso, deterioro de las membranas celulares, aumento del contenido de humedad y la proliferación de microorganismos.

**Nava-Pérez y colaboradores (2010)** estimaron que en América Latina los daños producidos por plagas del frijol durante su almacenamiento se ubican en 15%. Leonard, Chakroff, Dybus, Kaufman y Carico (1981) calcula que *A. obtectus* y *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) provocan un 35% de pérdidas en México y América Central. **Weaver, Dunkel, Cusker y Van Puyvelde (1992)** señalan que *A. obtectus* predomina en zonas productoras de frijol de clima templado y frío. **López, Rodríguez y Garza (2010)** indican que la zona más susceptible al daño se ubica por arriba de los 1,500 m, y cuando se alcanza el 80% de humedad relativa.

En Guatemala, específicamente en el área rural, el almacenamiento de los granos es una práctica muy habitual, especialmente para el maíz y el frijol. Estos granos forman parte importante en la dieta de los guatemaltecos; asimismo, son una fuente de ingresos económicos para los agricultores, quienes se ven afectados por las plagas. Tal es el caso de los granos del frijol que sufren pérdidas en almacenaje por *A. obtectus*, siendo este el principal problema de la post-cosecha. Dicho insecto es originario de las regiones de Centro y Sur América, de donde se ha distribuido a varias zonas cálidas del mundo (**Southgate 1979**). Aunque es difícil estimar el daño que ocasiona, variando según la región, **Pérez (2013)** lo estima aproximadamente entre el 30-50%.

Los productores de la región donde se hizo el estudio en el control aplican insecticidas, como fosforo de aluminio (Phostoxin®), que si bien es cierto proporciona protección a las semillas contra insectos, es altamente tóxico para las personas que lo aplican, se han documentado casos de suicidio mediante su ingestión; además provoca efectos nocivos para el ambiente (**Pérez, 2013**).

De lo anterior, surgió la necesidad de realizar la presente investigación para el control del gorgojo del frijol, utilizando materiales naturales alternativos, tales como: raíces deshidratadas de chilca (*Senecio salignus* DC), frutos deshidratados de pimienta negra (*Piper nigrum* L.), polvo de madera de pino (*Pinus oocarpa* Schiede), maíz pulverizado (*Zea mays* L.), cascabillo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y materiales minerales como cal con ceniza y arena de río. Esta investigación contribuye a la validación de ciertos productos utilizados y con ello se evalúa el efecto de su uso en el almacenamiento de las semillas por parte de los agricultores en granos post-cosecha, con consecuencias económicas, sociales y ambientales positivas.

## Materiales y métodos

Esta fue una investigación experimental, en laboratorio, que empleó un diseño experimental de una vía al azar, de ocho tratamientos y cuatro repeticiones en cada tratamiento.

Tanto los tratamientos evaluados como la cantidad de material empleado por unidad experimental, se basaron en estudios previos realizados por **Pérez (2013)**, quien recomendó raíces de chilca y frutos de pimienta negra para control del gorgojo del frijol. **Rodríguez (1985)**, recomienda la mezcla de arena con ceniza que evitan la reproducción de gorgojos en granos de frijol al igual que la **Asociación El Bálsamo (2013)**; asimismo, los materiales a base de polvo de maíz al desgranar, pedazos de madera de pino, cascabillo o polvo de frijol y arena de río, los agricultores han hecho uso de ellos, con el fin de prevenir plagas insectiles en el almacenamiento de sus granos, sin contar con validación científica.

## Tamaño de la unidad experimental

El estudio comprendió 32 unidades experimentales (8 tratamientos x 4 repeticiones). La unidad experimental fue un frasco de vidrio con capacidad de 1 L, con 100 g de semilla de frijol criollo, 10 parejas de gorgojos

Tabla 1  
Tratamientos evaluados para control del gorgojo del frijol *Phaseolus vulgaris* L.

Tratamientos (1 g cada uno)	
1	Raíz de chilca ( <i>S. salignus</i> )
2	Pimienta negra ( <i>P. nigrum</i> )
3	Polvo de pino de ocote ( <i>P. oocarpa</i> )
4	Polvo de maíz ( <i>Z. mays</i> )
5	Cascabillo o polvo de frijol ( <i>P. vulgaris</i> )
6	Mezcla de cal con ceniza (relación 1:1)
7	Arena fina de río
8	Testigo, sin aplicación de ningún producto

adultos (relación 1:1 macho:hembra, Figura 1) y 1 g de polvo del producto evaluado en cada tratamiento. Los frascos utilizados fueron de boca ancha y tapa de muelle sujeta con un hule para evitar que se escaparan los insectos, como se muestra en la Figura 2.

### Búsqueda y colecta de materiales naturales y minerales

Las especies vegetales evaluadas en sus respectivos tratamientos se colectaron en el municipio de Malacatancito (15.22°N, 91.52°O), Huehuetenango. Estas se secaron durante 30 días para luego ser pulverizadas en molino de mano. La cal se colectó en la misma localidad, la ceniza en los hogares familiares y la arena en las orillas del Río Negro. Todos los materiales fueron analizados en Tamiz No. 35. Después de obtener los materiales naturales y minerales, se les etiquetó y envasó para ser utilizados posteriormente.

### Búsqueda y colecta de granos de frijol criollo

Los granos de frijol criollo se colectaron en el municipio de Malacatancito, Huehuetenango, seleccionando áreas con las siguientes características: que la semilla fuese de una sola variedad, procedente de zonas productoras de frijol con manejo agronómico uniforme y las mismas prácticas de secado antes de almacenar el grano. El objetivo de esta selección fue proporcionar condiciones homogéneas en cada uno de los tratamientos en estudio.

### Cría de insectos

De acuerdo con la metodología propuesta por Pérez (2013), la multiplicación de los gorgojos se inició con la colecta de machos y hembras en graneros rústicos, colocándolos en granos de frijol criollo, previamente desinfectados con agua destilada y secados a la sombra.

En un frasco con capacidad de 5 L, se colocó la semilla de frijol hasta dos tercios de su volumen, se introdujeron los gorgojos, que conformaron el inicio de la cría. Posteriormente, los gorgojos adultos emergidos en la primera generación fueron trasladados a otro frasco con grano en condiciones de laboratorio, y así sucesivamente hasta obtener una población suficiente en un lapso de 60 días para poder realizar las pruebas de evaluación. De esta forma también se garantizó que los gorgojos empleados en el experimento no estuvieran expuestos a productos químicos indeterminados, para su control en condiciones de campo.

### Sexado del gorgojo del frijol:

Dado a que simple vista no se puede observar un dimorfismo sexual entre gorgojos adultos de *A. obtectus*, fue necesario hacer un sexado a través del estereoscopio, basado en la observación de los últimos segmentos abdominales de los insectos. En la Figura 1, se puede apreciar en la parte superior izquierda un gorgojo hembra del frijol con el último segmento abdominal curvado y café. El gorgojo macho tiene el último segmento más recto y grisáceo.

### Infestación de parejas de gorgojos adultos:

Se introdujeron 10 parejas adultas (relación 1:1 macho: hembra) en cada uno de los frascos de vidrio

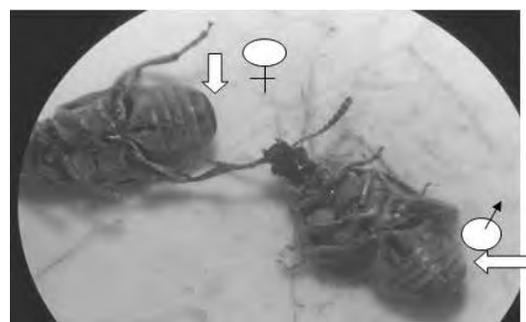


Figura 1. Sexado de gorgojo de frijol, identificando hembra ♀ y macho ♂.

con capacidad de 1 L, conteniendo 100 g de frijol criollo mezclado homogéneamente con los polvos de los productos naturales y minerales a evaluar en cada tratamiento. Cada frasco fue cubierto con muselina, sujeta con hules, para evitar que los gorgojos se escaparan.

### Análisis de los resultados

El análisis se realizó a los 60 días después de la infestación en cada uno de los tratamientos, ya que es el tiempo en que el gorgojo provoca los mayores daños en granos almacenados. Se extrajeron 100 g de frijol de cada recipiente. Para el caso del porcentaje de daño del grano, se empleó el método del conteo y peso de semilla tanto sana como dañada a través de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ daño} = \frac{\text{nd (ps/ns)}}{\text{nd (ps/ns) + ps}} \times 100$$

Donde:

nd = número de granos dañados

ps = peso de granos sanos

ns = número de granos sanos

Para evaluar la viabilidad de la semilla, de cada tratamiento se tomaron 100 semillas al azar, las cuales se hicieron germinar a temperatura ambiente acondicionadas con papel absorbente humedecido. Germinaron a los siete días, se contabilizaron para establecer los

porcentajes de germinación. Para evaluar las variables número de granos dañados, peso de granos sanos y número de granos sanos, se efectuaron Andevas y pruebas a través de Scheffé en el programa estadístico SPSS. Finalmente se realizó una correlación de rangos de Spearman *a priori*, considerando un coeficiente con valor de 1 o aproximado, que indicó una correlación positiva ascendente.

### Resultados

Los menores porcentajes de daño de granos de frijol en almacenamiento se obtuvieron con los tratamientos 2 y 6, con 1.64 %, obtenido por el polvo de pimienta negra, y 3.55 % de la mezcla cal con ceniza con significancia de .05.

El menor número de gorgojos vivos lo reportaron los tratamientos conformados por pimienta negra y mezcla de cal con ceniza, obteniendo 12 y 3 gorgojos vivos respectivamente, comparado con el resto de tratamientos que obtuvieron entre 92 a 148 gorgojos, siendo el testigo el de mayor cantidad con un total de 165 gorgojos vivos, como se muestra en la Figura 3.

### Discusión

Los resultados obtenidos en este estudio concuerdan con los documentados por Pérez (2013), quien recomienda el polvo de pimienta negra y el empleo de los materiales minerales de cal con ceniza por parte de



Figura 2. Unidades experimentales del ensayo sobre la efectividad de productos alternativos en el control del gorgojo del frijol.

Tabla 2  
 Promedio del porcentaje de daño causado por los gorgojos del frijol

Tratamiento	Número de repeticiones	Subconjunto para alfa = .05 (Significancia .053)
2 Pimienta negra ( <i>P. nigrum</i> )	4	1.6375
6 Mezcla de cal con ceniza (relación 1:1)	4	3.5475
4 Polvo de maíz ( <i>Z. mays</i> )	4	12.9075
5 Cascabillo o polvo de frijol ( <i>P. vulgaris</i> )	4	
7 Arena fina de río	4	
1 Raíz de chilca ( <i>S. salignus</i> )	4	
3 Polvo de pino de ocote ( <i>P. oocarpa</i> )	4	
8 Testigo, sin aplicación de ningún material	4	

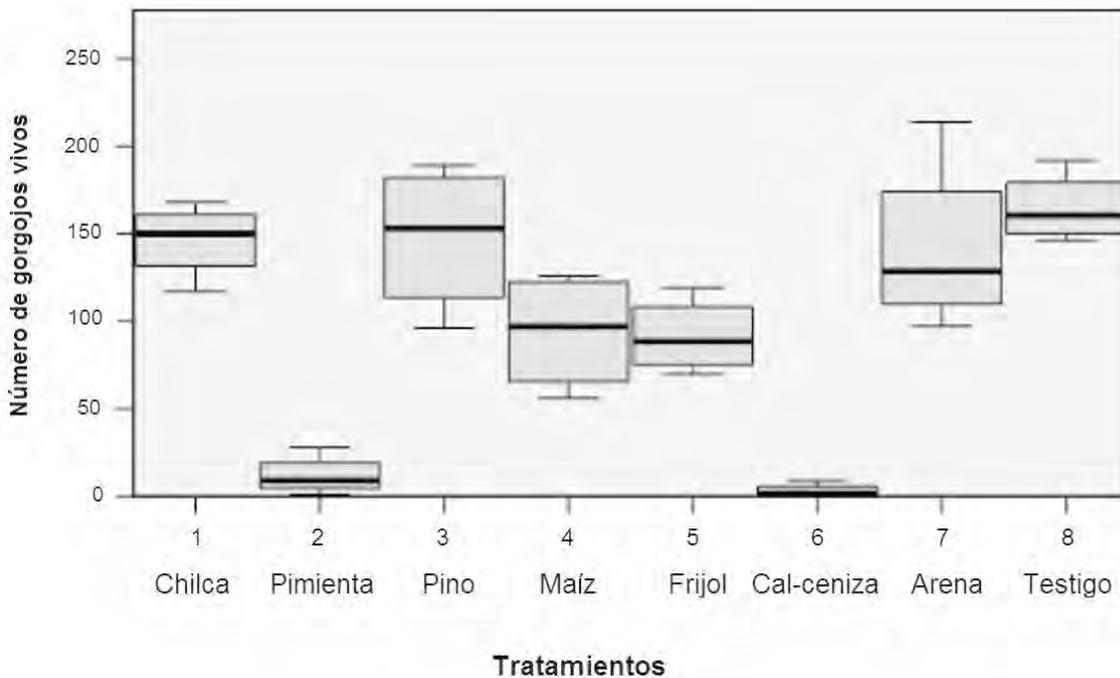


Figura 3. Número de gorgojos vivos capturados en cada tratamiento, al final de la evaluación.

la Asociación El Bálsamo (2013), para el control post-cosecha del gorgojo del frijol. Scott, Jensen, Philogene y Arnason (2008), en su estudio sobre una revisión de la fitoquímica, actividad insecticida y modo de acción de los extractos de *Piper* spp. concluyeron que estos ofrecen una fuente única y útil de material biopesticida para el control de insectos en pequeña escala, lo cual es consistente con el efecto documentado de la pimienta negra, que fue el tratamiento con mayor grado de control sobre los gorgojos y menor porcentaje de daño a los granos de frijol.

Asimismo, Rodríguez (2008) señala que diversos materiales como arena, cal, cenizas, polvo de ladrillo y piedra volcánica se han utilizado para proteger la cosecha en el almacén, indicando que en Oaxaca, es la medida más utilizada para conservar el maíz y el frijol sin insectos plaga. Respecto a las dosis se ha observado que la incorporación de 4 kg de cal por cada tonelada de grano almacenado evita el daño del gorgojo por un periodo de seis meses. Estos efectos pudieron ser validados en el presente estudio, ya que se detectaron diferencias significativas entre el control y el tratamiento de cal con ceniza que, después del tratamiento con pimienta negra, fue el que registró el segundo mayor porcentaje de control de gorgojos y el segundo menor porcentaje de daño. Cuevas (2006) indica en su estudio sobre el manejo de productos naturales para el control de insectos en almacén, específicamente en el gorgojo mexicano del frijol (*Z. subfasciatus*), que la cal originó 100% de mortalidad, 0% de emergencias y 0% de daño, demostrando su eficacia. La mezcla de arena, ceniza de carbón vegetal y algunos otros materiales con los granos de frijol, evitan la reproducción de los gorgojos; al parecer, estos lesionan por fricción su cutícula haciendo que pierdan humedad y si el grano está completamente seco se deshidraten y mueran (Cuevas, 2006).

La correlación establecida en la variable porcentaje de daño y número de gorgojos vivos fue cercana a uno (0.892), con una significancia de .01, lo cual sugiere que la variable independiente (número de gorgojos vivos), influyó sobre la variable dependiente (porcentaje de daño en las semillas de frijol en almacenamiento), obteniéndose un grado de asociación positivo entre las variables estudiadas: a mayor porcentaje de gorgojos vivos, mayor porcentaje de daño. Esta correlación se evidenció en los tratamientos 8 (testigo), 3 (polvo de pino de ocote) y 1 (polvo de raíz de chilca), ya que obtuvieron los porcentajes más altos de daño, siendo de 23.41%, 22.16% y 21.78% con una cantidad de gorgojos vivos de 165, 148 y 146 respectivamente.

De acuerdo con Rodríguez (2008), la mezcla de polvos de hoja y semilla de cedro (*Cedrela* spp.) con frijol evitan el daño de insectos plaga en Santiago Yancuitlalpan, Cuetzálan, Puebla, y en Chicontepec, Veracruz. Asimismo, en Santa Lucía Teotepec, Oaxaca, se incorporan las hojas secas o frescas, pulverizadas o despedazadas, de hierba santa (*Piper auritum* Kunth) en frijol almacenado para evitar el daño de plagas por más de un año. Para nuestro caso los frutos secos y molidos de pimienta negra (*P. nigrum*) fueron el material natural de mayor efectividad; no así los polvos de madera de pino de ocote (*P. oocarpa*) que reportó 22.16 % de daños como lo arriba indicado, siendo el de menor eficacia. Una posible explicación a estas diferencias es que la concentración de químicos repelentes o insecticidas puede ser más constante en los frutos y semillas de la pimienta negra (ej: piperina), que la concentración de resinas del pino, las cuales pueden tener más variabilidad dependiendo de la parte evaluada (más en la corteza, menos en la madera), variaciones estacionales u otras fuentes de variabilidad. Por ello algunos autores son capaces de documentar efectos insecticidas en ciertos productos naturales y otros no.

López y colaboradores (2010) señalan que la raíz de chilca, colectada en cualquier fecha del año y hasta con 7 meses de almacenamiento e impregnada como polvo a una concentración de 0.5% (5 kg de polvo por tonelada de grano) al grano de frijol, a nivel de laboratorio es capaz de matar todos los adultos del gorgojo mexicano del frijol (*Z. subfasciatus*), y así puede proteger completamente al frijol almacenado hasta por 30 días e inhibir totalmente la ovoposición. Esta situación no se presentó en el presente estudio, ya que el polvo de raíces de chilca ocupó el sexto lugar en relación a los daños del gorgojo, con un 21.78% de daño.

López y colaboradores (2010) mencionan que las plantas están en constante interacción con su ecosistema, de manera que los metabolitos secundarios que producen están cambiando continuamente de concentración. Esto hace que las plantas, sus extractos o sustancias, algunas veces no manifiesten actividad biológica mientras que en otras ocasiones muestran actividad repelente, insectistática o insecticida. Esta variabilidad indica que existen factores intrínsecos y extrínsecos que afectan la concentración y actividad de las sustancias insectistáticas e insecticidas. Los factores como edad de la planta (White, Pagán, & Jones, 1948), temperatura y humedad relativa atmosférica (Singh, 1987), precipitación (Schmutterer, 1990), fertilidad y pH del suelo donde crece la planta, humedad relativa y temperatura

del almacén (Ermel, Panlich, & Schmutterer, 1987), intensidad de la luz solar (Stokes & Redfern, 1982), y del ambiente durante el bioensayo (Harries, DeCoursey, & Hofmaster, 1945), deben estar en condiciones óptimas para alcanzar el mejor efecto en insectos. Esta variabilidad podría explicar, al menos parcialmente, por qué varios de los tratamientos evaluados no mostraron el efecto deseado de control sobre el gorgojo del frijol.

La presencia de polvos de los diferentes materiales naturales y minerales evaluados en esta investigación no influyen de forma significativa en la viabilidad de la semilla del frijol en almacenamiento, ya que mediante su infestación mantienen su poder germinativo, obteniendo resultados que superaron el 97% de germinación. Este valor se ajusta al porcentaje de germinación exigido para semillas que serán utilizadas nuevamente para la siembra, de acuerdo a Pérez (2013) quien determinó que una semilla comercial con buen porcentaje de germinación varía entre un 90 y 100%.

Se acepta la hipótesis alternativa, ya que se presentaron resultados favorables en el control del gorgojo del frijol en la conservación de granos almacenados. Se recomienda que los materiales a base de polvos de pimienta negra y mezcla de cal con ceniza se implementen en graneros de los agricultores del municipio de Malacatancito del Departamento de Huehuetenango, así como su validación por agricultores que se dediquen a la producción y conservación de granos de frijol. Esta representa una opción interesante para la reducción de daños de plagas en almacén y podría brindar una mayor aceptación social que los tratamientos químicos convencionales, así como beneficios adicionales a la salud y el ambiente.

### Agradecimientos

A la Dirección General de Investigación (Digi) de la Universidad de San Carlos de Guatemala por el financiamiento otorgado (proyecto 4.8.25.2.45) en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (Puirna). A los agricultores del municipio de Malacatancito del departamento de Huehuetenango por su colaboración en el campo. Al analista estadístico de Digi, Federico Nave, por su asesoría en los análisis realizados, a la Asistente de Editores Andrea Rodas por el apoyo logístico en la redacción del artículo científico, a Saúl Guerra, Coordinador del Puirna, por la asistencia técnica y administrativa, así como a todas las personas que colaboraron con la ejecución de la presente investigación.

### Referencias

- Asociación El Bálsamo. (2013). *Control alternativo de plagas en granos almacenados: Plagas en granos almacenados*. San Salvador, El Salvador: Autor.
- Cuevas, M. I. (2006). *Manejo de productos naturales para el control de insectos en almacenamiento*. México: Universidad del Estado de Morelos.
- Ermel, K., Pahlich, E., & Schmutterer, H. (1987). Azadirachtin content of neem kernels from different geographical locations, and its dependence on temperature, relative humidity, and light. En H. Schmutterer, K. R. Ascher (Eds.), *Natural pesticides from the neem tree (Azadirachta indica A. Juss) and other tropical plants* (pp. 171-184). Eschborn, Germany: GTZ.
- Freitas, R. S., Faroni, L., & Sousa, A. H. (2016). Hermetic storage for control of common bean weevil, *Acanthoscelides obtectus* (Say). *Journal of Stored Products Research*, 66, 1-5.
- García-Oviedo, J. A. (03 de abril de 2007). Elabora IPN frijol instantáneo altamente nutritivo. *El Universal*. Recuperado de <http://www.eluniversal.com.mx/articulos/39081.html>
- Harries, F. H., DeCoursey, J. D., & Hofmaster, R. N. (1945). Some factors affecting the insecticidal action of pyrethrum extracts on the beet leafhopper. *Journal Agriculture Research*, 71, 553-565.
- Leonard, D. K., Chakroff, M., Dybus, N., Kaufman, M., & Carico, E. J. (1981). *Cultivos tradicionales*. Peace Corps Information Collection and Exchange. Washington, D. C.: Cuerpo de Paz.
- López, E., Rodríguez, C., & Garza, R. (2010). Factores que optimizan la efectividad del polvo de raíz de *Senecio salignus* contra el gorgojo mexicano del frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 33(3), 225-230.
- Nava-Pérez, E., Gastélum-Hurtado, P., Camacho-Báez, J.R., Valdez-Torres, B., Bernal-Ruiz, C.R., & Herrera-Flores, R. (2010). Utilización de extractos de plantas para el control de gorgojo pardo *Acanthoscelides obtectus* (Say) en frijol almacenado. *Ra Ximhai*, 6(1), 37-43.
- Pérez, C. L. (2013). *Evaluación de siete plantas aromáticas para el control del gorgojo del frijol (Acanthoscelides obtectus Say), en periodo de*

- almacenamiento, Malacatancito, Huehuetenango* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Huehuetenango, Guatemala.
- Rodríguez C. M. (1985). *Efecto en el laboratorio de tres productos utilizados tradicionalmente para el control de plagas de insectos en granos almacenados*. México: Departamento del Hombre y su Ambiente.
- Rodríguez, H. C. (2008). Alternativas para el manejo integrado de gorgojos en graneros rústicos. *Revista Leisa de Agroecología*, 23(4), 32-35.
- Schmutterer, H. (1990). Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. *Annual Review of Entomology*, 35, 271-297. doi: 10.1146/annurev.en.35.010190.001415
- Scott, I. M., Jensen, H. R., Philogene, B. J., & Arnason, J. T. (2008). A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. *Phytochemistry Reviews*, 7(1), 65-75. doi: 10.1007/s11101-006-9058-5
- Singh, R. P. (1987). Comparison of antifeedant efficacy and extract yields from different parts and ecotypes of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) trees. En H. Schmutterer & K. R. Ascher (Eds.), *Natural pesticides from the neem tree (Azadirachta indica A. Juss) and other tropical plants* (pp. 185-194). Proceedings of the Third International Neem Conference, Nairobi, Kenya, 10-15 July, 1986.
- Stokes J. B., & Redfern, R. E. (1982). Effect of sunlight on azadirachtin: Antifeeding potency. *Journal of Environmental Science and Health*, 17, 57-65.
- Southgate, B. J. (1979). Biology of the Bruchidae. *Annual Review of Entomology*, 24, 449-473. doi: 10.1146/annurev.en.24.010179.002313
- Weaver, D. K., Dunkel, F. V., Cusker, J. L., & Van Puyelde, L. (1992). Oviposition patterns in two species of bruchids (Coleoptera: Bruchidae) as influenced by the dried leaves of *Tetradenia riparia* a perennial mint (Lamiales: Lamiaceae) that suppresses population size. *Environmental Entomology*, 21, 1121-1129. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/ee/21.5.1121>
- White, D. G., Pagán, C., & Jones, M. A. (1948). Production of *Derris elliptica* in relation to type of cutting and age at harvest. *Journal of Agricultural Research*, 77, 13-24.

## Exploratory serosurvey for antibodies to avian pathogens in backyard chickens from a satellite community of Jalapa City, Guatemala

Edvin Aquino-Sagastume<sup>1</sup>, Dennis Guerra-Centeno<sup>1\*</sup>,  
Carlos Valdez-Sandoval<sup>1</sup>, Federico Villatoro<sup>1</sup>, Daniela Villatoro<sup>2</sup>, Beatriz Santizo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Ciencia Animal y Ecosalud, <sup>2</sup>Laboratorio Clínico y <sup>3</sup>Laboratorio Regional de Referencia de Sanidad Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

Recibido: 12 de junio 2016 / Revisión: 14 de julio 2016 / Aceptado: 16 de agosto 2016 / Disponible en línea: 17 de octubre 2016

### Abstract

An exploratory serosurvey was conducted to determine the presence of circulating antibodies to avian pathogens in backyard chickens from Los Achiotés (LAC), a satellite community of Jalapa City, located in eastern Guatemala. Blood samples from 51 adult chickens belonging to 51 households were taken and investigated for the presence of antibodies to Avian Influenza (AI), Newcastle Disease (ND), Infectious Bronchitis (IB), Infectious Bursal Disease (IBD), *Mycoplasma gallisepticum* (MG) and *M. synoviae* (MS). Antibodies for AI, ND, were investigated by Hemagglutination Inhibition, for IB and IBD by ELISA (BioChek®) and for MG and MS by a rapid serum plate agglutination test. The cut-off point for positive titers was 1:4 for AI and ND and a 0.2 S/P ratio for IB and IBD. All sampled chickens were positive for concomitant antibodies to various pathogens. Over half of the chickens were positive reactors to antibodies to all six tested pathogens; about a third carried antibodies to five and the rest to four or three. The frequencies of positive reactors were: AI = 27 (53%); ND = 49 (96.1%); IB = 50 (98%); IBD = 51 (100%); MG = 45 (88%) and MS = 48 (94%). The results show that the dynamic population of backyard chickens in LAC could be a potential threat to backyard poultry, farm poultry, wild birds and human population. The need to develop interventions and policies following the *One Health* approach (animal health to achieve human health) is stressed.

Palabras claves: Avian influenza, Newcastle disease, infectious bronchitis, infectious bursal disease, *Mycoplasma*

### Resumen

Se realizó un estudio serológico exploratorio buscando anticuerpos contra patógenos aviarios en gallinas de traspatio de la comunidad Los Achiotés –una comunidad satélite de la Ciudad de Jalapa, en el oriente de Guatemala–. Se tomaron muestras de sangre de 51 gallinas provenientes de sendas casas. Se buscaron anticuerpos contra influenza aviar (IA), enfermedad de Newcastle (ENC), bronquitis infecciosa (BI), enfermedad de Gumboro (EG), *Mycoplasma gallisepticum* (MG) y *M. synoviae* (MS). Para investigar la presencia de anticuerpos contra IA y ENC se utilizó la prueba de inhibición de hemoaglutinación; para los anticuerpos contra BI la prueba de ELISA BioChek® y para los anticuerpos contra MG y MS la prueba rápida en placa. El punto de corte para títulos positivos fue de 1:4 para IA y ENC y de una razón S/P de 0.2 para BI y EG. Todas las gallinas muestreadas portaban concomitantemente anticuerpos contra varios patógenos aviarios. Más de la mitad de las gallinas portaban anticuerpos contra los seis patógenos estudiados. Las frecuencias de reactores positivos a anticuerpos fueron: IA = 27 (53%); ENC = 49 (96.1%); BI = 50 (98%); EG = 51 (100%); MG = 45 (88%) y MS = 48 (94%). Se concluye que la población dinámica de gallinas de traspatio de Los Achiotés podría ser una potencial amenaza para la avicultura artesanal, la avicultura tecnificada, las aves silvestres y la población humana. Se señala la necesidad de generar intervenciones y políticas desde la corriente denominada *Una salud* (salud animal para lograr la salud humana).

Keywords: Influenza aviar, Newcastle, bronquitis infecciosa, Gumboro, *Mycoplasma*



## Introduction

Backyard chicken production is an important resource for rural people in developing countries (Guèye, 2001, 2002, 2005; Sonaiya, Branckaert, & Guèye, 1999). It is perhaps the most important source of protein accessible for poor peasants (Farrel, 2013; Kitanyi, 1998; Tontisirin, Nantel, & Bhattacharjee, 2002). In the Spanish colonies of America, chickens have been raised since the XVI century (Sahagún de, 1830; Díaz del Castillo, 2005). As a food source, chicken meat is an important part of the culture of many ethnic groups, and its consumption is customary during social celebrations (Rodríguez et al., 2012). In addition to its use value as food, backyard chickens are also valuable as a commodity for exchange. People sell their chickens when they need to purchase other goods or services such as medicines, food, seeds, fertilizers and construction materials (Aklilu, Udo, Almekinders, & Van der Zijpp, 2008; Maass et al., 2013).

Although backyard chickens have been raised in Guatemala for almost 500 years, the number of publications in scientific journals concerning the epidemiology of their pathogens is relatively scarce. In other parts of the world, free ranging chicken production systems are characterized by high mortalities caused by infectious diseases, nutritional deficiencies and predators (Aini, 1990; Permin & Bisgaard, 2013). The presence of avian pathogens in backyard systems could be a source of infection for the domestic poultry industry. Some pathogens such as influenza viruses could also be a source of infection for the human populations. Endemic foci complicate the eradication of avian diseases affecting the exportation of poultry products to countries with sanitary barriers. Backyard chicken populations with pathogens are endemic, and they could also become sources of infection for wild birds, threatening important biological resources in a megadiverse country like Guatemala (Tolisano & López, 2010). The mortality of backyard chickens directly affect the patrimony of poor farmers and place them in a vulnerable situation.

The aim of this exploratory serosurvey was to search for immunological evidence of exposition to six common avian pathogens in backyard chickens of a satellite community of Jalapa City, Guatemala. This community, called Los Achiotes (LAC), is located at the crossroads of ecological and social conditions that could favor the dissemination of pathogens to humans, wild birds, backyard poultry, industrial poultry and some species of vertebrates.

## Material and methods

### Study site

Los Achiotes is a community of 97 households located near the northern end of the City of Jalapa on the slopes of the Jumay Volcano, Department of Jalapa (N 14°40'06.10"; W 89°59'39.48") in the eastern area of Guatemala. The average elevation is 1,376 m above sea level. The location of LAC, some geographical features and the sampling points are shown in Figure 1.

### Sampling design

Considering the compact nature of chicken flocks in backyard systems, the sampling design was based on ecological density-dependent transmission premises (Begon, 2009). Fifty-one households were randomly selected and one chicken was sampled from each one of these households and therefore, from each one of the flock. The householders of the selected households (mostly women), were asked for their permission to sample one chicken and, if agreed, they were asked to select and bring one adult, an apparently healthy individual. None of the participant householders had vaccinated their chickens as it is not a usual procedure in LAC.

### Sampling strategy and technique

All samples were taken on November 23, 2014. A cubic centimeter of blood was collected by puncture of the radial vein using 3 cc syringes with 22 gauge needle x 1'. The blood was allowed to stand in a 45° position at room temperature until the serum was separated. The sera were extracted and placed in 3 cc Vacutainer® tubes without anticoagulant. The tubes were placed in refrigeration and transported to the laboratory the next day.

### Sample processing

The serum samples were tested for antibodies to Avian Influenza (AI), Newcastle Disease (ND), Infectious Bronchitis (IB), Infectious Bursal Disease (IBD), *Mycoplasma gallisepticum* (MG) and *M. synoviae* (MS).

Antibodies were tested by various means. AI and ND (IgG, IgM) were tested by hemagglutination inhi-

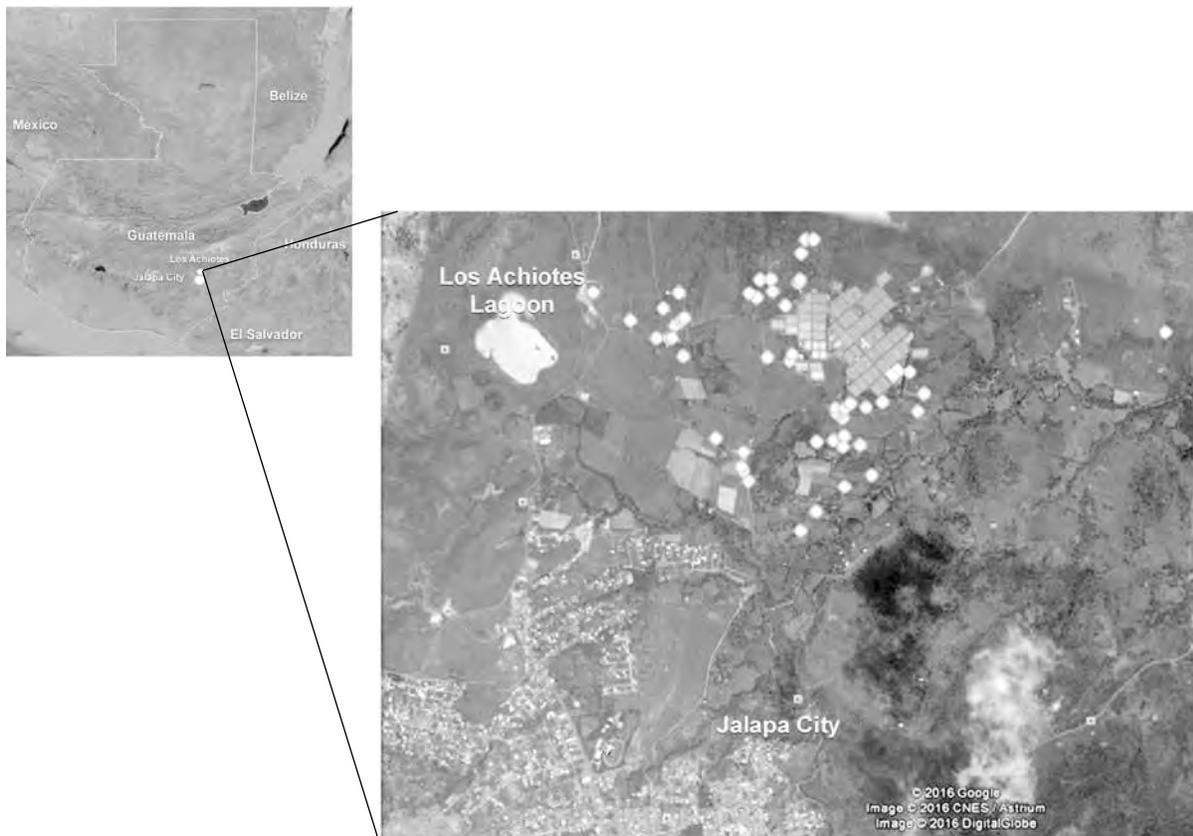


Figure 1. Location of Los Achiot community, Los Achiot Lagoon, the northern limit of Jalapa City and the sampling points (dots).

bition using the reference procedure of the World Organization for Animal Health (2016). For testing for IB (IgA, IgG, IgM) and IBD (IgG, IgM), by enzyme-linked immunosorbent assay (Elisa) a Bio-Check® kit was used. For testing for MG (IgM) and MS (IgM), a rapid serum plate agglutination test following the reference procedure of the OIE (2015) was used. All analyses were performed in the Regional Reference Laboratory for Animal Health (Larrsa) at the Veterinary Faculty, University of San Carlos (USAC) in Guatemala. The antigens for AI, ND, MG and MS tests were prepared in the Larrsa.

Antibody titers for AI and ND were recorded as the highest dilution prior to hemagglutination and for IB and IBD, as Elisa BioCheck® titers. Results for MG and MS were nominal (positive or negative). The titer cut-off point for interpreting a positive sample was the 1:4 dilution for AI and ND, and the 0.2 S/P ratio for IB and IBD.

## Data analysis

The frequency of response to pathogens was calculated as the percentage of positive reactors to antibodies. The mean titers for AI and ND were calculated as the geometric mean of the reciprocals and the mean titers for IB and IBD were calculated as the arithmetic mean of Elisa titers.

## Results

Antibodies to six pathogens were detected in the blood samples. The frequency of positive reactors was high for all six pathogens, and the overall frequency of positive reactors to antibodies to at least three pathogens was 100%.

The distribution of concomitancy (multi reactors) in the sampled chickens was as follows: 28/51

Table 1

*Distribution of positive reactors to antibodies to six avian pathogens in chickens of Los Achiotos Community, Jalapa, Guatemala. The "x" indicates presence of antibodies and the blank indicates absence*

Chicken No.	AI <sup>1</sup>	NCD <sup>2</sup>	IB <sup>3</sup>	IBD <sup>4</sup>	MG <sup>5</sup>	MS <sup>6</sup>	Number of concomitant antibodies
1	x	x	x	x	x	x	6
2	x	x	x	x	x	x	6
3	x	x	x	x	x	x	6
4	x	x	x	x	x	x	6
5	x	x	x	x	x	x	6
6	x		x	x	x	x	5
7	x	x	x	x	x	x	6
8	x	x	x	x	x	x	6
9	x		x	x	x		4
10	x	x	x	x			4
11	x		x	x			3
12		x	x	x		x	3
13		x	x	x		x	4
14		x	x	x	x	x	5
15		x	x	x	x	x	5
16	x	x	x	x	x	x	6
17		x	x	x		x	4
18		x	x	x	x	x	5
19		x	x	x	x	x	5
20	x	x	x	x	x	x	6
21	x	x	x	x	x	x	6
22	x	x	x	x	x	x	6
23	x	x	x	x	x	x	6
24		x	x	x	x		4
25		x	x	x	x	x	5
26	x	x	x	x	x	x	6
27	x	x	x	x	x	x	6
28	x	x	x	x	x	x	6
29	x	x	x	x	x	x	6
30		x	x	x	x	x	5
31		x	x	x	x	x	5
32		x	x	x	x	x	5
33	x	x	x	x	x	x	6
34	x	x	x	x	x	x	6
35	x	x	x	x	x	x	6
36	x	x	x	x	x	x	6
37		x	x	x	x	x	5
38		x	x	x	x	x	5
39		x	x	x			3
40	x	x	x	x	x	x	6
41		x	x	x	x	x	5
42		x	x	x	x	x	5
43		x	x	x	x	x	5
44	x	x	x	x	x	x	6

*Note.* <sup>1</sup>Avian Influenza, <sup>2</sup>Newcastle Disease, <sup>3</sup>Infectious Bronchitis, <sup>4</sup>Infectious Bursal Disease, <sup>5</sup>*Mycoplasma gallisepticum*, <sup>6</sup>*M. sinoviae*.

Table 1, continuation

45	x	x	x	x	x	x	6
46	x	x	x	x	x	x	6
47	x	x	x	x	x	x	6
48		x	x	x	x	x	5
49	x	x	x	x	x	x	6
50	x	x	x	x	x	x	6
51	x	x	x	x	x	x	6
Number of positive chickens	32	48	51	51	45	46	

Note. <sup>1</sup>Avian Influenza, <sup>2</sup>Newcastle Disease, <sup>3</sup>Infectious Bronchitis, <sup>4</sup>Infectious Bursal Disease, <sup>5</sup>*Mycoplasma gallisepticum*, <sup>6</sup>*M. sinoviae*.

sera (58%) were positive to antibodies to six pathogens; 15/51 sera (29%) were positive to antibodies to five pathogens; 5/51 sera (10%) were positive to antibodies to four pathogens and 3/51 sera (6%) were positive to antibodies to three pathogens.

The observed frequencies of positive reactors to pathogens were: AI = 27/51 samples (53%); ND = 49/51 samples (96.1%); IB = 50/51 samples (98%); IBD = 51/51 samples (100%); MG = 45/51 samples (88%) and MS = 48/51 samples (94%). The distribution of positive reactors to antibodies to the selected pathogens is shown in Table 1. The geometric mean titers were 4.22 for AI, 17.84 for ND, 5354 for IB and 5681 for IBD.

## Discussion

Chicken owners interviewed during the sampling phase of this research stated that chicken vaccination practices are absent in LAC. Therefore, it is assumed that any detected circulating antibodies resulted from the exposure to field pathogens (Chaka, Goutard, Bisschop, & Thompson, 2012). The possibility of non-specific reactions is low because to our knowledge, no humoral cross-reactions have been described between the studied pathogens.

The serological evidence indicating the presence of all six tested pathogens in the sampled chickens of LAC is not surprising. It is, in fact, a reflex of the complex community of endemic parasites to Guatemala. Moreover, the finding of chickens carrying concomitantly antibodies to six pathogens suggests simultaneous and multiple challenges. Concomitant parasite infections are common in host populations from developing countries (Petney & Andrews, 1998). Never-

theless, this could also be an indicator of vitality and resistance traits held by chickens that struggle to survive these multiple challenges.

It is known that several subtypes of AI virus circulate in Guatemala. The subtype H5N2 has been found in domestic fowl (Lee, Senne, & Suarez, 2004) and subtypes H7N9, H11N2, H3N8, H5N3, H8N4 and H5N4 in wild birds (González-Reiche et al., 2012; González-Reiche & Perez, 2012). The current evidence indicates that the main carrier of AI viruses in Guatemala is the blue-winged teal (*Anas discors* L.) (González-Reiche et al., 2012). This migratory bird species is widely distributed in the country including the Department of Jalapa (Howell & Webb, 1995). On the west edge of LAC, there is a lagoon (Laguna Los Achiotés, shown in Figure 1) which is visited by migratory waterfowl and is, therefore, a potential site for virus-host contact. During their migration, ducks –such as the blue-winged teal– use to stop at wetlands where they can meet other domestic or wild birds.

The high proportion of positive reactors to ND in chickens of LAC is a relevant finding because this disease is considered to be the most devastating for backyard chickens in rural areas (Aini, 1990; Alexander, 2000; Alexander, Bell, & Anders, 2004; Lomniczi et al., 1998). The fact that almost all chickens in LAC were positive to antibodies to ND could be an indicator of the pervasiveness of this virus in Guatemala. Although transmission commonly occurs from chicken to chicken, ducks and other wild migratory birds could also act as disseminators of the virus to backyard chickens (Onapa, Christensen, Mukiibi, & Bisgaard, 2006; Shim, So, Wong, & Mo, 2011).

The finding of IB evidence, has ecological and economic implications. It has ecological implications

because it is an easily transmitted virus with multiple serotypes and poor ability to generate cross immunogenicity in hosts (Cavanagh & Gelb, 2003), and therefore poses a threat of transmission to other domestic and wild birds. Economically, this disease is a major cause of economic losses in the poultry industry (Cavanagh, 2007) and one of the most difficult to control through vaccination programs.

The high frequency of antibodies to IBD is also interesting since this is an immunosuppressive virus (Sharma, Kim, Rautenschlein, & Yeh, 2000). The infection with IBD could at least partially explain the episodes of post-vaccination illness referred by farmers in other communities like Aldea El Caoba, in northern Guatemala (M. Córdova, August 15, 2013, personal communication). It is known that IBD affects the ability of chickens to respond to ND, IB and *Mycoplasma* inoculations (Giambone, Eidson, & Kleven, 1977).

It is interesting however that all the chickens sampled in this study were survivors to a previous exposition to IBD virus. An immunocompromised individual could hardly withstand a multifaceted challenge and manage to survive and respond with antibodies to all antigens to which it has been exposed. The effects of IBD exposition in backyard chickens warrants further investigation.

*Mycoplasma gallisepticum* and *M. synoviae*, have been identified as common opportunistic pathogens causing mortality, reduced egg production, and low feed conversion in poultry (Siddique, Rahman, Hussain, & Muhammad, 2012). The importance of having found circulating antibodies to these *Mycoplasma* species lies in the fact that, in addition to exert direct effects on the health of hosts, such pathogens often complicate the clinical pictures of other avian diseases such as ND and IB (Kleven, 1998).

Besides the natural dispersion, the farmer-mediated dynamics that occur when chicken populations are being restored after a “pest” outbreak contributes to the dissemination and circulation of the parasite community (including microbes). The farmers contacted in this study indicated that after losing their flock, they usually get replacement chickens from the same or from distant communities. At the landscape scale, this chicken population dynamics, and by extension, the parasite population dynamics, could correspond to a metapopulation model (Levins, 1969) where a mutable sources and sinks stage are developed and maintained in the households of LAC (Pulliam, 1998).

The commerce of poultry and poultry products from Mexico to Guatemala (García-García & Ramos, 2006) could also be a contributing factor for the dissemination of viruses in the landscapes of Guatemala. This dynamics poses a risk of intermittent contagion and spread of pathogens to birds and other vertebrates, including humans.

Los Achiotes community is a satellite village of Jalapa City, where more than 300,000 people live (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD] Guatemala, 2011). It is known that the most deadly outbreaks of avian influenza have emerged from mutations of avian viruses (Garten et al., 2009; Gerloff et al., 2014; Kim et al., 2014). Influenza viruses can stay and mutate in other vertebrate host species (Lu, Lycett, & Brown, 2014). Given the ecological and social conditions of LAC, the presence of circulating AI viruses -even low pathogenic forms- in the chicken population, could become a matter of public health.

One might be prone to think that chickens that now survive in the backyards of rural households of Guatemala belong to a super resistant breed of *Gallus gallus* L., created by semi-natural genetic selection processes ongoing from hundreds of years. Nevertheless, the occurrence of virus epidemics which decimate entire populations of backyard chickens -called accident or pest in Guatemala- are common in poor countries (Permin & Bisgard, 2013). These outbreak episodes can also be complicated by bacteria and other parasites which are also prevalent and common in backyard scavenger chicken populations (Colles et al., 2008; Dahl et al., 2002; Dubey et al., 2007). When an outbreak of accident is approaching, it is likely that some farmers rush to sell their chickens to markets (Mallia, 1999), often contributing to the spread of prevalent avian pathogens. Unlike what happens in confinement production systems that can achieve adequate levels of biosecurity, backyard production is characterized by a high risk of acquiring infections (Dahl et al., 2002).

The six species of pathogens circulating in the backyard chicken flocks of LAC are probably only a part of the diversity of pathogens in the agricultural ecosystem (Petney & Andrews, 1998). In a recent study, multiple infections have also been found in backyard chickens from a northern rural community of Guatemala (Aguilar-Miller, Guerra-Centeno, Valdéz-Sandoval, Monterroso, & García, 2016). It is possible that certain environmental conditions characterized by an abundance of resources favor the natural resistance of chickens to multiple exposure to pathogens (Beldome-

nico & Begon, 2010). However, out of that period of surplus, when resources become scarce and environmental stress increases, the immune system of chickens could succumb, allowing the exacerbation of multiple pathogens (Alexander, Bell, & Anders, 2004) and the raising of mortality.

The findings of the present study lead us to formulate some hypotheses that are interesting. (1) The genetic selection that backyard chicken populations have undergone, since their introduction to Guatemala in the sixteenth century, has produced individuals resistant to challenges of a certain magnitude and frequency; (2) Multiple resistance is not sufficient to cope with the conditions occurring during times of the year when food is scarce and the environment becomes unfavorable or offensive; (3) The population dynamics (immigration, emigration, mortality and birth) observed at the intra- and inter- scales, enables and favors the persistence of pathogens in the environment, establishing metapopulations and sources and sinks systems (Pulliam, 1988); (4) The unfavorable weather conditions, the presence of pathogens in the environment and the poor condition of chickens at the end of the dry season, favors the emergence of accident or pest disease outbreaks; (5) The persistence of pathogens in LAC could pose a health risk to domestic and wild birds and to human populations, especially considering the proximity of this community to a populated city, a lagoon, a river and a natural protected area (Jumay Volcano).

The high frequencies of multiple reactors to antibodies to common avian diseases observed in LAC suggest that these diseases could be somehow neglected or underserved by social actors normally responsible to promote livestock health and productivity. The limited number of scientific publications about epidemiology of common diseases in backyard chickens from Guatemala reinforces the hypothesis that this issue is somehow neglected or disregarded.

Although the presence of pathogens is recognized as an outbreak risk, backyard chickens are such a valuable resource for the rural poor farmers that we are morally obligated to seek viable and efficient ways to maintain and raise the productivity of this species without affecting the balance and sustainability of agro ecosystems. The importance and convenience of improving animal health from the One Health approach, through public policies and interventions to achieve improvements in the quality of life for poor farmers, has recently been recognized (Stringer, 2014) and is strongly recommended for the case of LAC.

## Acknowledgments

The authors thank Juan Pablo Sagastume and Eduardo Aquino for their collaboration in the field sampling and exploratory social research. The authors also thank the participants of LAC for providing permission for taking blood samples from their chickens.

## References

- Aini, I. (1990). Indigenous chicken production in South-east Asia. *World's Poultry Science Journal*, 46(01), 51-57.
- Aguilar-Miller, H. J., Guerra-Centeno, D. S., Valdéz-Sandoval, J. C., Monterroso, P., & García, R. (2016). Estudio serológico de anticuerpos contra patógenos comunes, en gallinas de patio de la aldea El Caoba, Reserva de la Biosfera Maya, Guatemala. *Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente*, 3, 95-106.
- Aklilu, H. A., Udo, H. M., Almekinders, C. J., & Van der Zijpp, A. J. (2008). How resource poor households value and access poultry: Village poultry keeping in Tigray, Ethiopia. *Agricultural Systems*, 96(1-3), 175-183.
- Alexander, D. J. (2000). Newcastle disease and other avian paramyxoviruses. *Revue Scientifique et Technique (Office International des Epizooties)*, 19(2), 443-462.
- Alexander, D. J., Bell, J. G., & Alders, R. G. (2004). *A technology review: Newcastle disease, with special emphasis on its effect on village chickens* (No. 161). Roma: Food & Agriculture Organization.
- Begon, M. (2009). Ecological epidemiology. In Levin, S. A., Carpenter, S. R., Charles, H., Godfray, J., Kinzig, A. P., Loreau, M., Losos, J. B., Walker, B., & Wilcove, D. S. (Eds), *The Princeton guide to ecology* (pp. 220-226). Princeton: Princeton University Press.
- Beldomenico, P. M., & Begon, M. (2010). Disease spread, susceptibility and infection intensity: Vicious circles? *Trends in Ecology & Evolution*, 25(1), 21-27.

- Cavanagh, D. (2007). Coronavirus avian infectious bronchitis virus. *Veterinary Research*, 38(2), 281-297. doi: 10.1051/vetres:2006055
- Cavanagh, D., & Gelb, J. (2003). Infectious bronchitis. In Y. M. Saif (Ed.), *Diseases of poultry* (pp. 117-134). New Jersey: Blackwell Publishing.
- Chaka, H., Goutard, F., Bisschop, S. P. R., & Thompson, P. N. (2012). Seroprevalence of Newcastle disease and other infectious diseases in backyard chickens at markets in Eastern Shewa zone, Ethiopia. *Poultry Science*, 91(4), 862-869. doi: 10.3382/ps.2011-01906
- Colles, F. M., Jones, T. A., McCarthy, N. D., Sheppard, S. K., Cody, A. J., Dingle, K. E., ... Maiden, M. C. (2008). Campylobacter infection of broiler chickens in a free-range environment. *Environmental Microbiology*, 10(8), 2042-2050. doi:10.1111/j.1462-2920.2008.01623.x
- Dahl, C., Permin, A., Christensen, J. P., Bisgaard, M., Muhairwa, A. P., Petersen, K. M. D., ... Jensen, A. L. (2002). The effect of concurrent infections with *Pasteurella multocida* and *Ascaridia galli* on free range chickens. *Veterinary Microbiology*, 86(4), 313-324.
- Díaz del Castillo, B. (2005). *La verdadera historia de la conquista de la Nueva España*. México: Porrúa.
- Dubey, J. P., Sundar, N., Gennari, S. M., Minervino, A. H., Farias, N. D., Ruas, J. L., ... Su, C. (2007). Biologic and genetic comparison of *Toxoplasma gondii* isolates in free-range chickens from the northern Pará state and the southern state Rio Grande do Sul, Brazil revealed highly diverse and distinct parasite populations. *Veterinary Parasitology*, 143(2), 182-188. doi:10.1016/j.vetpar.2006.08.024
- Farrell, D. (2013). Función de las aves de corral en la nutrición humana. In Food & Agriculture Organization, *Revisión del desarrollo avícola* (pp. 2-3). Roma: FAO.
- García-García, J., & Ramos, C. (2006). La influenza, un problema vigente de salud pública. *Salud Pública de México*, 48(3), 244-267.
- Garten, R. J., Davis, C. T., Russell, C. A., Shu, B., Lindstrom, S., Balish, A., ... Cox, N. J. (2009). Antigenic and genetic characteristics of swine-origin 2009 A (H1N1) influenza viruses circulating in humans. *Science*, 325(5937), 197-201. doi: 10.1126/science.1176225
- Gerloff, N. A., Khan, S. U., Balish, A., Shanta, I. S., Simpson, N., Berman, L., ... Davis, C. T. (2014). Multiple reassortment events among highly pathogenic avian influenza A (H5N1) viruses detected in Bangladesh. *Virology*, 450-451, 297-307. doi:10.1016/j.virol.2013.12.023
- Giambrone, J. J., Eidson, C. S., & Kleven, S. H. (1977). Effect of infectious bursal disease on the response of chickens to *Mycoplasma synoviae*, Newcastle disease virus, and infectious bronchitis virus. *American Journal of Veterinary Research*, 38(2), 251-253.
- González-Reiche, A. S., Morales-Betoulle, M. E., Alvarez, D., Betoulle, J. L., Müller, M. L., Sosa, S. M., & Perez, D. R. (2012). Influenza A viruses from wild birds in Guatemala belong to the North American lineage. *PloS ONE*, 7(3): e32873. doi:10.1371/journal.pone.0032873.
- González-Reiche, A. S., & Perez, D. R. (2012). Where do avian influenza viruses meet in the Americas? *Avian Diseases*, 56(4s1), 1025-1033.
- Guèye, E. F. (2001). Marketing of family poultry products in Africa to be improved. *World Poultry*, 17(5), 12-16.
- Guèye, E. F. (2002). Employment and income generation through family poultry in low-income food-deficit countries. *World's Poultry Science Journal*, 58(4), 541-557.
- Guèye, E. F. (2005). Gender aspects in family poultry management systems in developing countries. *World's Poultry Science Journal*, 61(1), 39-46.
- Howell, S. N., & Webb, S. (1995). *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford: Oxford University Press.
- Kim, Y. I., Pascua, P. N. Q., Kwon, H. I., Lim, G. J., Kim, E. H., Yoon, S. W., ... Choi, Y. K. (2014). Pathobiological features of a novel, highly pathogenic avian influenza A (H5N8) virus. *Emerging Microbes & Infections*, 3(10), e75. doi: 10.1038/emi.2014.75
- Kitalyi, A. J. (1998). *Village chicken production systems in rural Africa: Household food security and gender issues* (Vol. 142). Roma: Food and Agriculture Organization.

- Kleven, S. H. (1998). Mycoplasmas in the etiology of multifactorial respiratory disease. *Poultry Science*, 77(8), 1146-1149.
- Lee, C. W., Senne, D. A., & Suarez, D. L. (2004). Effect of vaccine use in the evolution of Mexican lineage H5N2 avian influenza virus. *Journal of Virology*, 78(15), 8372-8381. doi: 10.1128/JVI.78.15.8372-8381.2004
- Levins, R. (1969). Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control. *Bulletin of the Entomological Society of America*, 15(3), 237-240.
- Lomniczi, B., Wehmann, E., Herczeg, J., Ballagi-Pordany, A., Kaleta, E. F., Werner, O., ... Damoser, J. (1998). Newcastle disease outbreaks in recent years in Western Europe were caused by an old (VI) and a novel genotype (VII). *Archives of Virology*, 143(1), 49-64.
- Lu, L., Lycett, S. J., & Brown, A. J. (2014). Reassortment patterns of avian influenza virus internal segments among different subtypes. *BMC Evolutionary Biology*, 14(1), 16.
- Maass, B. L., Chiuri, W. L., Zozo, R., Katunga-Musale, D., Metre, T. K., & Birachi, E. (2013). Using the 'livestock ladder' as a means for poor crop-livestock farmers to exit poverty in Sud Kivu province, eastern DR Congo. In B. Vanlauwe, P. Van Asten, & G. Blomme (Eds.), *Agro-Ecological intensification of agricultural systems in the African highlands* (pp. 145-155). London: Earthscan, Routledge.
- Mallia, J. G. (1999). Observations on family poultry units in parts of Central America and sustainable development opportunities. *Livestock Research for Rural Development*, 11(3).
- Onapa, M. O., Christensen, H., Mukiibi, G. M., & Bisgaard, M. (2006). A preliminary study of the role of ducks in the transmission of Newcastle disease virus to in-contact rural free-range chickens. *Tropical Animal Health and Production*, 38(4), 285-289. doi: 10.1007/s11250-006-4309-4
- Permin, A., & Bisgaard, M. (2013). A general review on some important diseases in free-range chickens. In Food & Agriculture Organization, *The scope and effect of family poultry research and development. First INFPD/FAO Electronic Conference on Family Poultry* (pp. 163-167). Rome: FAO.
- Petney, T. N., & Andrews, R. H. (1998). Multiparasite communities in animals and humans: Frequency, structure and pathogenic significance. *International Journal for Parasitology*, 28(3), 377-393. doi:10.1016/S0020-7519(97)00189-6
- Programa de las Naciones Unidas (2011). *Cifras para el desarrollo humano Jalapa* (Colección Estadística Departamental, Fascículo 21). Guatemala: Autor.
- Pulliam, H. R. (1988). Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist*, 132(5), 652-661.
- Rodríguez, G., Sanabria, N., Ramírez, C., Guevara, F., Perezgrovas, R., & Zaragoza, L. (2012). La gallina de rancho y el caldo de gallina como elementos de identidad campesina frailescana. *Actas Iberoamericanas de Conservación Animal*, 2, 25-34.
- Sahagún de, B. (1830). *Historia general de las cosas de Nueva España*. (Tomo tercero). In C. M. de Bustamante (Ed.). México: Imprenta del Ciudadano Alejandro Valdés
- Sharma, J. M., Kim, I. J., Rautenschlein, S., & Yeh, H. Y. (2000). Infectious bursal disease virus of chickens: Pathogenesis and immunosuppression. *Developmental & Comparative Immunology*, 24(2-3), 223-235. doi:10.1016/S0145-305X(99)00074-9
- Shim, J.-B., So, H.-H., Won, H.-K., & Mo, I.-P. (2011). Characterization of avian paramyxovirus type 1 from migratory wild birds in chickens. *Avian Pathology*, 40(6), 565-572. doi: 10.1080/03079457.2011.616187
- Siddique, A. B., Rahman, S. U., Hussain, I., & Muhammad, G. (2012). Frequency distribution of opportunistic avian pathogens in respiratory distress cases of poultry. *Pakistan Veterinary Journal*, 32(3), 386-389.
- Sonaiya, E. B., Branckaert, R. D. S., & Guèye, E. F. (1999). Research and development options for family poultry. In Food & Agriculture Organization, *The scope and effect of family poultry research and development. First INFPD/FAO Electronic Conference on Family Poultry* (pp. 3-18). Rome: Food and Agriculture Organization.
- Stringer, A. (2014). Improving animal health for poverty alleviation and sustainable livelihoods. *Veterinary Record*, 175(21), 526-529. doi:10.1136/vr.g6281

- Tolisano, J., & Lopez, M. M. (2010). *Guatemala biodiversity and tropical forest assessment*. Washington: United States Agency for International Development.
- Tontisirin, K., Nantel, G., & Bhattacharjee, L. (2002). Food-based strategies to meet the challenges of micronutrient malnutrition in the developing world. *Proceedings of the Nutrition Society*, 61(2), 243-250.
- World Organization for Animal Health (2016). *Manual of diagnostic tests and vaccines for terrestrial animals 2016*. [Web version]. Retrieved from <http://www.oie.int/international-standard-setting/terrestrial-manual/access-online/>

## ¿Por qué continúa la contaminación de aguas en Guatemala?

Norman L. Siguí\*

Eco-ingeniería Consultiva, Guatemala

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

Recibido: 01 de agosto 2016 / Revisión: 01 de septiembre 2016 / Aceptado: 15 de noviembre 2016 / Disponible en línea: 13 de marzo 2017

### Resumen

Para la protección ambiental se han emitido en Guatemala tres reglamentos que se refieren al agua residual, y una ley de protección y mejoramiento del medio ambiente. El último reglamento emitido es el Acuerdo Gubernativo 236-2006, denominado Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, que derogó los reglamentos anteriores (Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas (1989) y Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores (2005)). El problema es que, el reglamento vigente tiene varias deficiencias y en muchos aspectos no mejoró lo que se había estipulado en los acuerdos previos, además al compararlo con los reglamentos equivalentes de México y Costa Rica, el reglamento guatemalteco es ineficaz. Entre las carencias se encuentra que; no diferencia los cuerpos de agua receptores, el plazo de cumplimiento es largo, no distingue tipos de industria, se redujeron las categorías de reúso de agua residual, disminuye el involucramiento del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, la periodicidad de muestreos es menor, no se considera la medición de demanda química de oxígeno, la medición de color en el agua no es la adecuada y no considera la presencia de parásitos en las descargas. En virtud de la protección ambiental que el país requiere, es necesario realizar una revisión al Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, que debería concluir con la derogación del reglamento y la emisión de uno nuevo más completo, mejorado y que se base en investigación científica.

### Abstract

For the environmental protection in Guatemala there have been three regulations for discharge and reuse of wastewater and sludge disposal, and one law for environmental protection. The last regulation issued that is currently in force is the Environment Agreement 236-2006 "Regulation of Discharge and Reuse of Wastewater and Sludge Disposal", repealing the previous regulations (Government Agreement 60-1989 and 66-2005). But the regulation 236-2006 has many deficiencies and in many aspects did not improve what had been stipulated in the previous agreements, also when is compared with the regulations of Mexico and Costa Rica, Guatemala's regulations are ineffective. Among the deficiencies in 236-2006, it is observed that: there is not difference between receiving bodies, the compliance deadline is long, there is not difference for industries and their wastewater, the reuse categories for wastewater was reduced, there is less engagement of the Health Ministry, less frequency of sampling, it is not considered the measurement of chemical oxygen demand, color measurement in water is not adequate and there is not consideration for the presence of helminths in the treated wastewater. For the environmental protection that the country needs, it is necessary to perform a review of the Government Agreement 236-2006 and it should conclude with the repeal of regulation and issuance of a new one more complete, improved and based on scientific research.

Segundo lugar del Segundo Concurso de Ensayo Científico (2015) de la Dirección General de Investigación



## Introducción

Guatemala es un país que por su ubicación geográfica y topografía, cuenta con una alta diversidad de flora y fauna localizada en hábitats muy vulnerables que frente a las amenazas dadas por la actividad humana, corren alto riesgo de sufrir cambios irreversibles.

Toda acción que realiza el ser humano tiene un impacto en el medio ambiente. El comercio o industria que utiliza agua, genera desechos en forma de agua residual contaminada, y esta una vez depurada, genera lodos que contienen todas las impurezas sustraídas del agua.

Consciente de lo anterior, el Estado ha implementado políticas de protección ambiental y con este fin la [Constitución Política de la República de Guatemala](#), establece en el artículo 97 que:

El estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional, están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico, que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación (1985).

En ese sentido, se han formulado leyes y reglamentos que contribuyan a alcanzar el mandato constitucional indicado, entre ellos tenemos el [Decreto de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente \(1986\)](#) cuyo objetivo principal es “velar por el mantenimiento del equilibrio ecológico y la calidad del medio ambiente”. Esta ley en su artículo 15 considera los objetivos que debe tener todo reglamento que promueva la protección del recurso hídrico y de allí se deriva que en el año 2006 se aprobara el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#).

A pesar que este reglamento tiene 10 años de estar vigente, la contaminación de los cuerpos de agua sigue en aumento ocasionando graves problemas sociales y ambientales, además de la necesidad de asignar una mayor cantidad de recursos financieros públicos y una institucionalidad fuerte para su solución. Es por ello que surge la pregunta; ¿qué hace falta? o probablemente la pregunta más acertada sea: ¿qué anda mal y qué debe mejorarse?

En los próximos apartados se pretende analizar el [Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#), haciendo énfasis en los aspectos que no considera o aquellos que tienen grandes deficiencias. Se intentará demostrar que la legislación en protección de los cuerpos de agua por vertido de aguas residuales, aún tiene muchas carencias que deberán ser ampliadas o corregidas para cumplir con los compromisos adoptados por el país en la ya lejana conferencia de las Naciones Unidas, celebrada en Estocolmo en 1972, integrándose a los programas mundiales para la protección y mejoramiento del medio ambiente.

## Contenido

Lo primero a destacar es que el [Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#) entró en vigencia 20 años después que la Ley de Protección del Medio Ambiente; asimismo durante ese periodo se decretaron dos reglamentos, que incluyen el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas \(1989\)](#) y el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores \(2005\)](#). El primero fue derogado por el segundo, el cual fue a su vez derogado por el actual.

Los tres reglamentos que se han promulgado mantuvieron el mismo objeto principal, y entre otras cosas, establecieron los límites máximos permisibles, que son el valor máximo permitido que deberá tener cada parámetro de calidad de agua residual, antes de ser descargada a cuerpos receptores o al alcantarillado público. Vale la pena mencionar que cuerpo receptor se refiere a todo cuerpo de agua superficial, subterráneo y costero ([Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 2005](#)), y que la contaminación se mide principalmente, por la cantidad de materia orgánica en el agua. Indudablemente el hecho de emitir un nuevo reglamento se asume que era para mejorar el anterior, pero como se explica a lo largo de este estudio, no todos los aspectos de cada reglamento fueron mejorados, es más, algunos aspectos indispensables en la protección ambiental fueron omitidos en las posteriores versiones.

El [reglamento](#) del año 1989 realmente era muy pobre, poco específico y dejaba muchos temas pendientes de resolver. Sin embargo, este se mantuvo sin

cambios por 16 años hasta la entrada en vigencia del [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores \(2005\)](#). Eso fue mucho tiempo para mejorar y ampliar una normativa que trata un aspecto que se considera fundamental para el desarrollo social y económico del país ([Decreto de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, 1986](#)). Si bien es cierto que Guatemala tiene muchas necesidades y otros aspectos a resolver de gran urgencia, no hay excusa aceptable para retrasar más de una década el desarrollo de un nuevo reglamento que vendría a mejorar la calidad de vida de la población y a proteger la flora y la fauna del país.

De lo anterior se denota la falta de interés de las autoridades en cada gobierno desde 1989, en la legislación se evidencia la indiferencia del Estado a resolver problemas que en esos años no parecían tan evidentes. Cabe mencionar que hasta finales del siglo pasado, aún se podían encontrar muchos cuerpos de agua en muy buen estado, el recurso agua parecía ilimitado, la industria (que ahora genera la mayor contaminación) comenzaba su crecimiento exponencial y en general la vida aún era de buena calidad en términos de salud ambiental. Por lo tanto, no parecía tan importante y urgente dedicarse a resolver problemas ambientales, a pesar que sí lo era.

En el año 2005 con el nuevo reglamento en vigencia, se da un paso importante en la legislación para el vertido de aguas residuales. Este nuevo acuerdo gubernativo resultó ser bastante exigente en los límites máximos permisibles de cada parámetro de calidad. Si bien es cierto que tenía ciertas deficiencias, era un reglamento que realmente protegía el recurso hídrico y superaba en muchos aspectos a su reglamento sucesor, tal como se verá en los próximos apartados.

Como primer punto el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores \(2005\)](#) dividía los cuerpos receptores en: (a) ríos, riachuelos y quebradas, (b) lagos, lagunas, y embalses naturales y artificiales, (c) aguas costeras, (d) subsuelo, (e) humedales y, (f) alcantarillado público; en cambio el [Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#), asume todos los tipos de cuerpo receptor como iguales (excepto esteros), lo cual no es adecuado. El primer reglamento hace bien la división, dictando límites máximos permisibles distintos para cada tipo de cuerpo receptor. Por ejemplo, era más estricto el control para vertidos a lagos y lagunas, que para ríos; algo técnicamente lógico debido a que estos

últimos tienen una mayor autodepuración, es decir que tienen mayor capacidad de degradar la materia orgánica presente por medio de procesos naturales. Es de destacar que muchos de los límites máximos permitidos en el 2005, eran menores a los ahora vigentes, es decir que el [Acuerdo Gubernativo de del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos \(2006\)](#) exige menor calidad de agua del efluente final de cada ente generador de agua residual.

Otro punto importante de diferencia entre ambos acuerdos, es que aquel reglamento redactado en el 2005 solamente otorgaba seis años para su cumplimiento, dividido en nada más dos etapas de tres años cada una; es decir que para el 2011 todo ente generador de agua residual ya debía cumplir con las exigencias máximas. El reglamento actual, divide el cumplimiento en cuatro etapas, debiendo cumplir con los límites de forma progresiva con porcentajes de reducción estipulados en sus artículos. Probablemente solo dos etapas era algo complicado y costoso de cumplir, pero dividir en cuatro etapas donde la primera comenzó en el 2011 (5 años después de entrar en vigencia el acuerdo) y la última hasta el año 2024, es una meta muy poco exigente dada la importancia vital del tema.

A lo anterior se añade que en el 2015 mediante la [Reforma al Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#), el artículo 24 amplió en un plazo de dos años la obligación que todas las municipalidades del país tengan en operación, por lo menos sistemas de tratamiento primario de aguas residuales. Esto motivado porque en mayo del 2015 ya debían haber cumplido los municipios con el citado artículo, y se consideró que las autoridades ediles no eran capaces de lograr la meta, en virtud de la ausencia de recursos financieros y presupuestarios. Como si dos años de extensión no bastaran, en el 2016 se emite otra Reforma del [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#), en el cual se amplía por dos años más la obligación de las municipalidades de tratar las aguas residuales de su municipio, nuevamente aduciendo la ausencia de recursos financieros y presupuestarios. Ambas prórrogas se pueden considerar un atropello a los intereses sociales en protección ambiental ya que se perdonó a las municipalidades, en dos ocasiones, por su falta de planificación e interés en conservar el recurso hídrico.

El primer reglamento, [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Des-](#)

carga de Aguas Servidas (1989), también consideraba acciones muy importantes pero omitidas en los subsiguientes reglamentos. Allí se establecían límites máximos permisibles de descarga distintos para cada tipo de industria. El acuerdo dividía las actividades industriales en: (a) industria de alimentos, (b) industria del beneficiado húmedo del café, (c) industria de caña de azúcar, (d) industria procesadora de metales y otras que empleen sales metálicas, y (e) industria de la tenería. Esta división es interesante, porque efectivamente no todos los procesos industriales vierten los mismos contaminantes y en la misma concentración. De preferencia, no todas las empresas deben ser evaluadas de la misma forma, es por eso que la división en conjuntos de industrias con vertidos similares en calidad de agua, es significativa. Cabe mencionar que el *Reglamento de Vertido y Reúso de Aguas Residuales de Costa Rica*, también hace esa clasificación y la hace de manera mucho más detallada; inclusive, los costarricenses especifican parámetros de calidad a analizar complementarios para cada tipo de industria, distinguiendo más de 200 categorías de entes generadores de agua residual de tipo especial (*Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica [Minae], 2007*),

Otro punto es que el *Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos dedica un capítulo a la reutilización de aguas residuales tratadas*, esto significa aquellas que han llevado algún proceso de tratamiento o que si no han sido depuradas, es porque su calidad cumple con ciertos límites. Para esto se clasifica el reúso posible del agua en cuatro categorías, mientras que en la normativa del 2005 se distinguían siete categorías. Las más relevantes que fueron eliminadas son: (a) riego para uso urbano (parques, combate de incendios y lavado de inodoros, entre otros), y (b) reúso en la construcción (compactación de suelos, control de polvo y lavado de materiales). Ambos son usos donde se podría ahorrar consumo de agua potable y que ahora en la nueva normativa no se consideran. Asimismo en el 2005 no se daban límites máximos permisibles de calidad de agua para reúso, ya que debía ser el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Marn) quien otorgará licencia para reusar aguas residuales previo a dictamen del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y con pruebas del interesado en donde se demostrara que la reutilización del agua no provocaría daños a la salud de la población (*Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 2005*).

De lo antes mencionado se entiende que en los reglamentos anteriores se contemplaba más participación del Marn y MSPAS, en el sentido de controlar y regular los vertidos de aguas negras, debiendo tener todo ente generador una Licencia Ambiental justificada en base a análisis de agua. Ambos ministerios debían realizar monitoreos y pruebas aleatorias a entes generadores por lo menos cada cuatro meses, pero el nuevo reglamento exime al MSPAS de esta labor y no define periodicidad al Marn para realizar los controles de descargas de agua residual. Además el reglamento pasado indicaba que todo ente generador debía realizar muestreos y análisis de calidad del agua trimestralmente y presentarlos al Marn en informe semestralmente (*Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 2005*). El Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos únicamente requiere muestreos de agua cada seis meses. El hecho de no solicitar mayor frecuencia de toma de muestras y su análisis a lo largo del año, resulta en que una industria podría realizar su muestreo los dos días del año en que tenga menor producción, esto significa que sus resultados parecerán mucho más amigables al ambiente de lo que realmente pueden ser. Es un tema que no se analiza en ningún reglamento, pero si el Marn efectuara mayores esfuerzos en su control aleatorio de entes generadores de contaminantes, podría verificar si los resultados que estos presentan son representativos y verídicos.

Otro aspecto importante previo al reúso del agua residual en agricultura, es que al momento en que el agua se infiltra en el suelo, las características químicas del manto freático pueden ser alteradas (*Candela et al., 2007*). Resulta de gran importancia establecer la obligatoriedad a estudios de la profundidad del manto acuífero, ya que de esta depende el grado de contaminación que se pueda aportar por la infiltración de aguas residuales (*Wilson et al., 1995*) incluso después de ser depuradas.

En cuanto a la revisión que se debe hacer a los reglamentos, que es un artículo específico en cada uno, el *Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores (2005)* consideraba su revisión cada tres años, realizando las reformas que se consideraran necesarias, muy diferente al *Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (2006)* que dicta revisión cada cuatro años, pero “respetando el principio de gradualidad en las etapas

de cumplimiento y considerando el grado de cumplimiento de los entes generadores y de las personas que descargan al alcantarillado público”. Se comprende que el nuevo reglamento cuida a los mayores entes generadores de contaminación por agua residual, en el sentido de no poder acortar los plazos de cumplimiento ni el modelo de reducción progresiva de sustancias contaminantes. Según lo ya descrito, se hace evidente que el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos \(2006\)](#) es mucho más flexible con los entes más contaminantes que el reglamento predecesor, que si bien era riguroso, no imponía metas irreales o inalcanzables.

Otro ejemplo para llegar a la conclusión anterior, es el parámetro de color en el efluente final de agua residual especial (aquella proveniente de uso industrial, agrícola, pecuario y hospitalario, entre otros) ([Pala & Tokat, 2002](#)). En el 2005 se establecía como límite máximo permisible 40 unidades de color en la escala platino-cobalto, sin establecer etapas de cumplimiento, es decir que debía de cumplirse en un plazo de seis años. En cambio en el reglamento del año 2006 el límite máximo permisible en la última etapa de cada artículo regulatorio del parámetro de color, es de 500 unidades. Además se debe considerar que el parámetro de color medido en escala de platino-cobalto no es el método adecuado para agua residual, en especial para la del tipo industrial; se debe de utilizar métodos más precisos como el espectrofotométrico posterior a filtración de la muestra para obtener el color real ([APHA, AWWA, & WEF, 2012](#)).

Otro parámetro valioso en el estudio del agua residual es la demanda química de oxígeno (DQO), que tiene relevancia sobre todo en aguas industriales, indicando en conjunto con la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO<sub>5</sub>), la degradabilidad del agua por medios biológicos. Si una descarga es débilmente biodegradable el cociente entre DQO y DBO<sub>5</sub> es mayor, indicando necesidad de depuración de materia orgánica por medios químicos, que son económicamente más costosos. Si bien el [Acuerdo Gubernativo de 2006 del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos](#) pide medir esta relación, en ningún momento establece un límite máximo permisible para DQO (como si lo hacía el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 2005](#)), consintiendo así que una industria pueda permitirse utilizar un tratamiento biológico (relativamente económico) y

reducir la DBO<sub>5</sub>, pero no reducir significativamente la DQO que representa la cantidad de materia orgánica e inorgánica oxidable por vía química, y que es la más dañina al medio ambiente debido que será difícil o imposible degradar esa carga contaminante por medios naturales (autodepuración). Sin duda alguna es el costo de operación el gran motivo para pretender evitar utilizar tratamientos químicos.

Los parásitos en el agua como parámetro de calidad, no se tomaron en cuenta por el reglamento vigente para el análisis del agua residual. Se tiende a pensar que el principal aspecto a evaluar para evitar las enfermedades más comunes es la cantidad de coliformes fecales en el agua, pero en Guatemala se ha dejado de lado la presencia de helmintos. Estos son gusanos parásitos en los seres vivos que se encuentran muy frecuentemente en el agua residual ([Mahvi & Kia, 2006](#)). En la potabilización del agua, los huevos de helmintos suelen eliminarse levemente por decantación, pero principalmente por filtración en lechos de arena y antracita ([Mahvi & Kia, 2006](#)). En el tratamiento de agua residual, resulta más difícil su eliminación debido a que la filtración —si la hay—, es en medios más porosos y la sedimentación no es tan efectiva como en procesos de potabilización de agua para consumo humano.

El hecho que el reglamento actual en Guatemala no contemple la cantidad de helmintos u otros parásitos en el agua residual tratada, es un grave error. [La Organización Mundial de la Salud \(OMS\)](#) indica que muchas infecciones tienen como causa helmintos como *Enterobius vermicularis* (lombriz intestinal) e *Hymenolepis nana* (tenia enana), expulsados en las excretas humanas ([Duncan & Cairncross, 1990](#)). Es importante controlar este parámetro sobre todo cuando el agua pretende ser reutilizada en agricultura con riego no restringido o acuicultura ([Rivera, 2011](#)). Como la desinfección por cloro no mata a la mayoría de estos parásitos ([Duncan & Cairncross, 1990](#)), si logran pasar los procesos de sedimentación y filtración, lo cual tiene alta probabilidad de ocurrencia, el agua tratada estará contaminada por helmintos ([Gupta, Khan, & Santra, 2009](#)).

El reglamento del 2005 sí consideraba este aspecto de los parásitos, así como también lo hacen los reglamentos de México y Costa Rica ([Minae, 2007](#); [Norma Oficial Mexicana que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales, 1997](#)). El Acuerdo Gubernativo de Guatemala prohibía la descarga de aguas residuales al suelo que contengan un huevo de helminto por litro, y cinco huevos

de helminto por litro para riego restringido ([Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 2005](#)). Se observa que alguna vez los gobernantes se interesaron por proteger la salud pública de infecciones causadas por este tipo de parásitos, pero curiosamente y por razones desconocidas, esa restricción fue eliminada un año después en el actual reglamento.

La eliminación de helmintos para cumplir los límites máximos dados en algunos reglamentos es complicada. Tal como lo indica la OMS, los sistemas ordinarios para tratamiento de aguas residuales no son en general eficaces para eliminar huevecillos de helmintos ([Duncan & Cairncross, 1990](#)). Los procesos de sedimentación más utilizados no suelen dar el tiempo necesario para permitir que los huevos se depositen en el fondo, algo que si ocurre en lagunas o humedales ([Molleda, Blanco, Ansola, & de Luis, 2008](#)) pero que son tecnologías poco utilizadas por el área que ocupan. Remover huevos de helmintos requiere de mayor inversión en áreas de tratamiento o uso de otros procesos que generen altas temperaturas o utilización de productos que impliquen mayor costo de tratamiento. El alto costo de eliminar estos parásitos no justifica la falta de regulación; es un tema de salud pública, que es un derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna ([Constitución Política de la República de Guatemala, 1985](#)).

El [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos \(2006\)](#) establece límites para la presencia de coliformes fecales en el agua residual, pero estos no son el principal indicador de contaminación fecal en el agua. La bacteria *Escherichia coli* se encuentra en todas las heces fecales de mamíferos, y ha sido demostrado que es el mejor indicador de contaminación fecal ([Baudišová, 1997; Edberg, Rice, Karlin, & Allen, 2000](#)).

Por otro lado, reducir la cantidad de coliformes fecales hasta los valores establecidos en el reglamento, no es posible con los tratamientos de agua residual primario y secundario, sino que es necesario añadir una etapa de desinfección. En Guatemala, por motivos de eficiencia y costo, este proceso suele hacerse por adición de cloro o compuestos de este elemento. El problema es que al combinar cloro con materia orgánica (que siempre permanecerá cierta cantidad en el agua residual tratada) forma compuestos llamados trihalometanos que son considerados cancerígenos ([Panyakapo, Soontornchai, & Paopuree, 2008](#)). A esto se le suma que el

cloro residual en el agua es dañino para la vida acuática ([Helz & Nweke, 1995](#)). Por lo anterior, es necesario que la normativa contemple la eliminación de cloro en la descarga de agua residual a cuerpos receptores ([United States Environmental Protection Agency, 2000](#)) tal y como se hace en otros países.

Al revisar la normativa mexicana en el aspecto del agua residual, se encuentra que los límites máximos permisibles, se dividen en promedio diario (PD) y promedio mensual (PM). El PD se refiere al valor que resulta del análisis de una muestra compuesta. En el caso de grasas y aceites, es el promedio ponderado en función del caudal, y la media geométrica para los coliformes fecales, de los valores que resulten del análisis de cada una de las muestras simples tomadas para formar la muestra compuesta ([Norma Oficial Mexicana que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales, 1997](#)).

De forma similar la normativa mexicana define el PM como el valor que resulte de calcular el promedio ponderado en función del caudal, de los valores que resulten del análisis de al menos dos muestras compuestas ([Norma Oficial Mexicana que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales, 1997](#)). La distinción de PD y PM para establecer distintos límites para las descargas de agua residual, es un aspecto de importancia considerando que una muestra no siempre es representativa. Por ejemplo, en un día de producción puede darse un caudal con una concentración atípica de contaminantes, y que esa muestra no represente la realidad de las descargas normales de un ente generador. Es por eso que el PM siempre es un límite permisible más fuerte, ya que es el más representativo del vertido. Así la norma mexicana contempla no perjudicar al ente generador, pero sin descuidar en ningún momento el resguardo al recurso hídrico.

Como se dijo a lo largo de los apartados anteriores, el [Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos \(2006\)](#) de Guatemala como nuevo reglamento en materia de agua residual y lodos, resulta ser poco riguroso y pareciera beneficiar a ciertos sectores, o por lo menos pareciera no intentar afectarlos enormemente aunque esto signifique sacrificar el cuidado ambiental de interés social. Otro ejemplo es que la normativa establece como límite máximo permisible de  $DBO_5$  en las descargas a cuerpos receptores (excepto esteros) y al alcantarillado público, en su última etapa o para entes

generadores nuevos, un valor de 200 mg/l. Este dato es relativamente fácil de alcanzar para aguas residuales de tipo ordinario por medio de un tratamiento habitual de agua residual (pretratamiento, tratamiento primario y secundario). Es más, el valor típico de este parámetro para agua residual doméstica sin tratamiento se encuentra entre 200 y 300 mg/l, es decir que un tratamiento con un 35% de eficiencia es suficiente para cumplir la regulación. El que sea una meta fácil de conseguir, significa que no se requiere gran inversión en procesos de tratamiento para lograr el objetivo, permitiendo así el vertido de un agua residual “poco tratada” y que aún tiene gran cantidad de materia orgánica que sumada a un caudal diario grande, deriva en mucha contaminación expresada en kilogramos de  $\text{DBO}_5$  por día. En resumen, con esta norma en cierta forma aún es permitido contaminar los afluentes naturales.

Como primera ley en materia ambiental, el **Decreto de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)** en su artículo número 15, indica que el Gobierno velará por el mantenimiento de la cantidad del agua para el uso humano y otras actividades cuyo empleo sea indispensable; y dicta los objetivos por los cuales deberán velar los reglamentos futuros para cumplir con el mandato anterior. De tales objetivos mencionaré tres que a criterio propio, son los más olvidados: (a) evaluar la calidad de las aguas y sus posibilidades de aprovechamiento mediante análisis periódicos sobre sus características físicas, químicas y biológicas; (b) ejercer control para que el aprovechamiento y uso de las aguas no cause deterioro ambiental; y (c) revisar permanentemente los sistemas de disposición de aguas servidas o contaminadas para que cumplan con las normas de higiene y saneamiento ambiental, y fijar los requisitos (**Decreto de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, 1986**). Esta reflexión se puede resumir en la falta de control y monitoreo por parte de las autoridades, que por sus funciones deben ser el MSPAS y el Marn.

En el país se demuestra constantemente que la falta de control y vigilancia ambiental en la calidad del agua, resulta en el incumplimiento de deberes y obligaciones de empresas y personas individuales que debiera ser penado por la ley. La falta de personal de los ministerios mencionados, recolectando muestras para análisis de calidad de agua físico-química y bacteriológica, deriva en la ausencia de la imposición de las sanciones que estipula la ley. Finalmente, sin sanciones, difícilmente habrá cumplimiento de las normas.

Respecto a las sanciones, la **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)** define ciertas ordenanzas, pero aclara que el Código Penal de Guatemala es quien emite las principales sanciones. En ese código, **Decreto del Código Penal de Guatemala (1973)**, en su capítulo IV “Delitos contra la salud pública” establece el artículo 302 que dice lo siguiente: “quien, de propósito, envenenare, contaminare, o adulterare, de modo peligroso para la salud, agua de uso común o particular, o sustancia alimenticia o medicinal destinadas al consumo humano, será sancionado con prisión de dos a ocho años”. En materia ambiental, el Código Penal no termina allí. Entre otros muchos artículos está el 347 B que establece lo siguiente: “se impondrá prisión de dos a diez años y multa de tres mil a diez mil quetzales, al Director, Administrador, Gerente, Titular o Beneficiario de una explotación industrial o actividad comercial que permitiere o autorizare, en el ejercicio de la actividad industrial, la contaminación del aire, el suelo o las aguas, mediante emanaciones tóxicas, ruidos excesivos, vertiendo sustancias peligrosas o desechando productos que puedan perjudicar a las personas, a los animales, bosques o plantaciones...” (**Decreto del Código Penal de Guatemala, 1973**) Ambos son artículos bastante fuertes, que lamentablemente parecen ser desconocidos.

Por su lado, la **Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (1986)** establece sanciones como: advertencias, tiempo para la corrección de los factores que deterioran el medio ambiente, suspensiones, comiso de materias primas y otros elementos, modificación o demolición de construcciones violatorias a la ley, y establecimiento de multas económicas valoradas por la magnitud de la violación (**Congreso de la República de Guatemala, 1986**).

La población tiene derecho a saber la importancia del cuidado del recurso hídrico en el tema de las descargas de agua residual, haciendo énfasis en el impacto que estas tienen en la salud humana y en los ecosistemas, de los cuales gran parte de las comunidades subsisten. Cada persona debe estar informada que las leyes conceden acción popular para realizar denuncias ante las autoridades sobre hechos que generen contaminación, para que estas puedan proceder con evaluaciones, controles y sanciones de conformidad a la ley (**Congreso de la República de Guatemala, 1986**). El pueblo también debe conocer la relevancia que pueden tener sus denuncias, y así vencer el miedo a evidenciar industrias poderosas del país e incluso municipalidades.

Por último, el modelo de reducción progresiva de cargas de  $DBO_5$  del **Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (2006)**, no exige grandes inversiones a los entes generadores para el tratamiento de aguas residuales, ya que la reducción se suponía en un período total de 13 años, pero que ahora con la última prórroga otorgada a las municipalidades, la última etapa de reducción entra en vigencia en el año 2031. Solamente 5 años es tiempo suficiente para: destruir un ecosistema, acabar con alguna especie acuática, mantener alta la morbilidad de una población, y en general, para dañar el medio ambiente.

### Conclusiones

A manera de conclusión y considerando lo descrito a lo largo de este ensayo, se debe hacer una revisión profunda al **Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos (2006)**, finalizando en la derogación del mismo y la creación de un nuevo reglamento de descargas y reúso de agua residual y la disposición de lodos; tomando como base los primeros reglamentos formulados en Guatemala y seguir el ejemplo de países vecinos como México y Costa Rica, países que comparten grandes similitudes en ecosistemas y que sí se han preocupado por protegerlos y sobre todo, por velar por la salud de su población como fin principal del Estado.

La ausencia de legislación clara, con metas e indicadores ambientales muy bien definidos y estrictos, es una de las causas fundamentales por las cuales se contaminaron las aguas en Guatemala. Aun estamos a tiempo de revertir el daño, un nuevo reglamento de aguas servidas debe establecerse, pero basado en investigación científica. Solo así se podrán cumplir los objetivos y metas del Plan de Desarrollo Nacional *K'atun*: Nuestra Guatemala 2032, el cual tiene entre sus prioridades la gestión sostenible de los recursos hídricos para el logro de objetivos sociales, económicos y ambientales (**Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural & Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, 2014**) de lo contrario, año con año se irá deteriorando esa riqueza natural que caracteriza a este hermoso país.

### Referencias

- APHA, AWWA, & WEF. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (22nd ed.). Washington, DC: American Water Works Association.
- Baudišová, D. (1997). Evaluation of *Escherichia coli* as the main indicator of faecal pollution. *Water Science and Technology*, 35(11-12), 333–336. doi:10.1016/S0273-1223(97)00281-3
- Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Requisitos Mínimos y sus Límites Máximos Permisibles de Contaminación para la Descarga de Aguas Servidas, 60-89. Diario de Centro América. (1989).
- Acuerdo Gubernativo del Reglamento de Descargas de Aguas Residuales a Cuerpos Receptores, 66-2005. Diario de Centro América. (2005).
- Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, 236-2006. Diario de Centro América. (2006).
- Candela, L., Fabregat, S., Josa, A., Suriol, J., Vigués, N., & Mas, J. (2007). Assessment of soil and groundwater impacts by treated urban wastewater reuse. A case study: Application in a golf course (Girona, Spain). *Science of the Total Environment*, 374(1), 26–35. doi:0.1016/j.scitotenv.2006.12.028
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural, & Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. (2014). *Resumen ejecutivo Plan Nacional de Desarrollo K'atun: Nuestra Guatemala 2032*. Guatemala: Segeplan.
- Decreto del Código Penal de Guatemala, 17-73. Diario de Centro América. (1973).
- Constitución Política de la República de Guatemala. Diario de Centro América. (1985).
- Decreto de la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, 68-86. Diario de Centro América. (1986).
- Duncan, M., & Cairncross, S. (1990). *Directrices para el uso sin riesgos de aguas residuales y excretas en agricultura y acuicultura*. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.
- Edberg, S. C., Rice, E. W., Karlin, R. J., & Allen, M. J. (2000). *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public

- health protection. *Symposium Series (Society for Applied Microbiology)*, 29, 106S–116S. doi:10.1111/j.1365-2672.2000.tb05338.x
- Gupta, N., Khan, D. K., & Santra, S. C. (2009). Prevalence of intestinal helminth eggs on vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. *Food Control*, 20(10), 942–945. doi:10.1016/j.foodcont.2009.02.003
- Helz, G., & Nweke, A. (1995). Incompleteness of wastewater dechlorination. *Environmental Science & Technology*, 29(4), 1018–1022.
- Mahvi, A. H., & Kia, E. B. (2006). Helminth eggs in raw and treated wastewater in the Islamic Republic of Iran. *Eastern Mediterranean Health Journal*, 12(1-2), 137–143.
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica. (2007). *Reglamento de vertido y reúso de aguas residuales*. Costa Rica: La Gaceta.
- Molleda, P., Blanco, I., Ansola, G., & de Luis, E. (2008). Removal of wastewater pathogen indicators in a constructed wetland in Leon, Spain. *Ecological Engineering*, 33(3-4), 252–257. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.05.001
- Norma Oficial Mexicana que Establece los Límites Máximos Permisibles de Contaminantes en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales, NOM-001-SEMARNAT-1996. Diario Oficial de la Federación. (1997).
- Pala, A., & Tokat, E. (2002). Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives. *Water Research*, 36(11), 2920–2925.
- Panyakapo, M., Soontornchai, S., & Paopuree, P. (2008). Cancer risk assessment from exposure to trihalomethanes in tap water and swimming pool water. *Journal of Environmental Sciences*, 20, 372–378.
- Reforma al Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, número 236-2006 de fecha cinco (5) de mayo del año dos mil seis (2006). Diario de Centro América. (2015).
- Reforma al Acuerdo Gubernativo del Reglamento de las Descargas y Reúso de Aguas Residuales y de la Disposición de Lodos, 236-2006 de fecha cinco de mayo del año dos mil seis. Diario de Centro América. (2016).
- Rivera, E. (2011). *Informe para el programa de uso seguro de aguas residuales para la agricultura*. Guatemala: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- United States Environmental Protection Agency. (2000). Wastewater Technology Fact Sheet Dechlorination. *Environmental Protection Agency*, 1–7. doi:EPA 832-F-99-062
- Wilson, L. G., Amy, G. L., Gerba, C. P., Gordon, H., Johnson, B., & Miller, J. (1995). Water quality changes during soil aquifer treatment of tertiary effluent. *Water Environment Research*, 67(3), 371–376. doi:10.2175/106143095x131600



**III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología**  
**III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology**

**T1 - Estudios arqueológicos de pre construcción del Gran Canal Interoceánico de Nicaragua**

*Archaeological studies of Great Interoceanic Nicaragua Channel*

Sagrario Balladares-Navarro, Leonardo Lechado-Ríos ..... 179

**T2 - Bioprospección de hiperparásitos de *Hemileia vastatrix* en Guatemala**

*Bioprospection of hyperparasites of Hemileia vastatrix in Guatemala*

Soren S. Ramírez-Barillas, José M. Escobar-Sandoval, Gustavo Álvarez-Valenzuela ..... 180

**T4 - Registro universitario y red social de investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala**

*University registration and social network of researchers from the University of San Carlos of Guatemala*

Julio Estrada, Federico Nave, Gerardo Arroyo ..... 181

**T6 – Evaluación del estado trófico de la Laguna de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP**

*Evaluation of the trophic state of Ayarza Lake using the WASP simulation model*

Andrea E. Rodas ..... 182

**T7 – El injerto en tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.) alternativa al cambio climático**

*Graft in tomato (Solanum lycopersicum Mill.) alternative to the climate change*

Santiago Maradiaga ..... 183

**T8 - Evaluación del crecimiento de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a través de plantas nodrizas**

*Evaluation of the growth of Guatemalan fir (Abies guatemalensis Rehder) through mother plants*

Gesly A. Bonilla-Landaverry, Sindy Y. González-Sánchez ..... 184

**T10 - Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico**

*Adaptation and performance of Guatemalan native plants in an aquaponics system*

Carlos Valdez-Sandoval, Dennis Guerra-Centeno, Edvin Aquino-Sagastume, Mercedes Díaz, Ligia Ríos ..... 185

**T11 - Aprovechamiento de semillas de hule (*Hevea brasiliensis* L.) para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)**

*Utilization of rubber seeds (Hevea brasiliensis L.) for feed of tilapia (Oreochromis niloticus L.)*

Gustavo A. Elías-Ogaldez, Eduardo E. Chacón-Osorio ..... 186

**T12 - Comparación visual de grandes jerarquías: El caso de las de taxonomías biológicas**

*Visual comparison of large hierarchies: the case of the biological taxonomies*

Lilliana Sancho-Chavarría, Erick Mata-Montero ..... 187

**T14 - Pronóstico hidrometeorológico en la cuenca del Río Reventazón, Costa Rica**

*Hydrometeorological prognosis in the basin of the Reventazon River, Costa Rica*

Lizeth D. Vargas ..... 188

**T15 - Aguas residuales y contaminación del lago de Amatitlán: Villa Canales y Villa Nueva (2005-2014)**

*Water waste and pollution of Amatitlan lake: Villa Canales and Villa Nueva (2005-2014)*

Luis F. Olayo ..... 189

**T16 - Comparación de curvas regionales y métodos de precipitación escorrentía para la estimación de avenidas máximas**

*Comparison of regional curves and methods of precipitation runoff for the estimation of maximum avenues*

Priscilla Riggioni ..... 190

**T17 - Acuíferos volcánicos de Guatemala**

*Volcanic aquifers from Guatemala*

Isaac R. Herrera-Ibañez ..... 191

**T18 - Monitoreo ante inundaciones en comunidades de la cuenca baja del Río Ostúa y Lago Guija, Guatemala**

*Monitoring flood in communities of the lower basin of the Ostua River and Guija Lake, Guatemala*

Carla Gordillo ..... 192



**III Encuentro Bienal de Investigación y Posgrado 2016 / Ciencia y Tecnología**  
**III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology**

**T19 – Caracterización y evaluación de la calidad del agua de los ríos Quisab y San Francisco, Guatemala**

*Characterization and evaluation of water quality Quisab and San Francisco Rivers, Guatemala*

Norma E. Gil .....193

**T24 - Electrocardiógrafo registrador de datos con comunicación inalámbrica a computador**

*Recorder data with wireless communication to computer electrocardiograph*

Yeser A. Morales, Keller Jirón.....194

**T25 - Análisis sobre exposición de personas a campos electromagnéticos emitidos por redes celulares desplegadas en ambientes urbanos**

*Analysis on exposure of people to electromagnetic camps issued by cellular networks deployed in urban environments*

Oscar N. Martínez, Marvin Arias .....195

**T26 – Factibilidad para la implementación de la televisión digital**

*Feasibility for the implementation of digital TV*

Ariel Montenegro .....196

**T-27 Gestión para la seguridad frente a desastres en áreas urbanas históricas: un modelo de planificación estratégica, sistémica y prospectiva**

*Security management against disasters in historical urban areas: a model of strategic, systemic and prospective planning*

Susana Palma.....197

**T28 - DSP2DSB: Distinción de emisiones de radio solares en imágenes de espectros dinámicos**

*DSP2DSB: distinction of radio solar emissions in images of dynamic spectra*

Felipe Meza, Luis Crespo.....198

**T29 - Análisis de la red intermodal de transporte de Centroamérica**

*Analysis of the intermodal transport network of Central America*

Kristel Suárez.....199

**T30 - Análisis de redes sociales para la comunicación entre organizaciones de gestión de desastres en Panamá**

*Social networks analysis for communication between Panama disaster management organizations*

Xiomara Vallarino.....200



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T1 - Estudios arqueológicos de pre construcción del Gran Canal Interoceánico de Nicaragua

Sagrario Balladares-Navarro\*, Leonardo Lechado-Ríos

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN), Managua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [sabanarro@yahoo.es](mailto:sabanarro@yahoo.es)

### Resumen

Los resultados obtenidos en las dos primeras jornadas de campo de los estudios arqueológicos de pre construcción del Gran Canal Interoceánico de Nicaragua (GCIN), dan cuenta de la transformación de un espacio en el litoral Pacífico sur del país, ya que en él fueron encontradas varias elevaciones artificiales alrededor de un manglar, expresión de una alta y dinámica producción de sal en el pasado, iniciada en el 800 dC. El rescate del patrimonio arqueológico en la ruta proyectada se inició en noviembre de 2015 desde la UNAN-Managua, financiado por la concesionaria HKND Group y el CNU en cumplimiento a las leyes vigentes nacionales e internacionales. Es un primer paso en contribución al Plan Nacional de Desarrollo Humano, ya que entre otras cosas, se trata de recuperar la historia de los pueblos originarios que existieron a lo largo de esta ruta y de quienes aún se conoce poco.

Palabras claves: Rescate, patrimonio, transformación, medio ambiente

### Abstract

Archaeological studies for pre construction of the Great Interoceanic Nicaragua Channel (GCIN), realize the transformation of an area on the Pacific coast south of the country, where they were found several artificial elevations around a mangrove swamp, as a result of high and dynamic salt production in the past, initiated in the 800 AD. The rescue of archaeological heritage in the planned route began in November 2015 from the UNAN, Managua, financed by the concessionaire HKND Group and the CNU in accordance with national and international laws in force. It is a first step in contribution to the National Human Development Plan, since among other thing, it is to recover the history of the native peoples that existed along this route and those that still little is known.

Keywords: Rescue, patrimony, transformation, environment



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T2 - Bioprospección de hiperparásitos de *Hemileia vastatrix* en Guatemala

Soren S. Ramírez-Barillas, José M. Escobar-Sandoval, Gustavo Álvarez-Valenzuela\*

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

### Resumen

La bioprospección de agentes de control biológico es una actividad primaria en la búsqueda de alternativas para el manejo de plagas y enfermedades; las reservas naturales dentro de plantaciones de café por las características de biodiversidad son aptas para albergar diversidad microbiana y entre ellos agentes biocontroladores. El estudio se realizó en 10 fincas con reservas naturales con café, cinco en el departamento de Guatemala, cuatro en Sacatepéquez y una en Chimaltenango, los muestreos se realizaron en época seca y lluviosa; se obtuvo, documentó y determinaron en laboratorio los agentes hiperparásitos: *Cladosporium hemileiae* Steyaert, y *Lecanicillium lecanii* (Zimmern.) Zare & W. Gams y además un insecto micófago *Mycodiplosis* sp. (Diptera, Cecidomyiidae). Se evaluaron las cepas de los hongos hiperparásitos con el índice de velocidad de crecimiento micelial (IVCM) y producción de conidiosporas. Se estableció que las mejores cepas de *C. hemileiae* fueron: Morán época seca parte baja, San Sebastián época seca y Guardabarranca parte alta; para *L. lecanii* fueron: San Sebastián época seca y Corral Viejo estación lluviosa parte baja.

Palabras claves: Biocontroladores, roya, control biológico, prevalencia, hiperparásito

### Abstract

Bioprospecting biological control agents is a primary activity in the search for alternatives for pest and diseases management in natural reserves of coffee plantations with a biodiversity characteristics are suitable to host microbial diversity. The study was conducted in 10 farms with voluntary private natural reserves: five in Guatemala, four in Sacatepéquez and one in Chimaltenango, sampling was carried out during the dry and rainy seasons. The hyperparasites were obtained, documented and determined: *Cladosporium hemileiae* Berk. & Br., and *Lecanicillium lecanii* (Zimmern.) Zare & W. Gams., and a mycophage insect *Mycodiplosis* sp. (Diptera, Cecidomyiidae). After analysis of mycelial growth rate (IVCM) and conidiospores production, it was established that the best strains of *C. hemileiae*, were: Moran dry season low part, San Sebastián dry season and Guardabarranca high part; for *L. lecanii*, were: San Sebastian dry season and Corral Viejo wet season low part.

Keywords: Biocontrol, rust, biological control, prevalence, hyperparasites



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T4 - Registro universitario y red social de investigadores de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Julio Estrada\*, Federico Nave, Gerardo Arroyo

Dirección General de Investigación (Digi), Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac)

\*Autor al que se dirige la correspondencia: juliostrada@digi.usac.edu.gt

### Resumen

El Registro Universitario de Investigadores (RUI) es un catálogo creado por la Digi a principios del 2015, enfocado a conocer el recurso humano que forma parte del Sistema de Investigación de la Usac. El registro busca cuantificar y calificar las características de los profesionales dedicados a la investigación, requiriendo información general, como datos personales, formación académica, profesión y docencia, y específicas como experiencia en investigación, especialidad y publicaciones. Se implementó un formulario en línea utilizando el software de código abierto LimeSurvey. El producto actual de este proceso, son 917 profesionales registrados, de los cuales el 58% son hombres y el 42% mujeres; 45% son <40 años, 40% entre 40 y 55 años y 15% >56 años. La investigación es multidisciplinaria, 49.3% de los investigadores se enfocan en el área social, 56.5% en el área tecnológica y 26.1% en el área de salud. El 53% trabaja en docencia, de los cuales el 43% son profesores titulares. Del desarrollo del registro, surgen varias ideas, como la capacitación, pero también la necesidad de relacionar a los investigadores entre sí. En consecuencia se implementa la Red Social de Investigadores Digi-Usac como un servicio para estimular esas relaciones, identificando intereses comunes, socializando perfiles académicos y laborales, compartiendo conocimientos y promoviendo la colaboración científica. El sistema de investigación se vitaliza conociendo su potencial, pero se reconforta viendo surgir nuevas generaciones de investigadores e investigadoras en sus diferentes áreas.

Palabras claves: Catálogo de investigadores, red social, colaboración científica, Web 2.0

### Abstract

The University register of researchers (RUI) is a catalogue created by Digi at the beginning of the year 2015, focused to meet the human resource that is part of the research system of Usac. The registry seeks to quantify and qualify professionals involved in research, features requiring are specific and general, such as personal data, education, profession and teaching information as well as their experience in research and publications. For this project, we implemented an online form, using LimeSurvey open source software. The product of this process, are 917 registered professionals, of whom 58% are men and 42% women; 45% are <40 years, 40% between 40 and 55 years and 15% >56 years. The research is multidisciplinary, 49.3% of the researchers focus on the social area, 56.5% in the technological area and 26.1% in health area. 53% works in teaching, of which 43% are professors. By the development of the register, arise several ideas, such as training and the need for linking researchers. Consequently, the Social network of Digi-Usac researchers is implemented as a service to stimulate these relationships, identifying common interests, socializing academic and occupational profiles, sharing knowledge and promoting scientific collaboration. The research system is vitalized knowing their potential, but it is comforting to see emerge new generations of researchers in different areas.

Keywords: Catalogue of research, researchers, scientific collaboration, Web 2.0, social network



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T6 - Evaluación del estado trófico de la Laguna de Ayarza utilizando el modelo de simulación WASP

Andrea E. Rodas-Morán

Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [andyscreations2012@gmail.com](mailto:andyscreations2012@gmail.com)

### Resumen

Los modelos de simulación de calidad de agua, son herramientas ambientales que permiten interpretar y predecir la respuesta de un cuerpo de agua a las cargas contaminantes externas. El programa de simulación de calidad de agua (WASP versión 7.41) se utilizó para simular y evaluar la relación entre los nutrientes externos y la calidad de agua, en la Laguna de Ayarza, Santa Rosa, Guatemala. El modelo toma en cuenta dos ciclos de nutrientes (N y P), por medio de variables de calidad de agua: temperatura, nitrato ( $\text{NO}_3$ ), amonio ( $\text{NH}_4$ ), nitrógeno total (TN), fosfato ( $\text{PO}_4$ ), fósforo total (TP), y oxígeno disuelto (OD). El modelo se construyó tomando en cuenta la morfología del lago y las condiciones climáticas. El lago se dividió en siete segmentos, tomando en cuenta los flujos y los parámetros fisicoquímicos para cada uno. Se determinó el coeficiente de dispersión del lago y se calibró utilizando los datos de octubre 2010 a febrero 2011. El post-procesamiento se realizó por medio del software GNU PLOT. Los resultados de la modelación muestran que los valores de fósforo en todo el lago, presentan niveles de eutrofización, los valores de nitrógeno presentan niveles oligotróficos e indican que el lago soporta carga contaminante relativamente alta.

Palabras claves: Calidad de agua, software, Guatemala, laguna

### Abstract

Simulation models of water quality are environmental tools that interpret and predict the response of a water body to external pollutant loads. The water quality analysis simulation program (WASP version 7.41) was used in this study to simulate and evaluate the relationship between nutrients and external loads in the Ayarza Lake, Santa Rosa, Guatemala. The model takes into account two cycles of nutrients (N and P) by means of the variables water quality: Temperature, nitrate ( $\text{NO}_3$ ), ammonium ( $\text{NH}_4$ ), total nitrogen (NT), phosphate ( $\text{PO}_4$ ), total phosphorus (TP) and dissolved oxygen (DO). The model was built taking into account the morphology and weather conditions Lake. The lake was divided into seven segments, with respective flows and physiochemical parameters. The dispersion coefficient was determined and the lake was calibrated using data from October 2010 to February 2011. The post-processing was used by software GNU PLOT. The modeling results show that phosphorus values across the lake have levels of eutrophication, nitrogen levels and indicate that the Lake supports relatively high pollutant load.

Keywords: Water quality, software, Guatemala, lake



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T7 - El injerto en tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.)  
alternativa al cambio climático**

Santiago Maradiaga

Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Honduras.

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

**Resumen**

En la actualidad la producción de hortalizas a campo abierto en Honduras se ha vuelto difícil para poder concluir el ciclo vegetativo por las inclemencias del cambio climático que en la mayoría de las áreas con potencial para establecer estos cultivos sobre todo las solanáceas y cucurbitáceas son afectados por enfermedades de origen telúrico. Estos organismos causan considerables pérdidas en los rendimientos. El injerto herbáceo es una práctica cultural que confiere a las plantas una mayor tolerancia frente a los factores abióticos (temperatura, salinidad, estrés hídrico, etc.). En la Universidad Nacional de Agricultura se ha venido investigando con esta técnica a cielo abierto con resultados aceptables sin desmejorar los rendimientos y calidad. Se evaluó el comportamiento de dos portainjertos criollos en tomate con dos variedades de uso común en los productores Pony y Belfast donde los tratamientos fueron T1 (Cherry/Pony), T2 (Cherry/Belfast), T3 (Belfast/Pony), T4 (Pony) y T5 (Belfast). Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con tres repeticiones, las variables evaluadas fueron: Porcentaje de pegue, compatibilidad, altura de planta, días a floración, diámetro de tallo, calibres de fruto, grados brix en el fruto, biomasa fresca de la raíz, número de frutos por planta y rendimiento. Los resultados obtenidos para todas las variables muestra que las plantas injertadas mostraron mayores valores que las no injertadas, resaltando rendimiento donde el T1 reportó 60 ton/ha en relación al testigo 40 ton/ha.

Palabras claves: Injerto herbáceo, variedades de tomate

**Abstract**

Nowadays the production of vegetables at open field in Honduras has become difficult to conclude the vegetative cycle by climatic change that in the majority of areas with potential for establishing this crop mostly the Solanaceae and Cucurbitaceae are affected by diseases of telluric origin. These organisms cause considerable losses in those yields. Herbaceous grafting is a cultural practice that gives plants a higher tolerance against abiotic factors (temperature, salinity, water stress, etc.). Herbaceous grafting is a cultural practice that gives plants a higher tolerance against abiotic factors (temperature, salinity, water stress, etc.). At the National University of Agriculture is has been investigated with this technique at open field with acceptable results without losing yields and quality. We evaluated the behavior of two criollos rootstocks of tomato with two varieties of common use, Pony and Belfast; the treatments were T1 (Cherry/Pony), T2 (Cherry/Belfast), T3 (Belfast/Pony), T4 (Pony) and T5 (Belfast). We used a complete blocks design with three random replicates, the evaluated variables were: Percentage of graft paste, compatibility, plant height, days to flowering, stem, fruit, degrees brix in result sizes, diameter fresh root biomass, number of fruits per plant and performance. The results obtained for all variables shows that the grafted plants showed higher values than the not grafted, highlighting performance where T1 reported 60 ton/has in relation to witness 40 ton/has.

Keywords: Herbaceous grafting, tomato varieties



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T8 - Evaluación del crecimiento de Pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) a través de plantas nodrizas

Gesly A. Bonilla-Landaverri\*, Sindy Y. González-Sánchez

Centro Universitario de Sur Oriente, Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: gesly77@hotmail.com

### Resumen

El pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) es una especie sumamente importante desde el punto de vista, ecológico, social y económico, lo que hace que sea una de las especies forestales mayormente amenazadas en Guatemala. Su aprovechamiento ha sido a una tasa superior a su regeneración natural, principalmente en época navideña, donde su corte y comercialización se considera ilegal y en época navideña su demanda se incrementa como árbol ornamental, debido a sus características morfológicas, diseño de la planta y aroma característico. Con el objeto de mejorar su reproducción se realizó un ensayo experimental para evaluar el efecto que tienen una serie de plantas sobre el crecimiento del pinabete. A este tipo de plantas que le brindan humedad, calor, nutrientes y protección a los árboles que están en crecimiento por regeneración natural o por trasplante se le denomina planta nodriza. La variable evaluada fue el crecimiento en mm de los arbolitos de pinabete luego de 82 días de haber sido trasplantados en asocio con las plantas nodrizas. Los resultados arrojaron que el crecimiento en del pinabete se ve más favorecido cuando se encuentra en asocio con arrayán y musgo, pues en un período menor a tres meses los arbolitos de *A. guatemalensis* crecieron 2.4 y 2.1 cm respectivamente, mientras que con el resto de los tratamientos su crecimiento se vio limitado.

Palabras claves: Pinabete, plantas nodrizas, reproducción, especie endémica

### Abstract

*Abies guatemalensis* Rehder is an extremely important specie from the ecological, social and economic point of view, which makes it one of the most threatened forest species in Guatemala. Its use has been above its natural regeneration, especially at Christmas time, where his cut and marketing is considered illegal and at Christmas time rate demand increases as an ornamental tree because of its morphological characteristics, plant design and aroma. In order to improve reproduction, an experimental trial was conducted to evaluate the effect that a number of plants on the growth of pinabete. This type of plants that provide moisture, heat, nutrients and protection to trees that are growing by natural regeneration or transplantation is called mother plant. The variable evaluated was the growth in mm of 82 days seedling after being transplanted in association with nurse plants. The results showed that growth of pinabete is more favored when found in association with arrayan and moss, because in less than three months seedling of *A. guatemalensis* grew 2.4 and 2.1 cm respectively, while for the rest, the growth was limited

Keywords: Pinabete, nurse plants, reproduction, endemic species



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T10 - Adaptación y rendimiento de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico

Carlos Valdez-Sandoval\*, Dennis Guerra-Centeno, Edwin Aquino-Sagastume,  
Mercedes Díaz, Ligia Ríos

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: 200valdez@gmail.com

### Resumen

Se determinó la adaptación y rendimiento de ocho variedades de plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico. Se utilizaron siete módulos acuapónicos, con capacidad de 80 plantas y 25 organismos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*). Se incluyeron en el estudio, plantas de apazote (*Dysphania ambrosioides*), makuy (*Solanum nigrescens*), amarantos (*Amaranthus* sp.), bledo (*A. cruentus*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*), chipilín montés (*C. vitellina*) ayote (*Cucurbita argyrosperma*) y güicoy (*C. pepo*). El periodo de evaluación fue de 60 días. Se registró la supervivencia (S), tamaño (T), peso (P) y biomasa o rendimiento (B) de las plantas y los peces al inicio y al final del periodo experimental. Se observó adaptación de siete de las ocho especies de plantas autóctonas, a los módulos acuapónicos experimentales. La variedad de planta con mayor crecimiento fue el ayote, seguida del makuy y el güicoy. Se observaron diferencias en la altura ( $p=0.00001$ ) y el rendimiento ( $p=0.00001$ ) de las variedades de las plantas. La biomasa de tilapia por tanque fue  $\bar{x} = 730 \pm 75.2$  g. En tal sentido, es posible cultivar plantas autóctonas de Guatemala en un sistema acuapónico.

Palabras claves: Plantas nativas de Guatemala, seguridad alimentaria, recirculación de agua, técnica de película de nutrientes (NFT), acuicultura

### Abstract

The adaptation and production of eight varieties of Guatemala native plants to an aquaponics system was determined. Seven aquaponics modules with capacity to grow 80 plants and 25 tilapia (*Oreochromis niloticus*) organisms were used. Plants of Apazote (*Dysphania ambrosioides*), Makuy (*Solanum nigrescens*), Amaranto (*Amaranthus* sp.) Bledo (*A. cruentus*), Chipilín (*Crotalaria longirostrata*), Chipilín de Monte (*C. vitellina*), Ayote (*Cucurbita argyrosperma*) and Guicoy (*C. pepo*) were located randomly in the modules and evaluated. The evaluation period was 60 days. Survival (S), size (T), weight (P) and biomass (B) of plants and fish at the start and end of the experimental period were recorded. Seven of the eight varieties of plants adapted to the experimental modules showing survival rates between 83% and 100%. *Cucurbita argyrosperma* showed the highest growth, followed by *S. nigrescens* and *C. pepo*. Differences in size ( $p < 0.00001$ ) and weight ( $p < 0.00001$ ) of plant varieties were observed. Tilapia biomass per tank was  $\bar{x} = 730 \pm 75.2$  g. It is possible to cultivate Guatemalan native plants in an aquaponics system.

Keywords: Guatemalan native plants, water recirculation systems, nutrient film technique (NFT), aquaculture



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T11** - Aprovechamiento de semillas de hule (*Hevea brasiliensis* L.)  
para alimentación de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.)

Gustavo A. Elías-Ogaldez\*, Eduardo E. Chacón-Osorio

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

### Resumen

Se elaboró un concentrado artesanal para tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) con la finalidad de contribuir al aprovechamiento de los subproductos del cultivo de hule (*Hevea brasiliensis* Müll. Arg) y de reducir los costos de producción de la tilapia. La investigación fue tipo aplicada y experimental, realizándose en la zona costera del Pacífico guatemalteco. Se concluyó que la harina de semilla de hule es un insumo apropiado para sustituir parcial o totalmente la harina de semilla de soya, en la formulación de concentrados artesanales para tilapia. Todos los tratamientos donde se utilizó harina de semilla de hule presentaron una mejor supervivencia y FCA frente al testigo. El tratamiento T3 presentó la mejor tasa de retorno marginal frente al testigo y los demás tratamientos. Por último, se recomienda continuar la investigación tomando en cuenta que la semilla de hule es deficiente en aminoácidos esenciales, los cuales se pueden adicionar para mejorar su rendimiento nutricional.

**Palabras claves:** Nutrición, concentrado artesanal, índices zootécnicos, *Oreochromis niloticus*, piscicultura

### Abstract

An artisan concentrate for tilapia was made to contribute to the use of sub products of rubber (*Hevea brasiliensis* L.) and reduce production costs of tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). The research was applied and experimental, performed in the coastal area of the Guatemalan Pacific. It was concluded that the rubber seeds meal is an appropriate input to partially or completely replace soybean meal in the formulation of craft concentrates tilapia. All treatments in which rubber seed meal were used showed a better survival and FCA against the control. The T3 treatment presented the best marginal return rate versus control and other treatments. Finally, it is recommended to continue the investigation taking into account that the rubber seeds is deficient in essential amino acids, which can be added to improve their nutritional performance.

**Keywords:** Nutrition, concentrated craft, zootechnical indexes, *Oreochromis niloticus*, pisciculture



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T12 - Comparación visual de grandes jerarquías: El caso de las de taxonomías biológicas

Lilliana Sancho-Chavarría\*, Erick Mata-Montero

Doctorado en Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica

\*Autor al que se dirige la correspondencia: lsancho@itcr.ac.cr

### Resumen

La visualización y el análisis de las taxonomías biológicas es un reto monumental: las taxonomías biológicas son voluminosas, pueden cambiar con el tiempo conforme la comunidad científica hace nuevos descubrimientos, la información taxonómica está dispersa en todo el mundo, está incompleta y existen diferentes versiones de las taxonomías ya que los científicos utilizan diferentes criterios de clasificación. Para entender y documentar mejor la biodiversidad, así como para apoyar su conservación, es necesario curar e integrar esta información. Es aquí donde la comparación de grandes jerarquías se convierte en una herramienta sumamente útil. Hasta el momento, la investigación sobre este tema incluye el estado del arte sobre la visualización de la información y técnicas de comparación de jerarquías, el desarrollo de una herramienta de visualización de jerarquías mediante la técnica de árboles de conos y la caracterización de las tareas del trabajo taxonómico que inducen cambios en las taxonomías. Se identificaron 10 tareas: identificar congruencia, identificar correcciones, identificar nuevos nodos, obtener una visión global de los cambios, resumir cambios, encontrar inconsistencias, aplicar filtros, obtener detalles, enfocarse y editar. La contribución de esta investigación es comparar y visualizar las taxonomías biológicas mediante la consideración sistemática de dicha caracterización de las tareas de los usuarios, lo cual es un enfoque novedoso para el desarrollo de propuestas de visualización en el dominio de taxonomías biológicas.

**Palabras claves:** Visualización de información, teoría de grafos, comparación de jerarquías, visualización de jerarquías, informática para la biodiversidad

### Abstract

The visualization and analysis of biological taxonomies is a monumental challenge: biological taxonomies are large, they can change over time as revisions occur, taxonomic information is scattered worldwide, it is incomplete, and different versions of the same taxonomy are very likely to exist as scientists use different data and classification criteria. A common understanding of taxonomy information is fundamental to document biodiversity, seek conciliation, and support conservation. For this, it is necessary to identify differences and similarities among taxonomies, whereby hierarchy comparison and analysis becomes a very useful tool. So far, the research on this topic has been the development of a state of the art report on information visualization and hierarchy comparison techniques, the development of a cone tree visualization tool for biological taxonomies, and the characterization of taxonomic work tasks that induce changes in taxonomies. Ten tasks were identified: identify congruence, identify additions, identify corrections, overview changes, summarize, find inconsistencies, retrieve details, filter, focus and edit. The contribution of this research is to compare and visualize biological taxonomies by systematically considering such characterization of users' tasks, which is a novel approach for the development of visualization proposals in the taxonomy domain.

**Keywords:** Information visualization, tree graphs, hierarchy comparison, hierarchy visualization, biodiversity informatics



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T14 - Pronóstico hidrometeorológico en la cuenca  
del Río Reventazón, Costa Rica**

Lizeth D. Vargas

Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Costa Rica

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [decanato@sep.ucr.ac.cr](mailto:decanato@sep.ucr.ac.cr)

### Resumen

Se desarrolló un sistema de pronóstico hidrometeorológico estacional continuo de largo plazo (6 meses), y de probabilidad de excedencia, para el acumulado de lluvia de la época lluviosa (mayo-noviembre) en la parte media-alta de la cuenca del río Reventazón donde están ubicadas las plantas hidroeléctricas Río Macho y Cachí, siguiendo la metodología empleada por Piechota y colaboradores (2001), que utiliza el análisis discriminante lineal y las probabilidades Bayesianas en el proceso. Se realizó un análisis exploratorio de teleconexiones entre las variables hidroclimáticas de la cuenca (29 estaciones de lluvia y 6 de caudal) y diferentes índices climáticos representativos de la atmósfera y de los océanos Atlántico y Pacífico, para estudiar su potencialidad como predictores. Se eligió el índice climático Oscilación Multidecenal del Atlántico del trimestre marzo-mayo como predictor. Se evaluaron los procesos de calibración y de validación cruzada con el índice estadístico error lineal en el espacio de probabilidad (LEPS SK en inglés), el cual demostró que el modelo planteado tiene mayor habilidad para predecir los terciles alto y bajo de lluvias y además, demostró ser mejor que utilizar sólo la climatología. Se planteó un esquema de pronóstico estacional para eventos extremos húmedos y secos que utiliza los índices AMO y El Niño con potencial para proyectar mejor los años húmedos extremos. Los resultados de esta investigación pretenden contribuir con información valiosa para la toma de decisiones, con diferentes niveles de riesgo, en el manejo óptimo del recurso hídrico y en la generación de electricidad en la cuenca.

**Palabras claves:** Pronóstico climático estacional, América Central, Bayes, lluvia, variabilidad climática

### Abstract

A long-range (6 months) rain forecast of exceedance probability was developed for the medium-high mountainous region of the Reventazon river basin. Linear discriminant analysis (LDA) and Bayes Theorem were used in the process. This methodology takes the March-May Atlantic Multidecadal Oscillation (AMO) climatic index as the predictor variable. Using LDA, the forecast is expressed as probability of exceedance of continuous rain amounts. This kind of forecast is useful for water resource optimization for agriculture, hydropower generation and other, which require a high degree of system reliability. The forecast model shows that AMO is an important predictor of rain for the rainy season. The calibration and cross validation processes of the model were evaluated with the LEPS SK index, showing that the model performs better in the higher and lower tercile of rain and is also better than using only the climatology. This exceedance probability forecast methodology can be used on any predictor and predictands for different rain accumulation and flow periods.

**Keywords:** Climatic Seasonal Forecast, America Central, Climatic Variability, Bayes, Rain



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T15 - Aguas residuales y contaminación del lago de Amatitlán:  
Villa Canales y Villa Nueva (2005-2014)**

Luis F. Olayo

Centro de Estudios Urbanos (CEUR), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC)

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

### Resumen

La contaminación y destrucción del lago de Amatitlán es un problema ambiental actual y de gran magnitud en el Área Metropolitana de la Ciudad de Guatemala, un fenómeno antrópico que crece aceleradamente, derivado del crecimiento demográfico y urbano que experimentan los lugares poblados de los 14 municipios que se localizan en la cuenca del lago de Amatitlán. La vivienda urbana -que se cuantifica por miles- es una de las fuentes productoras de las aguas residuales domiciliarias que se depositan en el citado lago desde el traslado y asentamiento de la ciudad de Guatemala de la Asunción al Valle de la Ermita en el año de 1776 hasta el año 2016 (240 años), las que nunca han recibido un tratamiento apropiado; esta tendencia hará que en el corto plazo, el lago se pierda, convirtiéndose en un pantano insalubre que hará inhabitables sus tierras adyacentes. Mediante estimaciones de población urbana municipal y datos recientes de la cantidad de viviendas construidas en las áreas urbanas de los municipios de Villa Canales y Villa Nueva en el período 2005-2014, se estimó la producción de aguas residuales domiciliarias (caudales o volúmenes), útiles para ilustrar y dimensionar este problema, débilmente visibilizado, considerado y valorado por la población, la iniciativa privada e instituciones del estado -municipalidades, instituciones y ministerios-, involucradas en este problema.

Palabras claves: Crecimiento urbano, cuenca, medio ambiente, recursos hídricos, urbanización

### Abstract

Pollution and destruction of Amatitlan lake is a current and large-scale environmental problem in the Metropolitan area of Guatemala City, an anthropic phenomenon that is growing rapidly, derived from demographic and urban growth experienced by populated places of 14 municipalities that are located in the basin Amatitlan Lake. Urban housing, quantified by thousands, is one of the producing sources of domiciliary sewage deposited in the lake since the transfer and settlement of Guatemala City to the Ermita Assumption Valley in 1776 to 2016 (240 years), who have never received proper treatment, this trend will in the short term cause the lake lost, becoming an unhealthy swamp with inhabitable adjacent lands. Estimates by municipal urban population and recent data of the number of homes built in urban areas of the municipalities of Villa Canales and Villa Nueva in the period 2005-2014, the production of domiciliary wastewater (flow rates or volumes) was estimated, useful and size to illustrate this problem, weakly visible, considered and valued by the population, the private sector and state institutions -municipalities, state institutions and ministries-, involved in this problem.

Keywords: Urban growth, basin, environment, water resources, urbanization



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T16 - Comparación de curvas regionales y métodos de precipitación escorrentía para la estimación de avenidas máximas

Priscilla Riggioni

Programa de Posgrado en Ciencias de la Atmósfera, Universidad de Costa Rica

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [decanato@sep.ucr.ac.cr](mailto:decanato@sep.ucr.ac.cr)

### Resumen

Uno de los parámetros más importantes a la hora de escoger y dimensionar una obra hidráulica, indistintamente del tamaño de cuenca, es el caudal de diseño. Este dato se encuentra dentro de la cuantificación de eventos extremos que realizan los profesionales en hidrología. En micro cuencas donde generalmente no existe ningún tipo de registro, se recurre a modelos de precipitación-escorrentía tradicionales o empíricos, para la estimación de este valor. Con estos modelos se pueden obtener estimaciones erróneas de caudales, al sobreestimar la dimensión de las estructuras o, en el peor de los casos, subestimarlas. La magnitud óptima del caudal de diseño es la que posee un balance entre la seguridad de la obra (riesgos asociados) y su costo. El presente trabajo de investigación realizó un análisis comparativo de caudales de crecientes asociados a periodos de retorno menores a 500 años para estructuras hidráulicas de pequeño tamaño, ubicadas en micro cuencas sin registros hidrológicos. Para lo anterior, se compararon estimaciones de caudal realizadas entre curvas regionales elaboradas para Costa Rica, contra tres métodos empíricos: método racional, envolventes de Creager y método SCS; para una cuenca piloto en la vertiente Caribe. La comparación de resultados entre distintas metodologías de cálculo mostró una alta dependencia de la calidad de la base de datos y una marcada diferencia entre métodos empíricos y estadísticos. Se llegaron a resultados y conclusiones importantes para micro cuencas, donde los registros de caudal son no confiables o inexistentes.

Palabras claves: Hidrología, análisis regional, avenidas máximas, obras hidráulicas, riesgo

### Abstract

One of the most important parameters in the selection and dimensioning of hydraulic structures, no matter the size of the basin, is the flow design. This hydraulic parameter is found in the quantification of extreme events made by hydrology professionals. In small basins, where there is no information, traditional precipitation-runoff models or empirical models, are used. With these type of models, the design flow can be over estimate or sub estimate, affecting the design dimensions of the structures. The optimal magnitude of the design flow, permits a balance between security of the structure (associated risks) and its cost. This investigation show a comparative analysis of peak flows associated to return periods of less than 500 years for small hydraulic structures, located in small basins without hydraulic information. For this work, flow predictions between regional curves were estimated for Costa Rica, and compared with three empirical methods: Rational, Creager envelope curves and Soil Conservation Service Method. These was done for a study basin in the Caribbean Region. Comparison of results between the methods studied, show high dependence in the quality of the data base information and significant discharge results between the empirical methods and the statistical methods. Important results and conclusions for small basins were found in areas where discharge registries are unreliable or are inexistent.

Keywords: Hydrology, regional analysis, maximum flood, hydraulic structures, risk



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T17 - Acuíferos volcánicos de Guatemala

Isaac R. Herrera-Ibañez

Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

### Resumen

En Guatemala el estudio de los acuíferos inició en la década de los setenta, sin embargo, pocos trabajos científicos con datos técnicos han sido publicados hasta la fecha. El objetivo del estudio es conocer las características hidrogeológicas de los acuíferos volcánicos, principalmente espesores saturados, parámetros hidráulicos, caudales y niveles de agua subterránea. El estudio fue ejecutado en varias etapas: recopilación y análisis de la información existente, elaboración de la base de datos geográficos y los mapas de acuíferos. El producto de este proyecto contiene: la distribución espacial, presencia y ocurrencia del agua subterránea, considerando varios grupos de rocas, diferenciadas por sus características de permeabilidad que se agrupan en dos tipos de acuíferos: poroso y fracturado. Los datos sobre la heterogeneidad de los acuíferos obtenidos de perfiles geológicos combinado con los datos hidráulicos estimados a partir de ensayos de bombeo, han posibilitado mejorar la caracterización y evaluación cuantitativa de las aguas subterráneas.

Palabras claves: Agua subterránea, rocas, permeabilidad, mapas, heterogeneidad

### Abstract

Aquifers have been studied in Guatemala since 1970s, but only a few scientific works based on the technical data has been published. The aim of the study is to learn about the groundwater characteristics of the volcanic aquifers, mainly its saturated thicknesses, and hydraulic parameters, the flow and water level. The study was conducted in several stages: compilation and analysis of existing information, development of the geographic database and maps of aquifers. The product of this project includes: spatial distribution, occurrence and presence of groundwater, considering different groups of rocks, differentiated by their permeability, which were consolidated into two aquifer types: porous and fracture. The data allow to recognize the heterogeneity of the aquifers, combined with hydraulic data estimated from pumping test results have made possible to improve the quantitative evaluation of groundwater.

Keywords: Groundwater, rocks, permeability, maps, heterogeneity



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## **T18** - Monitoreo ante inundaciones en comunidades de la cuenca baja del Rio Ostúa y Lago Guija, Guatemala

Carla Gordillo

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [carlitagordillo@yahoo.com.mx](mailto:carlitagordillo@yahoo.com.mx)

### Resumen

El proyecto de investigación Pridca BC 96: Sistema de Monitoreo ante inundaciones en comunidades de la cuenca baja del Rio Ostúa y Lago de Guija, se desarrolló de julio 2014 a diciembre 2015. Las actividades ejecutadas consistieron en la caracterización de la cuenca, elaboración de mapa de susceptibilidad municipal, campaña de sensibilización y taller de selección de comunidades. Se generó un mapa de amenaza y riesgo ante inundación en toda la cuenca y se logró el acercamiento con las comunidades a través de una herramienta social. Se realizó un taller con información recopilada, donde se seleccionaron dos comunidades a beneficiar y se realizó una campaña de sensibilización. Se capacitó a los miembros de la Asociación de Monitoreo y Protección Ambiental Regional, socios locales estratégicos. Las campañas de capacitación desarrolladas para Los Llanitos y La Unión-La Esperanza, fueron sobre la temática de gestión integrada de riesgo ante inundaciones. Se elaboró el mapa de amenazas de las dos comunidades y se realizó un estudio de conocimiento actitudes y prácticas. En colaboración de Conred se capacitaron y se elaboraron los planes de emergencia y SAT, se ha iniciado la acreditación de las mismas como Coordinadoras Locales. Se adquirió equipos de monitoreo de alerta que fueron instalados en la parte alta y media de la cuenca: Estación meteorológica, pluviómetros, sensores de río y los equipos de comunicación. Se capacitaron en el uso de los mismos y se realizó simulación de emergencia a inundaciones con los pobladores de las dos comunidades beneficiadas.

Palabras claves: Gestión, inundaciones, monitoreo

### Abstract

The research project Pridca BC 96: Monitoring system for flooding in communities in the lower basin of Ostua Revier and Guija Lake, was conducted from July 2014 to December 2015. Activities included the characterization of the basin, development of municipal susceptibility map, awareness campaign and a workshop for community selection. In addition, it was generated a map of threat and flooding risk throughout the basin. Approach with communities was achieved through a social tool. A workshop was conducted with information gathered, where two communities were selected to benefit from the project and an awareness campaign was conducted thereof. Members of Monitoring Association and Regional Environmental Protection strategic local partners were trained. Training campaigns for Los Llanitos and La Union-La Esperanza, were conducted on the subject of integrated risk management to floods. Threats map of the two communities was developed, as well as a study on knowledge, attitudes and practices. With the collaboration of Conred personnel were trained and an emergency plans was developed and SAT, has started accrediting them as Local Coordinators. Weather station, rain gauges, sensors and river communications equipment: alert monitoring equipment that were installed in the upper and middle basin was acquired. They were trained in the use thereof and flood emergency simulation was conducted with the residents of the two beneficiary communities.

Keywords: Management, floods, monitoring



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## **T19** - Caracterización y evaluación de la calidad del agua de los ríos Quiscab y San Francisco, Guatemala

Norma E. Gil

Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA), Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [normadecastillo1965@yahoo.com](mailto:normadecastillo1965@yahoo.com)

### Resumen

Los ríos Quiscab y San Francisco son los principales afluentes del lago de Atitlán. Para determinar el aporte de contaminación de estos ríos, se realizaron ocho muestreos durante dos años (septiembre 2011 a septiembre 2013), evaluando la parte alta, media y baja de las dos sub cuencas y desembocaduras en el lago de Atitlán. Se midieron los parámetros fisicoquímicos, calculando el Índice de Calidad del Agua (ICA) de El Salvador. Se evaluó la presencia y cantidad de macroinvertebrados acuáticos y se calculó el Índice Biológico por Familias de El Salvador (IBF-SV-2010). Se evaluó la presencia de fitoplancton en forma cualitativa y cuantitativa en la desembocadura de los ríos en el lago. Los dos ríos presentaron valores de ICA y de IBF-SV regular y regular pobre respectivamente. La contaminación del agua no reveló diferencias significativas entre las épocas de los años estudiados (invierno y verano, es decir seca y lluviosa). Se obtuvieron dos mapas en los que se observó que en las partes altas de ambas cuencas se mostraban valores aceptables de calidad del agua. Esta calidad se va deteriorando desde la parte media hasta la parte baja de los ríos, volviendo a mejorar en la desembocadura del lago de Atitlán. En los monitoreos cuantitativos de fitoplancton de la desembocadura de los ríos se observó una alta presencia de organismos representantes de Cyanophytas, no existiendo diferencias en cuanto a cantidad y género en comparación con el invierno y verano.

Palabras claves: Calidad del agua, macroinvertebrados acuáticos, cianophytas

### Abstract

The Quiscab and San Francisco rivers are the main tributaries of Atitlan Lake. To determine the contribution of contamination of these rivers, eight samplings were perform two years (September 2011 to September 2013), evaluating the upper, middle and lower parts of the two sub-basins and the outlet of the lake, measuring the physicochemical parameters using the Water Quality Index from El Salvador (ICA in Spanish). The biological indicators were measured using aquatic macro invertebrates with the Biological Families Index from El Salvador (IBF-SV-2010) and phytoplankton in a qualitative and quantitative way only in the outlets of the rivers in the lake. The results of ICA to San Francisco River were lower in comparison to Quiscab River. The IBF-SV-2010 results of San Francisco River reported values of poor water quality and Quiscab River reported values of regular water quality. Two maps established that acceptable values of water quality are in the upper parts of both basins, which were deteriorating from the middle section to the bottom section of both rivers, improving at the entrance in Lake Atitlan. A practical manual was design with aquatic macroinvertebrates found in the work area used in situ, which allow field technicians to estimate a threshold level of contamination to prevent adverse effects, such as excessive growth of cyanobacteria. Quantitative monitoring of phytoplankton in the river outfall in the lake, reported high percentages of Cyanophyte algae, no differences in terms of gender and quantity compared to the winter and summer seasons.

Keywords: Quality Index-ICA macroinvertebrates



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T24 - Electrocardiógrafo registrador de datos con comunicación inalámbrica a computador

Yeser A. Morales\*, Keller Jirón

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: moralesalfredo133@gmail.com

### Resumen

Un electrocardiógrafo es un instrumento utilizado para la detección y diagnóstico de anomalías en el funcionamiento del corazón, generalmente son costosos y en el país muy pocos son portátiles lo cual dificulta tener información del ritmo cardíaco ya sea cuando se traslada un paciente a una clínica u hospital o cuando el paciente necesita tener información frecuente del mismo. Este artículo describe el procedimiento seguido, y los resultados obtenidos, al implementar un electrocardiógrafo registrador de datos con capacidad de enviarlos a una computadora utilizando el protocolo de comunicación bluetooth. En la implementación del electrocardiógrafo se utilizó la tecnología de microcontroladores y el software Labview para mostrar en la pantalla el electrocardiograma. Los datos son almacenados en una memoria EEPROM lo cual permite su reproducción para posteriores análisis.

**Palabras claves:** Electrocardiógrafo, Amplificador de instrumentación, Comunicación inalámbrica, electrocardiograma, Firmware

### Abstract

An electrocardiograph is an instrument used to detect and diagnose heart's function abnormalities. Besides its high cost, in our country it is hard to find a portable instrument which make difficult to collect data about the heart's cardiac rhythm while a patient is being translated to a hospital or when a frequent monitoring of the heart is needed. This paper describes the methodology followed and the obtained results in the development of an electrocardiograph capable of recording and transmitting data, using the Bluetooth communication protocol, to a computer. Microcontroller technology was used to implement the electrocardiograph and LABVIEW to develop the program to receive and process data in order to show the electrocardiogram in the computer screen. Data are stored in an EEPROM memory for further analysis.

**Keywords:** Instrumentation amplifier, Wireless communication, electrocardiogram, firmware



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T25** - Análisis sobre exposición de personas a campos  
electromagnéticos emitidos por redes celulares  
desplegadas en ambientes urbanos

Oscar N. Martínez\*, Marvin Arias  
Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: oscar.martinez@fec.uni.edu.ni

## Resumen

El despliegue de las redes de telecomunicaciones inalámbricas de tipo móvil en América Latina han tenido un auge en su implementación en la última década, tales como las redes basadas en los estándares GSM, UMTS, HSDPA, LTE y WiMax son las tecnologías de redes inalámbricas que operan en nuestros países y el resto del mundo creciendo continuamente por la alta demanda de sus servicios. Esto provoca una exposición humana a los campos electromagnéticos (CEM) emitidos por dichas redes cada vez mayor, despertando desconfianza en las personas sobre el posible efecto nocivo de las emisiones electromagnéticas generadas por las antenas de redes celulares, así como el uso del equipo móvil en la salud humana. En este trabajo presentamos los resultados de la simulación desarrollada en Matlab® considerando escenarios extremos de operación para evaluar el cumplimiento de los límites de exposición de personas a CEM provenientes de redes celulares basados en la recomendación UIT-T K52. De los resultados obtenidos comprobamos que debido a la baja potencia de los radiotransmisores de las redes celulares, los tipos de antenas y las bandas de operación (850, 1,900, 2,500 MHz), la tasa de absorción específica (SAR, por sus siglas en inglés) y la energía absorbida por una persona sometida a exposición de CEM no sobrepasa el 2.1% y el 4.6% respectivamente del límite establecido para un emplazamiento. Para un patrón de reuso de 7/21 el SAR es del 7.2% y la energía es de 13.8%.

Palabras claves: SAR, CEM, UIT-T K52, antenas, radiación

## Abstract

The deployment of wireless telecommunications networks mobile kind in Latin America have had a boom in its implementation in the last decade such as networks based on GSM, UMTS, HSDPA, LTE and WiMax standards are technologies of wireless networks operating in our countries and the world continuously growing by the high demand for their services. This causes human exposure to electromagnetic fields (EMF) emitted by these growing networks, arousing distrust in people about the possible harmful effects of EMF from antennas cellular networks and the use of mobile equipment in the human health. In this paper, we present the results of simulation developed in Matlab® considering extreme scenarios of operation to assess compliance with the limits of exposure of people to EMF from cellular networks based on ITU-T K52 recommendation. From the results found that due to the low power radio transmitters of cellular networks, antenna types and operating bands (850, 1900, 2500 MHz), the specific absorption rate (SAR) and the energy absorbed by a person subject to EMF exposure does not exceed 2.1% and 4.6% respectively of the limit for a site. For a 7/21 reuse pattern of the SAR is 7.2% and energy is 13.8%.

Keywords: SAR, EMF, ITU-T K52, antennas, radiation



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T26 - Factibilidad para la implementación de la televisión digital

Ariel Montenegro

Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: arieljesus1221@gmail.com

### Resumen

Los sistemas de televisión digital, que mediante pruebas, análisis y técnicas se podrá estructurar e implementar, como forma de transmisión, además de los antecedentes, ventajas, desventajas y característica, gracias a los avances de la tecnología y comunicación. Durante las últimas décadas se han desarrollado tecnologías enfocadas al mejoramiento de la transmisión de información a través de redes de telecomunicaciones y al aprovechamiento del espectro radioeléctrico para los servicios de televisión radiodifundida. En la actualidad se observa la transformación global de este servicio en el que la televisión digital representa una revolución en la transmisión de programas junto a una gran flexibilidad en los contenidos emitidos, siendo posibles mezclar un número determinado de canales de video, audio y datos en una sola señal. La radiodifusión digital constituye un avance tecnológico importante en las comunicaciones y por su alcance y penetración permite informar a los usuarios, además el televidente puede explorar e interactuar utilizando las aplicaciones y diferentes proveedores de servicios. La televisión se encuentra en un momento de cambio. La aplicación de las nuevas tecnologías digitales está llamada a provocar la mayor evolución para la televisión desde su aparición. Estos primeros pasos en el campo de la televisión digital llevan a una situación que ofrece nuevas posibilidades y una renovación total. En la actualidad el futuro acaba de empezar y se tiene que esperar a que la tecnología desarrolle las posibilidades que ofrece la digitalización para que sea accesible para la mayoría de la población.

Palabras claves: Redes de telecomunicación, radiodifusión digital

### Abstract

Digital television systems, that through tests, analysis and techniques may structure and implement, as form of transmission, besides them background, advantages, disadvantages and feature, thanks to the advances of the technology and communication. During the last decades we have developed technologies focused on the improvement of information transmission through telecommunication networks and to the use of radio spectrum to broadcast television services. Currently is observed the global transformation of this service in which digital television represents a revolution in the transmission of programs next to a great flexibility in the issued content, being possible mix a number determined of channels of video, audio and data in a single signal. Digital broadcasting is an important technological advance in communications and for its reach and penetration allows to inform users, in addition the viewer can explore and interact using applications and various service providers. Television is in a change of time. The application of digital technologies is called upon to cause the further evolution for television since its inception. These first steps in the field of digital television lead to a situation that offers new possibilities and a renewal total. Currently the future just of start and is has that wait to the technology develop them possibilities that offers the scanning so is accessible for the most of the population.

Keywords: Telecommunication network, digital broadcasting



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T27** - Gestión para la seguridad frente a desastres en áreas urbanas históricas: un modelo de planificación estratégica, sistémica y prospectiva

Susana Palma

Programa de Doctorado, Facultad de Arquitectura, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

## Resumen

El artículo sintetiza los resultados de la tesis doctoral en Arquitectura de la Universidad de San Carlos, misma que evidenció la necesidad de contar con un instrumento de planificación para procurar la seguridad urbana frente a desastres en las áreas urbanas históricas (AUH) del país, además de poner a disposición de los planificadores del nivel municipal de una herramienta de planificación participativa. La metodología de planificación que aquí se presenta, se sustenta en los enfoques estratégico, sistémico y prospectivo que resultan útiles para hacer aportaciones positivas a la seguridad urbana. Por lo que se presenta una breve descripción sobre tales enfoques, incluyendo el de riesgo y patrimonio histórico, hasta exponer el esquema del proceso de planificación.

Palabras claves: Riesgo de desastre, seguridad urbana, área urbana histórica

## Abstract

The article summarizes the results of the doctoral thesis in Architecture at University of San Carlos. This showed the need for a planning tool to ensure urban security in historic urban areas in the country, as well as making disposal of municipal planners a tool of participatory planning. The planning methodology presented here, is based on the strategic, systemic and foresight approaches that are useful to make positive contributions to urban safety. So the text presents a brief description of such approaches, including risk and historical heritage. In addition presents the scheme of the planning process.

Keywords: Disaster risk, urban security, historic urban area, strategic planning, systemic planning, foresight



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

**T28 - DSP2DSB: Distinción de emisiones de radio solares en imágenes de espectros dinámicos**

Felipe Meza\*, Luis Crespo

Maestría en Ingeniería Electrónica DSP, Instituto Tecnológico de Costa Rica

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

**Resumen**

Los datos fundamentales en la radioastronomía, corresponden a señales de radio frecuencia generadas en el espacio exterior, una de las fuentes más importantes es el Sol. Tales emisiones se clasifican en varios tipos, desafortunadamente muchos de los procesos actuales de clasificación se llevan a cabo de forma manual, y esto crea un nivel importante de complejidad para su identificación, especialmente en los casos donde hay grandes cantidades de ruido, algo muy común en aplicaciones de radio frecuencia. Se propone un sistema denominado DSP2DSB (por sus siglas en inglés (Digital Signal Processing to Distinguish Solar Burst) para la clasificación de emisiones solares en baja frecuencia tipo II y III.

Palabras claves: Emisiones, radioastronomía, wavelets, naive Bayes, morfología

**Abstract**

The fundamental data of radioastronomy are the radio frequency signals originated in outer space, one of the most important sources is the Sun. These radio emissions can be classified in several types; unfortunately, most of the currently classification processes are done manually, and that creates an important level of complexity to identify the type of emission; especially in cases where data has significant amounts of noise which is very common in radio frequency applications. In this presentation we propose an approach called DSP2DSB (Digital Signal Processing to Distinguish Solar Burst) to classify type II and III solar bursts in low frequencies.

Keywords: Solar emissions, radioastronomy, wavelets, naive Bayes, morphology



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## T29 - Análisis de la red intermodal de transporte de Centroamérica

Kristel Suárez

Universidad Marítima Internacional de Panamá, Panamá.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [jcasas@umip.ac.pa](mailto:jcasas@umip.ac.pa)

### Resumen

Centroamérica es dependiente del transporte terrestre para su intercambio comercial puesto que hay poca integración con los otros medios de transporte y son reducidas las opciones para el transporte de carga entre los países de la región. Es por esta razón que se llevan a cabo estudios para promover otras opciones como el Transporte Marítimo de Corta Distancia (TMCD). Pero expertos en la región advierten que más allá de presentar una opción al transporte por carretera, es necesario articular las infraestructuras y servicios de transporte en una red intermodal de transporte. Bajo este concepto, el presente estudio compara el desempeño del sistema intermodal de transporte de Centroamérica incorporando rutas de TMCD en relación con el actual desempeño de la red de carreteras. La región bajo estudio cuenta con escasas líneas ferroviarias y las existentes no se interconectan a la red por lo que se descartan en el análisis. Se comprueba que los países de mayor intercambio comercial intrarregional, son también los que cuentan con los mayores niveles de conectividad de la región. Ciudades como Managua y San Salvador cuentan con potencial tanto para el intercambio comercial como para el desarrollo de actividades logísticas. Se destaca la importancia de establecer conexiones marítimas para aumentar el nivel de conectividad de la mayoría de las ciudades de Centroamérica.

Palabras claves: Transporte marítimo, intercambio comercial

### Abstract

Central America is dependent on road transport for trade since there is little integration with other modes of transport and are reduced options for cargo transportation between the countries of the region. For that reason, studies are carried out to promote other modes such as Short Sea Shipping (SSS). But regional experts point out that it is necessary to coordinate infrastructure and transport services in an intermodal transport network, beyond than presenting an option to road transport. Under this concept, the present study compares the performance of the intermodal transport system incorporating Central American SSS routes in relation to the current performance of the road network. The region under study has few existing railway lines and they are not interconnected to the network so discarded in the analysis. It is found that countries with higher intraregional trade are also those with the highest levels of connectivity in the region. Cities as Managua and San Salvador have potential for both trade and the logistics development. It is highlighted the importance of maritime connection in order to increase the level of connectivity of most cities in Central America.

Keywords: Maritime transportation, commercial exchange



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Science and Technology

## **T30** - Análisis de redes sociales para la comunicación entre organizaciones de gestión de desastres en Panamá

Xiomara Vallarino

Universidad Marítima Internacional de Panamá, Panamá

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [jcasas@umip.ac.pa](mailto:jcasas@umip.ac.pa)

### Resumen

En la última década, se reportaron más de 4,014 desastres naturales de acuerdo al Informe Mundial sobre Desastres 2010. Panamá, a pesar que no ha sufrido desastres de grandes magnitudes, es parte de estas estadísticas: en los años 2010 y 2011 se registraron inundaciones en las provincias de Bocas del Toro, Colón, Darién, Chiriquí y en las regiones de Panamá Este y Oeste, reportándose un número mayor de 32,900 afectados. Es por ello que con este estudio buscamos diagnosticar la situación actual de los patrones de comunicación y coordinación de las acciones para la asistencia humanitaria y brindar una propuesta para un Sistema de Redes para la Comunicación y Coordinación de las Organizaciones de Logística Humanitaria y Gestión de Desastre en Panamá. Para lograr el objetivo utilizamos la metodología de Análisis de Redes Sociales (ARS) para medir las relaciones o vínculos existentes entre los actores que forman parte del sistema de logística humanitaria y gestión de riesgo de desastre, y de esta manera, identificar los patrones de comunicación y coordinación. Una vez estos identificados estos patrones se hizo una propuesta para mejorar las relaciones y aumentar los niveles de conectividad de la red de organizaciones tomando en consideración parámetros de diferentes instituciones internacionales y lograr que la comunicación y la coordinación entre las instituciones sea más dinámica y continua para que las acciones fortalezcan la capacidad local de brindar asistencia humanitaria a las poblaciones afectadas.

Palabras claves: logística humanitaria, gestión de riesgos, coordinación, análisis de redes sociales

### Abstract

In the last decade, more than 4,014 natural disasters were report according to the World Disasters Report 2010. Although, Panama has not suffered disasters of great magnitude it is part of these statistics; in 2010 and 2011 floods were registered in the provinces of Bocas del Toro, Colon, Darien, Chiriquí and in the regions of East and West of Panama, being reported a number grater than 32,900 affected. For those reasons, the purpose of this study is to provide a diagnosis of the current situation of the patterns of communication and coordination to provide humanitarian assistance and present a proposal for a system for communication and coordination network for the organizations of Humanitarian Logistics and Disaster Management in Panama. To achieve our objective we use the methodology of social network analysis (SNA) to measure the relationships or links between actors who are part of the system of humanitarian logistics and disaster risk management and identify the patterns of communication and coordination. Once patterns of communication and coordination were identify, a proposal was made in order to improve relations and increase levels of connectivity of the network of organizations, taking into account parameters of different international institutions and make communication and coordination between institutions more dynamic and continuous, also to strengthen local capacity to provide humanitarian assistance to affected populations.

Keywords: humanitarian logistics, risk management, social network analysis, Panama



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S1 - Uso del suelo como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas**

*Land use as secondary treatment of domestic wastewater*  
Wilber J. Pérez-Flores .....203

**S2 - Remoción de arsénico en agua de consumo humano mediante la técnica de coagulación-floculación**

*Removal of arsenic in water of human consumption through coagulation-flocculation technique*  
Andrés Araya-Obando, Johnny Valverde-Cerdas, Paola Rojas-Chaves, Luis G. Romero-Esquivel ..... 204

**S4 - Estimación y mapeo de dengue y chikungunya en Honduras 2015 utilizando sistemas de información geográfica**

*Estimation and mapping of dengue and chikungunya in Honduras 2015 using geographic information systems*  
Lysien I. Zambrano, Manuel Sierra, Bredy Lara, Iván Rodríguez-Núñez, Marco T. Medina, Carlos Lozada-Riascos, Alfonso Rodríguez-Morales.....205

**S5 - Módulo sanitario familiar para emergencias de rápida instalación (Mosafari)**

*Family sanitary module for emergency and fast installation (Mosafari)*  
Rubén R. Pérez ..... 206

**S6 - Estabilización de lixiviados generados en el relleno sanitario La Chureca de la ciudad de Managua**

*Stabilization of leachate generated in La Chureca of Managua city landfill*  
Henry J. Vilchez ..... 207

**S7 - Adherencia al tratamiento nutricional en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 que asisten a un programa educativo**

*Adherence to nutritional treatment in patients with diabetes mellitus type 2 that attend an educational programme*  
Mariela A. Carvajal ..... 208

**S8 - Incidencia de accidente ofídico en Guatemala en años recientes**

*Incidence of ophidian accident in Guatemala in recent years*  
Dennis Guerra-Centeno ..... 209

**S9 - Susceptibilidad de cerdos criados artesanalmente a infecciones por norovirus humanos en zonas rurales de Nicaragua**

*Susceptibility of pigs raised artisanally to infections by human norovirus in rural Nicaragua*  
Fredman González .....210

**S10 - Herramientas moleculares aplicadas al estudio de aguas para el consumo humano, comunidad El Cacao, Nicaragua**

*Molecular tools applied to the study of water for human consumption, community El Cacao, Nicaragua*  
Leandro A. Paramo, Tania S. Garmendia, Jennifer Villalta.....211

**S11 - Modelo computacional para el estudio y predicción del clima**

*Computational model for the study and prediction of the climate*  
Enrique Pazos .....212

**S12 - *Helicobacter pylori* HtrA: una proteasa universalmente expresada en cepas aisladas alrededor del mundo con potencial terapéutico**

*Helicobacter pylori HtrA: a protease universally expressed in strains isolated around the world with therapeutic potential*  
Francisco Rivas-Traverso.....213

**S14 - Buenas prácticas de manufactura en Bancos de Leche Humana de la Red Nacional de Bancos de Leche Humana de Guatemala**

*Good manufacturing practices in human milk banks of the National Network of Milk Banks of Guatemala*  
Evany Guzmán, Alejandra Sempé, Carlos Guzmán, Gerardo Arroyo.....214



**III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud**  
**III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health**

**S15 - Programa de ejercicios físicos y educación diabetológica para diabéticos tipo II, Danlí, El Paraiso, Honduras**

*Exercise and education program for diabetics type II, Danlí, El Paraiso, Honduras*

Raul O. Figueroa, Jaime N. Valerio, Miriam Ordoñez .....215

**S16 - Implicación inmunológica del mastocito en el proceso inflamatorio por tuberculosis**

*Involvement of mast cell in the inflammatory process by tuberculosis*

Ivonne Torres-Atencio.....216

**S17 - Conocimiento de la atención del paro cardiorrespiratorio en médicos del Hospital Pedro de Bethancourt**

*Knowledge of the care of the cardiorespiratory arrest in physicians of the Hospital Pedro de Bethancourt*

Henry Samayoa, Rosa J. Chiroy, Alfredo Menegazzo .....217

**S18 - Insuficiencia renal aguda en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Regional de Cuilapa, Santa Rosa, Guatemala**

*Acute renal failure in patients of Intensive Adult Care Unit, Regional Hospital of Cuilapa, Santa Rosa, Guatemala*

Ronald J. Ajcalon.....218

**S19 - La simulación como herramienta en educación médica para la seguridad del paciente**

*Simulation as a tool in medical education for the safety of the patient*

Luis A. Moya-Barquín .....219

**S20 - Percepción de salud y exposición a riesgos de trabajadores del sector comercio informal de Nicaragua y El Salvador**

*Health perception and risk exposure of workers of the informal commerce sector of Nicaragua and El Salvador*

Meyling Gutiérrez-López .....220

**S21 - Valor diagnóstico de las proteínas uPAR en sangre para el cáncer gástrico en Guatemala**

*Diagnostic value of blood uPAR proteins for gastric cancer in Guatemala*

Irmgardt A. M. Wellmann, Carmen I. Villagrán, Rafael G. Fernández-Bostrán, Elisa Hernández, Ericka Mendez, Une Clas .....221

**S22 - Perfil de salud integral de estudiantes inmigrantes nicaragüenses en escuelas y colegios de Costa Rica**

*Integral health of profile of Nicaraguan immigrant students in public and private schools of Costa Rica*

Natalia Campos-Saborío, Hilda P. Núñez-Rivas, Ileana Holst-Schumacher, Flory V. Alfaro-Mora, Betty Chacón-Ruiz .....222

**S27 - Rasgos de personalidad y éxito académico en estudiantes de Medicina en Guatemala**

*Personality traits and academic success in medical students in Guatemala*

Zinzi Ríos-García.....223

**S28 - Consecuencias del divorcio en niños y adolescentes en San Pedro Sula, Honduras**

*Consequences of divorce on children and adolescents in San Pedro Sula, Honduras*

Pedronel González Rodríguez .....224

**S30 - Lenguajes del sufrimiento, depresión y afronte de mujeres víctimas de violencia de pareja, estudio cualitativo realizado en la Fundación Sobrevivientes de Guatemala**

*Suffering languages, depression and confront of women victims of partner violence, qualitative study in Survivors Foundation of Guatemala*

Sonia M. Anckerman, .....225

III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S1 - Uso del suelo como tratamiento secundario de aguas residuales domésticas

Wilber J. Pérez-Flores

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Nicaragua

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

### Resumen

El propósito del estudio es evaluar la eficiencia de remoción de contaminantes de aguas residuales domésticas (ARD) usando el suelo como tratamiento, para utilizarlo como una alternativa al alcance de poblaciones sin acceso a sistemas de alcantarillado y tratamiento de ARD. Se construyó un sistema piloto de tratamiento de ARD compuesto por una fosa séptica y zanjas de infiltración, el cual funciona por percolación en el subsuelo, donde el agua atraviesa una capa de piedrín y luego se percola en el suelo. El estudio se realizó en la planta experimental de tratamiento de ARD en la ciudad de Guatemala, durante octubre 2014 a mayo del 2015. Se tomaron como parámetros los indicados en el Reglamento de descargas y reúsos de las aguas residuales y la disposición de lodos. Los análisis se realizaron en el Laboratorio Unificado de Química y Microbiología Sanitaria, a excepción de los metales pesados, aceites y grasas. La evaluación del rendimiento del sistema piloto de tratamiento de ARD demostró una eficiente remoción de contaminantes, con resultados en sólidos suspendidos de 99%, color 95%, DBO5 de 99%, DQO de 98%, fósforo de 87% y coliformes fecales de 93%. Respecto al nitrógeno se eliminaron los resultados extremos, obteniéndose una eficiencia de remoción de 23%. Se comprobó que el suelo es capaz de remover con eficacia la mayoría de contaminantes de las ARD a excepción del nitrógeno, el cual requiere un estudio más detallado para entender su comportamiento en el proceso.

Palabras claves: Fosa séptica, zanja de infiltración, remoción de contaminantes

### Abstract

The purpose of the study is to evaluate the efficiency of domestic wastewater (DW) removal of pollutants using soil as a treatment, to be used as an alternative to the population without access to sewerage systems and DW treatment. It was built a pilot system for treatment of DW, including a septic pit and infiltration ditches, which works by percolation in the subsoil, the water flows through a stone layer and then is percolated in the soil. The study was carried out in the DW experimental treatment plant in Guatemala city, during October 2014 to May 2015. It was taken as parameters the indicated in the regulation of downloads and reuse of water waste and the disposal of sludge. Analysis were done in the Unified Laboratory for Chemistry and Sanitary Microbiology, with the exception of heavy metals, oils and fats. Evaluation of the DW pilot's system treatment plant showed an efficient contaminant removal, with results in solid suspended of 99%, color 95%, DBO5 of 99%, COD of 98%, phosphorus of 87% and fecal coliform of 93%. Nitrogen values show elimination of extreme contents, with a removal efficacy of 23%. It was found that the soil is able to effectively remove most of the contaminants from DW except for nitrogen, which requires a more detailed study to understand their behavior in the process.

Keywords: Septic pit, infiltration ditch, contaminant removal



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S2 - Remoción de arsénico en agua de consumo humano  
mediante la técnica de coagulación-floculación**

Andrés Araya-Obando<sup>1\*</sup>, Johnny Valverde-Cerdas<sup>2</sup>, Paola Rojas-Chaves<sup>2</sup>, Luis G. Romero-Esquivel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Escuela de Ingeniería en Construcción y <sup>2</sup>Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [jobando@tec.ac.cr](mailto:jobando@tec.ac.cr)

### Resumen

En Costa Rica, se han identificado aguas de consumo humano con concentraciones de arsénico mayores al límite permitido (10 µg/L). En este sentido, la tecnología de coagulación/floculación puede ser potencialmente utilizada como una alternativa de tratamiento. La presente investigación evaluó la eficiencia del cloruro de hierro (III) junto con la adición de dos floculantes, uno sintético (polímero catiónico KF-930-S) y otro natural (mozote *Triumfetta semitriloba* Jacq, Malvaceae). Se hicieron ensayos de jarras utilizando una concentración de arsénico de 200 µg/L. Las condiciones óptimas fueron pH 6, dosis de cloruro de hierro (III) de 12 mg/L y 14 mg/L para el polímero catiónico (1 mg/L) y el mozote (250 mg/L), respectivamente. Como mecanismos de separación, se utilizó filtración rápida con arena (0.5 mm). Se definieron tiempos de floculación de 1 min en ambos casos. Se obtuvieron eficiencias de remoción cercanas al 96%, obteniendo concentraciones de arsénico en el efluente menores a 10 µg/L. Los análisis de potencial Z, mostraron que el floc formado, está cargado positivamente al utilizar agua sin iones y cargada negativamente al usar agua sintética con iones interferentes. Posiblemente, el mecanismo de remoción, al usar agua sin iones interferentes, se debe a la atracción electrostática del arsenato (adsorción). Al contrario, en presencia de iones interferentes, probablemente los iones de adsorbato se enlazan directamente a la superficie del material por medio de la formación de complejos de esfera interna.

**Palabras claves:** Remoción de arsénico, cloruro de hierro (III), polímero catiónico, floculantes naturales, potencial Z

### Abstract

In Costa Rica, water for human consumption with arsenic concentrations above the permissible limit (10 µg/L) have been identified. In this sense, the technology of coagulation/flocculation can be potentially used as an alternative of treatment. The present research evaluated the efficiency of iron chloride (III) together with the addition of two flocculants, one synthetic (polymer cation KF-930-S) and other natural (mozote *Triumfetta semitriloba* Jacq, Malvaceae). Pitchers trials using an arsenic concentration of 200 µg/L were made. Optimal conditions were pH 6, doses of iron chloride (III) of 12 mg/L and 14 mg/L for the polymer cation (1 mg/L) and the mozote (250 mg/L), respectively. Quick filtration with sand (0.5 mm) was used as separation mechanisms. Flocculation times of 1 min were defined in both cases. Removal efficiencies close to 96%, obtaining less than 10 µg/L concentrations of arsenic in the effluent were obtained. The analysis of potential Z, showed that the floc formed, is positively charged when water without ions is used, and negatively charged when synthetic water with interfering ions is used. Possibly, the removal mechanism, when using water without interfering ions, is the electrostatic attraction of arsenate (adsorption). On the contrary, in the presence of interfering ions, probably adsorbate ions are bound directly to the surface of the material through the formation of inner sphere complexes.

**Keywords:** Arsenic removal, iron chloride (III), cationic polymer, natural flocculants, potential Z



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S4 - Estimación y mapeo de dengue y chikungunya en Honduras  
2015 utilizando sistemas de información geográfica**

Lysien I. Zambrano\*, Manuel Sierra, Bredy Lara, Iván Rodríguez-Núñez, Marco T. Medina,  
Carlos Lozada-Riascos, Alfonso Rodríguez-Morales

Universidad Nacional Autónoma de Honduras

\*Autor al que se dirige la correspondencia: lysien.zambrano@unah

**Resumen**

Como parte del control y el riesgo para el dengue y chikungunya se trabaja en conjunto para analizar las implicaciones epidemiológicas de estas enfermedades a una escala regional y nacional. El objetivo fue estimar las tasas de incidencia de dengue y chikungunya en 2015 para Honduras y sus departamentos y desarrollar mapas epidemiológicos basados en SIG. Se realizó un estudio observacional retrospectivo tomando casos de dengue y chikungunya confirmados por clínica y laboratorio del sistema de vigilancia nacional para el año 2015 de 298 municipios, para estimaciones de tasas de incidencia anuales. Se utilizó el software de Microsoft Access® y Kosmo 3.0. Se reportaron 19,289 casos de dengue y 85,386 de chikungunya en Honduras. La mayoría de casos se registraron en las semanas epidemiológicas 25 y 27 respectivamente. Los mapas basados en SIG muestran que la incidencia del dengue es mayor en el sur, y chikungunya mayor en el centro-norte. Valle tiene la tasa más alta de incidencia de dengue (634 casos/100,000 habitantes); Francisco Morazán tiene 38.4% del total de chikungunya (2,111 caso/100,000 habitantes). En los últimos dos años, las enfermedades por arbovirus han aumentado globalmente, especialmente en América Latina. Herramientas de salud pública para los análisis detallados, como el uso de mapas epidemiológicos basados en GIS permiten integrar las estrategias preventivas, así como políticas en salud pública, para el control conjunto de estas enfermedades transmitidas por vectores en Honduras.

Palabras claves: Arbovirus; mapa epidemiológico, enfermedades por vectore

**Abstract**

As part of the control and risk for chikungunya and dengue a work together has been established to analyze the epidemiological implications of these diseases at regional and national levels. The objective is to estimate the incidence rates of dengue and chikungunya in 2015 to Honduras and its departments and develop epidemiological maps based on GIS. It was conducted an observational retrospective study. Dengue and chikungunya cases confirmed by clinical and laboratory from the national surveillance system for 2015 of 298 municipalities, estimates of annual incidence rates of both infections, using Microsoft Access ® software and Kosmo 3.0. Cases of dengue (19,289) and chikungunya (85,386) were reported in Honduras. Most cases were reported in the 25 and 27 epidemiological weeks respectively. GIS-based maps show that the incidence of dengue is highest in the south, and chikungunya in the north-central. Valle has the highest incidence rate of dengue (634 cases/100,000 inhabitants) and Francisco Morazan has 38.4% of chikungunya (2,111 cases/ 100,000 inhabitants). In the past two years, arbovirus diseases have increased globally, especially in Latin America. Public health tools for detailed analysis, such as the use of epidemiological maps based on GIS can integrate preventive strategies and public health policies for joint control of these vector-borne diseases in Honduras.

Keywords: Arbovirus; vector-borne diseases, epidemiological maps



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S5** - Módulo sanitario familiar para emergencias de  
rápida instalación (Mosafari)

Rubén R. Pérez

Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media (EFPEM), Universidad de San Carlos de Guatemala

\*Autor al que se dirige la correspondencia: rrperezoliva1@gmail.com

### Resumen

Se propone un módulo sanitario familiar para emergencias de instalación rápida (Mosafari), cuyo establecimiento de todos sus componentes puede desarrollarse en un tiempo de uno a tres días. Tiene cuatro componentes: Primero el Sistema de abastecimiento de agua segura para consumo humano; que incluye captación de agua de lluvia, almacenamiento y desinfección del agua para consumo humano a nivel familiar (5 personas), comunitario (25 familias); el sistema de desinfección incluye filtración con arena y desinfección con plata coloidal. El segundo, es un sistema de baño familiar que incluye taza con separación de heces y orina (con reductor para ser utilizado por niños/niñas, lavamanos, ducha y utensilios de higiene. El tercero es un sistema de disposición y tratamiento de aguas grises, que incluye trampa de grasas y sistema de infiltración (zanja sanitaria). Adicionalmente se incluyen dos sistemas, uno que consta de pila que se alimenta con captación de agua de lluvia; y otro que consta de un modelo de letrina abonera seca familiar (LASF). El área que utiliza el Mosafari no es mayor de 40 m<sup>2</sup>. Los costos de compra de insumos y materiales, instalación, operación y mantenimiento son bastante bajos y el tiempo de utilización del Mosafari no debe pasar de un año; aunque el tiempo puede ampliarse previa evaluación de sus componentes.

Palabras claves: Gestión de riesgo, tratamiento, desinfección, salud, tecnología apropiada

### Abstract

In cases of emergencies and disasters we ready or not, the immediate response actions to the affected population, including measures such as providing water for human consumption; as well as the prevention of pollution from human faeces, solid waste and wastewater, to ensure environmental health of the affected population. The family health emergency module for quick installation (Mosafari) described and proposed was built next to the building occupied by the Regional School of Sanitary Engineering and Water Resources (ERIS), with financial resources of PAHO/WHO, developed this pilot project as an model educational, which serve as an example of how economically and appropriate technology, can give an answer in the short time (one to three days), compliance processes efficiently and effectively, ensuring that all its components be useful to address the emergency and the period in which it ceases to be.

Keywords: Risk management, treatment, disinfection, health, appropriate technology



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S6 - Estabilización de lixiviados generados en el relleno sanitario La Chureca de la ciudad de Managua

Henry J. Vilchez

Peogeama de Investigación de Estudios Nacion ales y Servicios del Ambiente,  
Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [jvil12p@gmail.com](mailto:jvil12p@gmail.com)

### Resumen

La investigación logra establecer que son muchas las variables que condicionan el proceso de descomposición de los residuos, siendo la variable fundamental al estudiar la degradación en el relleno y la naturaleza de los desecho. Se realizó una caracterización de su composición química y física, características difíciles de conocer en detalle y establecer con seguridad una descripción matemática del residuo, por la naturaleza heterogénea de los vertidos de la ciudad de Managua. Para el caso del relleno sanitario La Chureca, se estableció un monitoreo en los datos químicos y físicos del lixiviado para un período de febrero a octubre del 2014, para conocer el comportamiento del lixiviado de manera que los datos fueran contrastados con otras investigaciones. Es concluyente el resultado que las concentraciones alcanzadas oscilan en una composiciones de lixiviado propia de vertederos maduros, coincidiendo con otras investigaciones realizadas en esta temática siendo la diferencias el tiempo en que se logra dicho fenómeno. Se denota que la relación DBO5/DQO está a menudo en el rango de 0.05 a 0.2, datos típicos que se esperan de los rellenos sanitarios que están en esta fase metanogénica, demostrando de esta manera que la dinámica del vertedero analizado es una fase madura así como de difícil biodegradabilidad. Por lo que de acuerdo a la investigación, la fase de maduración alcanzada está enfocada en la duración del estado inestable del lixiviado que es de corta duración logrando una estabilización en un año y medio.

Palabras claves: Lixiviado, DQO/DBO5, Estabilización, Relleno sanitario

### Abstract

Research can establish that there are many variables that determine the decomposition process of waste, being fundamental to study the degradation in the filling and the nature of the waste variable, so we proceeded to perform a physical and chemical characterization of the composition, characteristics difficult to know in detail and establish security in order to describe mathematically the waste, due to the heterogeneous nature of the discharges from the city of Managua. In the case of La Chureca landfill, chemical and physical data was monitored in leached for a period from February to October 2014, established to understand the behavior of leached so that the data were contrasted with other research. It is concluded that result oscillate in concentrations achieved in the compositions of mature landfill leachate, coinciding with other research in this field being the differences in the time that such a phenomenon is achieved. It denotes that the BOD5/COD is often in the range of 0.05 to 0.2, typical data expected from landfills that are in the methanogenic phase, thus demonstrating that the dynamics of the landfill is analyzed as mature so biodegradability is difficult. According to this research, it reached the maturation phase is focused on the duration of the unstable state of the leachate that is short lived achieving stabilization in a year and a half.

Keywords: Leachate, COD/BOD 5, Stabilization Landfill



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## **S7** - Adherencia al tratamiento nutricional en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 que asisten a un programa educativo

Mariela A. Carvajal

Maestría en Alimentación y Nutrición, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar la adherencia al tratamiento nutricional por medio de la hemoglobina glicosilada en pacientes con diabetes mellitus tipo 2 que asistieron a un programa educativo en diabetes en la ciudad de Guatemala, así como evaluar los principales factores que influyen en ella. Se realizó un estudio de tipo prospectivo, longitudinal, experimental, pareado de intervención no medicamentosa. Se utilizó la prueba de Morinsky-Green Levine para evaluar la adherencia al tratamiento nutricional, el cual consiste en cuatro preguntas de auto informe sobre la adherencia. La muestra estuvo conformada por 126 pacientes que recibieron una intervención educativa durante cinco meses. La metodología utilizada permitió analizar la adherencia al tratamiento por medio de la prueba de hemoglobina glicosilada, una encuesta de adherencia, evaluación del consumo por grupos de alimentos al inicio y al final. Uno de los principales hallazgos fue que los pacientes están convencidos que su plan nutricional les beneficia y les evitaría complicaciones. El apoyo familiar también juega un papel muy importante en la adherencia de estos pacientes al tratamiento nutricional. Los indicadores de adherencia que se encontraron más afectados son los relacionados al costo del plan de alimentación y la dificultad para seguirlo. Se concluye que es posible utilizar la hemoglobina glicosilada como un indicador efectivo de adherencia, ya que el porcentaje de pacientes con hemoglobina glicosilada controlada aumentó de un 50 a un 65.9% después de la intervención.

**Palabras claves:** Plan educativo, hemoglobina glicosilada, intervención educativa

### Abstract

The aim of this studied was to assess the adherence to a nutritional treatment by glycosylated hemoglobin in patients with Diabetes Mellitus Type 2 who attended a diabetes education program in the capital city as well as assess the main factors that influence it. To do this a prospective, longitudinal, experimental, non-drug intervention couplet was performed. The test of Morinsky Green Levine to assess adherence to nutritional therapy, which consists of four questions self report on adherence was used. The sample consisted of 126 patients that received an educational intervention for five months. The methodology allowed us to analyze adherence to treatment through glycosylated hemoglobin test, a survey of adhesion, evaluation of consumption by food groups at the beginning and end. One of the main findings was that patients are convinced that their nutritional plan benefits them and prevent them complications. Family support also plays a major role in these patients adherence to nutritional therapy role. Adherence indicators that were found most affected are those related to the cost of eating plan and the difficulty to follow. It is concluded that it is possible to use the glycosylated hemoglobin as an effective indicator of adhesion as the percentage of patients with controlled glycosylated hemoglobin increased from 50 to 65.9% postoperatively.

**Keywords:** Educational plan, glycosylated hemoglobin, educative intervention



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S8 - Incidencia de accidente ofídico en Guatemala en años recientes

Dennis Guerra-Centeno

Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

### Resumen

El accidente ofídico, es una enfermedad desatendida que afecta principalmente a los campesinos pobres de los países tropicales y subtropicales. Con el objetivo de generar información epidemiológica sobre esta enfermedad en Guatemala, se estudió la incidencia de casos atendidos en hospitales nacionales durante el periodo 2008-2013. Se consultaron los datos oficiales del Sistema de Información Gerencial de Salud (Sigs) del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (Minsalud). Se analizó la distribución de las 23 especies de serpientes venenosas, en los 22 departamentos de Guatemala. La incidencia anual en el periodo estudiado, osciló entre 777 y 922 casos con una media anual de 849 casos (IC 95% = 803-894). La mayoría de casos ocurrió en Petén. La actividad agrícola y la distribución de las especies de serpientes venenosas podrían explicar la incidencia espacial de los casos.

Palabras claves: Enfermedad desatendida, envenenamiento por serpiente, ofidismo

### Abstract

Snakebite envenoming is a neglected disease that affects mainly poor farmers in tropical and subtropical countries. In order to generate epidemiological information about this disease in Guatemala, the incidence of cases attended in national hospitals between 2008 and 2013 was studied. Official data from Health Managerial Information System (Sigs) from the Ministry of Public Health and Social Assistance (Minsalud) for the 22 departments of the country were consulted. The distribution of 23 species of poisonous snakes in the 22 departments of Guatemala was analyzed. The annual incidence during the studied period ranged between 777 and 922 cases with an average of 849 (95% CI = 803-894). Most of the cases occurred in Petén. Farming activities and distribution of species of poisonous snakes could explain the spatial incidence of cases.

Keywords: Neglected disease, snakebite envenoming, ophidism



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S9 - Susceptibilidad de cerdos criados artesanalmente a infecciones por norovirus humanos en zonas rurales de Nicaragua

Fredman González

Maestría en Microbiología Médica, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [fili.bucardo@hotmail.com](mailto:fili.bucardo@hotmail.com)

### Resumen

Norovirus es la mayor causa de gastroenteritis viral en el mundo, genéticamente y antigénicamente las cepas humanas y porcinas se relacionan. La información se limita en zonas rurales donde los cerdos domésticos están expuestos a heces humana que facilitan la transmisión. La presencia de antígenos de grupos histo-sanguíneos (HBGAs) se conocen como factores de susceptibilidad para NoV en seres humanos y para modelo de lechones libre de gérmenes, pero su papel en la susceptibilidad en ambientes domésticos es desconocido. La investigación estableció la seroprevalencia en cerdos domésticos de tres cepas de norovirus humano en formato VLP (partículas virales sintéticas); y la distribución de HBGAs en relación con los títulos de anticuerpos IgG y la caracterización adicional de la cepa GII.4-VLP de NoV por bloqueo de unión a mucinas gástricas de cerdo (PGM). La mayoría de cerdos fueron seropositivos a los tres VLPs (58-70%). La seropositividad y la reactividad cruzada aumentó significativamente con la edad; los sueros de cerdos no bloquearon la unión del NoV GII.4 VLP (Dijon) a PGM lo que sugiere que no hay infección previa con este genotipo. La mayoría de cerdos fueron H-positivo (84%), un factor de susceptibilidad para infecciones humanas, pero los títulos de anticuerpos de IgG fueron mayores en H-negativo (GMT = 247) que en cerdos H-positivo (GMT = 57), esta diferencia en los títulos de anticuerpos sólo se observó en cerdos  $\leq 1$  mes. Los datos serológicos demuestran que la población porcina está expuesta a infecciones por NoV, y la asociación de HBGAs requiere otros estudios.

Palabras claves: IgG, norovirus porcino, Nicaragua, zoonosis, HBFA, mucina gastrica de cerdo

### Abstract

Information about porcine norovirus (PoNoV), genetically similar to human NoV (HuNoV), is limited from rural areas where household-raised pigs are heavily exposed to fecal material which could facilitate transmission. Histo blood group antigens (HBGAs) are known susceptibility factors to NoV in humans and in a germfree piglet model but their role in susceptibility in the porcine population is unknown. This study reports the seroprevalence and antibody titers to human norovirus (NoV) VLPs in household raised pigs; and, the distribution of HBGAs in relation to NoV IgG antibody titers and further characterization by blocking of GII.4 VLP binding to pig gastric mucins (PGM). The majority of pigs were seropositive to all three VLPs tested (58-70%) with seropositivity and cross-reactivity increasing significantly with age. However, pig sera could not block the binding of NoV GII.4 VLPs (Dijon) to PGM suggesting no previous infection with this genotype. The majority of the pigs were H-positive (84%), a susceptibility factor for human infections. IgG antibody titers were however higher in H-negative (GMT = 247) as compared with H-positive (GMT = 57) pigs, this difference in antibody titers was only observed in pigs  $\leq 1$  month. Serological data show that the porcine population of Nicaragua is highly exposed to NoV infections, and the association to HBGAs warrants further investigation

Keywords: IgG; porcine norovirus; Nicaragua; zoonosis; HBGA; pig gastric mucin



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S10 - Herramientas moleculares aplicadas al estudio de aguas para el consumo humano, comunidad El Cacao, Nicaragua**

Leandro A. Paramo\*, Tania S. Garmendia, Jennifer Villalta

Programa de Investigación Estudios Nacionales y Servicios Ambientales, Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [lparamo2014@gmail.com](mailto:lparamo2014@gmail.com)

### Resumen

Se determinó la presencia de contaminantes microbianos en aguas de consumo humano de la comunidad El Cacao, Mosonte, Nueva Segovia. El análisis se realizó tanto por métodos microbiológicos como por vía molecular analizando su interrelación con las enfermedades que se observan en la comunidad. Se obtuvo la presencia de coliformes fecales, totales y *Escherichia coli* desde la captación hasta el tanque de almacenamiento. Los aislados identificados pertenecen a las bacterias del tipo *Alcaligenes* y *Paenalcaligenes*, además de *Stenotrophomonas* y *Serratia*. Las cuales son bacterias acuáticas y están asociadas a diversas enfermedades. Además se identificó la presencia de *Aspergillus* que han sido bien reportados en diversas enfermedades humanas.

Palabras claves: Alcaligenes, Serratia, Aspergillus, microbiología de aguas, enfermedades transmitidas por agua

### Abstract

The presences of microbial contaminants in water for human consumption from El Cacao community, Mosonte, Nueva Segovia was determined. Analysis was carried out by microbiological and molecular methods, analyzing their interaction with the diseases seen in the community. Fecal coliforms and *Escherichia coli* total were obtained from the catchment to the storage tank. Isolates identified bacteria belonging to *Paenalcaligenes*, *Alcaligenes*, *Stenotrophomonas* and *Serratia* genus, These are aquatic bacteria and are associated with various diseases. Furthermore, *Aspergillus* was identified and has been well reported in various human diseases.

Keywords: Alcaligenes, Serratia, Aspergillus, Water microbiology, Water-borne diseases



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S11 - Modelo computacional para el estudio y predicción del clima

Enrique Pazos

Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

### Resumen

En vista del inminente cambio climático global, es necesario contar con modelos matemáticos regionales y globales que puedan proyectar con detalle las tendencias futuras de temperatura, humedad, precipitación, viento y absorción de radiación solar, entre otras. Con esta motivación, presentamos los resultados preliminares de un modelo físico cuantitativo que describe el movimiento, densidad y temperatura de masas de aire en la atmósfera. El modelo se basa en la solución numérica de las ecuaciones de Euler para aire seco, por medio del método de volúmenes finitos. El modelo es utilizado para describir la evolución en el tiempo de masas de aire tibio y frío en un perfil bidimensional que representa una sección vertical de la atmósfera. Se incluye también el efecto de la curvatura del suelo por medio de coordenadas que siguen el perfil topográfico del terreno. En los resultados de la simulación es posible observar que el movimiento del aire genera diferentes patrones en las corrientes de viento y distribución de temperatura en la atmósfera, los cuales afectan distintos lugares dependiendo de la velocidad de advección de la masa de aire. Este estudio es un primer paso en la predicción a futuro de los efectos del cambio climático en el territorio de Guatemala, los cuales son necesarios para poder tomar medidas y políticas de adaptación y mitigación.

Palabras claves: Clima, modelo numérico, hidrodinámica, volúmenes finitos

### Abstract

Due to the imminent global climate change, it is a necessity to have global and regional mathematical models that will be able to make detailed projections of future tendencies of temperature, humidity, precipitation, wind and absorption of solar radiation, among others. With this motivation, we present preliminary results of a quantitative physical model that describes the motion, density and temperature of air masses in the atmosphere. The model is based on the solution of Euler's equations for dry air, using the finite volume method. The model is used to compute the time evolution of warm and cold air masses in a bi-dimensional profile that represents a vertical section of the atmosphere. The effect of soil curvature is also taken into account by means of terrain following coordinates. In the results of the simulations, it is possible to observe that the motion of the air generates different patterns in the wind currents and temperature distribution in the atmosphere, which affect different places depending on the advection speed of the air mass. This study is a first step in the prediction of the climate change effects on the Guatemalan territory, which are necessary in order to take adaptation and mitigation measures and policies.

Keywords: Climate, numerical model, hydrodynamics, finite volume



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S12** - *Helicobacter pylori* HtrA: una proteasa universalmente expresada en cepas aisladas alrededor del mundo con potencial terapéutico

Francisco Rivas-Traverso

Programa de Maestría en Ciencias Biológicas, Universidad de Panamá, Panamá

\*Autor al que se dirige la correspondencia: [lparamo2014@gmail.com](mailto:lparamo2014@gmail.com)

## Resumen

Las proteasas y chaperonas HtrA exhiben un papel importante en las respuestas de control de calidad de las proteínas periplásmicas y de estrés. La inactivación genética de htrA se ha descrito para muchos patógenos bacterianos, sin embargo, en algunos casos, tales como el patógeno gástrico *Helicobacter pylori*, HtrA escinde el supresor tumor de tipo E-cadherina interfiriendo con el desarrollo de enfermedad gástrica. Aquí, mostramos que el locus del gen htrA está altamente conservada en las cepas en todo el mundo. La presencia de HtrA se confirmó en 992 aislamientos de *H. pylori* en biopsias gástricas de pacientes infectados. Se demuestra que *H. pylori* htrA es un gen esencial bifuncional con funciones cruciales intracelulares y extracelulares. Por lo tanto, como se describe aquí el primer patógeno en el que un gen htrA es indispensable, una situación única en el reino bacteriano. Por lo tanto, HtrA se puede considerar un nuevo objetivo prometedor para la terapia anti-bacteriana.

Palabras claves: Enfermedad gástrica, cáncer gástrico

## Abstract

HtrA proteases and chaperones exhibit important roles in periplasmic protein quality control and stress responses. The genetic inactivation of HtrA has been described for many bacterial pathogens, however, in some cases such as the gastric pathogen *Helicobacter pylori*, HtrA is secreted where it cleaves the tumour suppressor E-cadherin interfering with gastric disease development, but the generation of htrA mutants is still lacking. Here, we show that the HtrA gene locus is highly conserved in worldwide strains. We show that *Helicobacter* htrA is an essential bifunctional gene with crucial intracellular and extracellular functions. Thus, we describe here the first microbe in which htrA is an indispensable gene, a situation unique in the bacterial kingdom. HtrA can therefore be considered a promising new target for anti-bacterial therapy.

Keywords: Gastric disease, gastric cancer



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S14 - Buenas prácticas de manufactura en Bancos de Leche Humana de la Red Nacional de Bancos de Leche Humana de Guatemala**

Evany Guzmán, Alejandra Sempé, Carlos Guzmán, Gerardo Arroyo

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

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

**Resumen**

La presente investigación tuvo como objetivo verificar el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) en siete Bancos de Leche Humana (BLH) de la Red Nacional, estableciendo las condiciones y recomendaciones de infraestructura, equipos, procesos, procedimientos y personal para el mejoramiento de los BLH con el fin de asegurar su adecuado funcionamiento. Se realizó una auditoría diagnóstica evaluando las condiciones de BPM en los BLH de la Red Nacional utilizando la ficha de inspección de BPM del Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 67.01.33:06. La información recolectada se analizó mediante estadística descriptiva calculando un valor sobre 100 puntos, con el fin de valorar las condiciones y realizar un informe donde se detallaron las deficiencias y recomendaciones para mejorar el sistema y garantizar leche humana inocua, que fue entregado a cada BLH evaluado. Los BLH del Hospital General San Juan de Dios (HGSJD) y del Hospital Regional de Antigua Guatemala obtuvieron punteos que indica que poseen buenas condiciones y son aptas para procesar la leche humana; los BLH del Hospital Regional de Cobán y Puerto Barrios con regulares condiciones con correcciones para el proceso con riesgo de contaminación; los BLH de Santa Rosa y Totonicapán con condiciones ineficientes que urge corregir y el BLH de Zacapa obtuvo punteo que indica condiciones inaceptables que sugieren considerar el cierre. La mayoría de BLH posee deficiencias claras, sin embargo, son aptos para procesar la leche humana con resultados inocuos con excepción del BLH de Zacapa.

**Palabras claves:** Leche Humana, Banco de Leche de Humana, RTCA, BPM, Red Nacional de Bancos de Leche Humana

**Abstract**

The main goal of this project was to verify the compliance with Good Manufacturing Practices (GMP) in seven Human Milk Banks (HMB) of the National Network, establishing the conditions and recommendations of infrastructure, equipment, processes, procedures and personnel for the improvement of HMB in order to ensure their proper functioning. A diagnostic audit was conducted evaluating conditions of GMP in HMB of the National Network; the collected data was analyzed using descriptive statistics and calculating a value over 100 points based on an inspection questionnaire for GMP of RTCA 67.01.33: 06, with the purpose of establish the conditions and making a report where deficiencies were detailed and recommendations to improve the system and keep safe human milk, that was delivered to each HMB. Human milk banks located at Hospital General San Juan de Dios (HGSJD) and Hospital de Antigua Guatemala obtained a score indicating that possess good condition and are suitable for processing human milk; HMB of the Hospital Regional de Coban and Puerto Barrios showed regular condition with corrections to the process and risk of contamination; HMB of Santa Rosa and Totonicapán with inefficient conditions that needed to be corrected with urgency and HMB of Zacapa showed conditions indicating unacceptable processes considering immediate closing. Most HMB had clear deficiencies however, are apt to process the human milk safety, except HMB Zacapa which was recommended for closure.

**Keywords:** Human Milk, Human Milk Bank, RTCA, GMP, National Network of Human Milk Banks



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S15 - Programa de ejercicios físicos y educación diabetológica para diabéticos tipo II, Danlí, El Paraiso, Honduras**

Raul O. Figueroa\*, Jaime N. Valerio, Miriam Ordoñez

Dirección de Investigación Científica y Posgrado, Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Tegucigalpa, Honduras.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: pitolamaquina2@hotmail.com

### Resumen

La presente investigación posee un enfoque cuantitativo con alcance correlacional de carácter experimental (cuasi-experimento) la cual se refirió a los ejercicios físicos, los cuales son considerados muy beneficiosos para los pacientes aquejados de diabetes mellitus tipo 2, constituyéndose en uno de los pilares fundamentales en el tratamiento de esta enfermedad. Esta problemática no es ajena a los pacientes que asisten al HRGA y al IHSS de la ciudad de Danlí, Honduras, los cuales según el diagnóstico ejecutado a los efectos de esta investigación, se pudo comprobar afectaciones de control metabólico. El objetivo fue analizar los resultados de la aplicación de un programa de ejercicios físicos y educación diabetológica para mejorar el control metabólico y la calidad de vida de los pacientes. La muestra seleccionada es no probabilística por cuota, algunos criterios para su selección se pusieron de manifiesto y consta de 30 personas del IHSS y 30 personas del HRGA. En el estudio se utilizaron planteamientos hipotéticos de corte causal. La aplicación del programa de ejercicios contribuyó en gran medida a mejorar la calidad de vida de los pacientes del grupo experimental en comparación al grupo control tanto en lo físico, médico, psicológico y educacional. Generando una la relación de HDL con el LDL la cual es adecuada con respecto a la probabilidad que presenta que es de 0.5629 manifestando que el que se someta al Programa ya referido, disminuye el riesgo coronario.

Palabras claves: Ejercicio físico, cultura física, psicología, conocimiento

### Abstract

This research has a quantitative approach with correlational scope of experimental (quasi-experiment) which referred to physical exercises, which are considered very beneficial for patients suffering from diabetes mellitus type 2, becoming one of the fundamental pillars in the treatment of this disease. This problem is not extrange to patients attending the HRGA and IHSS in the city of Danli, Honduras, which according to the diagnosis done for this research, it was found affectations of metabolic control, The purpose was to analyze the results of the implementation of a program of exercise and diabetes education to improve metabolic control and quality of life of diabetes patients. The selected sample was not probabilistic per share; some criteria for selection were revealed and consists of 30 patients from IHSS and 30 patients from HRGA. A hypothetical causal approaches was used. The implementation of the exercise program contributed greatly to improving the quality of life of patients in the experimental group, compared to the control group both in the physical, medical, psychological and educational. Generating a ratio of HDL to LDL which is appropriate with respect to the probability that is presented stating that 0.5629 to submit the program already mentioned, reduces coronary risk.

Keywords: exercise program, physical education, psychology, knowledge



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S16 - Implicación inmunológica del mastocito en el proceso inflamatorio por tuberculosis

Ivonne Torres-Atencio

Maestría en Ciencias Biomédicas, Universidad de Panamá, Panamá.

\*Autor al que se dirige la correspondencia: torres.ivonne182001@gmail.com

### Resumen

Los mastocitos interactúan con una amplia variedad de agentes infecciosos, incluyendo *Mycobacterium tuberculosis* (MTB), que puede entrar y replicarse en los mastocitos. Esta interacción resulta en la activación del mastocito liberando mediadores inflamatorios, aunque la interacción entre las moléculas de MTB y mastocitos se conoce muy poco. Específicamente, el papel de los fosfolípidos de *Mycobacterium*, incluyendo fosfatidilcolina (PC), cardiolipina (CL), fosfatidilinositol-6-manósido (PIM6) y fenolicoglicolipido I (PGL-I) en la activación de mastocitos sigue siendo una incógnita. El objetivo del estudio es investigar el papel de estas moléculas lipídicas en la activación y degranulación del mastocito. Se utilizaron lípidos totales (LT), soluble (S-L) e insoluble (I-L) los extractos lipídicos de MTB y *Mycobacterium bovis* a partir del bacilo de Calmette-Guérin (BCG), para activar la línea de mastocitos C57. Se midió la movilización del calcio y la liberación de beta hexosaminidasa para determinar la activación de los mastocitos. Se encontró que el CL, PT, PIM6, y PGL-I produjeron menos movilización de calcio que los LT, I-L y S-L, pero esta movilización no afectó la funcionalidad celular. Por otro lado, LT, I-L y S-L indujeron niveles más altos de la movilización de calcio y afectó la funcionalidad celular. Cuando se expusieron los mastocitos C57 a BCG durante 60 min se observó el aumento de movilización de calcio durante el período de exposición. Nuestros resultados sugieren que la MTB y sus derivados tienen el potencial de desempeñar un papel activo en la mediación de la respuesta innata del huésped por los mastocitos.

Palabras claves: *Mycobacterium tuberculosis*, BCG, betahexosaminidasa, fosfolípidos

### Abstract

Mast cells interact directly with a wide variety of infectious agents including *Mycobacterium tuberculosis* (MTB), which enter and replicate within mast cells. This interaction has been shown to result in mast cell activation and inflammatory mediator release. However, the interaction between MTB molecules and mast cells is poorly understood. Specifically, the role of *Mycobacterium* phospholipids, including phosphatidylcholine (PC), cardiolipin (CL), phosphatidylinositol mannoside 6 (PIM6), and phenolicglycolipid I (PGL-I) in mast cell activation remains poorly understood. Our study aimed to investigate the role of these lipid molecules in mast cell activation and degranulation. Total lipid (TL), soluble (S-L) and insoluble (I-L) lipid extracts from *M. tuberculosis* and whole *M. bovis* bacilli Calmette-Guérin (BCG) were used to activate the C57 mast cell line. We measured calcium mobilization and betahexosaminidase release to determine C57 mast cell activation. We found that CL, PT, PIM6, and PGL-I induced less calcium mobilization in C57 mast cell than TL, S-L and S-L, but this mobilization did not affect cellular functionality. On the other hand, TL, S-L and S-L induced higher levels of calcium mobilization and affected the cellular functionality. In addition, when we exposed the C57 MC for 60 min to BCG, we observed increased calcium mobilization during the exposure period. Our results suggest that MTB and its derivatives have the potential to play an active role in mediating the innate host response by mast cells.

Keywords: *Mycobacterium tuberculosis*, BCG, betahexosaminidase, phospholipid



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## **S17** - Conocimiento de la atención del paro cardiorrespiratorio en médicos del Hospital Pedro de Bethancourt

Henry Samayoa<sup>1\*</sup>, Rosa J. Chiroy<sup>2</sup>, Alfredo Menegazzo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hospital Pedro de Bethancourt, Antigua Guatemala; <sup>2</sup>Liga Guatemalteca del Corazón, Guatemala.

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

### Resumen

El paro cardiorrespiratorio (PCR) es el cese de la respiración y el latido cardíaco en una persona. Las maniobras de reanimación cardiopulmonar (RCP) son el conjunto de maniobras que se realizan con la finalidad de sustituir y restaurar la circulación y respiración espontánea en un paciente en PCR. El objetivo fue evaluar el conocimiento de la atención del PCR según Guías AHA 2010 en los médicos que laboran durante el año 2014 en el Hospital Pedro de Bethancourt de la Antigua Guatemala. Se realizó un estudio descriptivo comparativo. Para evaluar el conocimiento de la atención del PCR entre los médicos jefes (especialistas) y médicos residentes, se utilizó un cuestionario de 30 preguntas sobre conocimientos de soporte vital básico y avanzado. Se logró la participación de 104 médicos. El promedio de calificación fue de 33 puntos para los Médicos Jefes y de 23 puntos para los Médicos Residentes. Los médicos que laboran en el Hospital Pedro de Bethancourt no tienen el conocimiento óptimo de la atención del PCR avanzado según las Guías de la AHA 2010.

Palabras claves:

### Abstract

The cardiorespiratory arrest (CRA) is the cessation of breathing and heartbeat in a person. The cardiopulmonary resuscitation (CPR) are the set of operations performed in order to replace and restore circulation and spontaneous breathing in a patient in cardiac arrest. The aim of this study was to evaluate the knowledge of cardiopulmonary resuscitation based on 2010 AHA Guidelines among physicians in 2014 at Hospital Pedro de Bethancourt in Antigua Guatemala. A descriptive comparative study was conducted. To assess knowledge of CRA attention among head doctors (specialists) and resident physicians, a questionnaire of 30 questions about knowledge of basic and advanced life support was used. A total of 104 physicians were recruited. The average score was 33 points for the head doctors and 23 points for the resident physicians. Physicians at Hospital Pedro de Bethancourt do not have the appropriate knowledge of CPR based on 2010 AHA Guidelines.

Keywords:



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S18** - Insuficiencia renal aguda en pacientes de la Unidad de Cuidados Intensivos, Hospital Regional de Cuilapa, Santa Rosa, Guatemala

Ronald J. Ajcalon

Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

### Resumen

La insuficiencia renal aguda, es una condición común en la Unidad de Cuidados Intensivos de Adultos (UCIA) y probablemente una consecuencia de la enfermedad crítica que se asocia a resultados clínicos adversos, altos costos y una mortalidad de más del 50%, sobre todo si se requiere tratamiento de reemplazo renal. El objetivo fue determinar la incidencia de insuficiencia renal aguda en pacientes ingresados a la UCIA. El estudio fue prospectivo, longitudinal, observacional, en 101 pacientes ingresados en la UCIA del Hospital Regional de Cuilapa. Se diagnosticaron 101 pacientes durante el periodo de estudio con insuficiencia renal aguda represento el 27.4% del total de pacientes internados (368) en el servicio en un año. La incidencia de mortalidad en pacientes que requieren terapia de reemplazo renal y se encuentran en ventilación mecánica es del 100%. Del total de pacientes estudiados, según la escala Akin, se encontró que el 49.5% de los pacientes correspondían a grado II, aunque el grado I también fue frecuente (29%), y que el 22 % de los pacientes correspondían a grado III. La patología que mayormente se asoció al desarrollo de insuficiencia renal aguda fue sepsis grave con un 31%, seguido de pacientes sometidos a cirugía mayor e hipovolemia con el 21 y 18% respectivamente. Se halló una incidencia aumentada de insuficiencia renal aguda comparado con estadísticas internacionales, cuya etiología fue mayormente causada por procesos sépticos.

**Palabras claves:** Escala Rife, ecala Akin, terapia de reemplazo renal, hemodiálisis

### Abstract

Acute renal failure is a common condition in the Intensive Adult Care Unit (IACU) and probably a consequence of critical illness that is associated with adverse clinical outcomes, high costs and a mortality rate of more than 50%, especially if it requires renal replacement therapy. The objective was to determine the incidence of acute renal failure in patients admitted to IACU. The study was prospective, longitudinal and observational in 101 patients admitted to the IACU at the Regional Hospital of Cuilapa study. A total of 101 patients were diagnosed during the study period with acute renal failure, which represent 27.4% of all patients in the IACU in one year (368). The incidence of mortality in patients requiring renal replacement therapy and with mechanical ventilation is 100%. Of the patients studied, according to the AKIN scale, it was found that 49.5% of patients corresponded to grade II, although grade I was also common (29%), and that 22% of patients corresponded to grade III. The pathology mostly associated with the development of acute renal failure was severe sepsis with 31%, followed by patients undergoing major surgery and hypovolemia with 21 and 18% respectively. It was found an increased incidence of acute renal failure compared to international statistics, whose etiology was mostly caused by septic processes.

**Keywords:** RIFLE scale, AKIN scale, renal replacement therapy, hemodialysis



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S19** - La simulación como herramienta en educación médica  
para la seguridad del paciente

Luis A. Moya-Barquín

Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

## Resumen

La simulación es una metodología que introduce el Crew Resource Management en la resolución de escenarios complejos, dinámicos, de alta incertidumbre, en lugares de recursos limitados incluyendo el tiempo basado en un equipo de alto rendimiento. La formación tradicional ha limitado que el sujeto en la educación tenga inhibición del liderazgo, reducción de la capacidad de toma de decisiones y con menos capacidad en la autocritica e inter-critica. Existen modelos en los que un escenario es basado en un objetivo y por medio de un checklist se puede llegar a acreditar el cumplimiento de las partes del proceso además de poder llevar por rubrica el desarrollo de las competencias. Se analizan tres tesis en las cuales se evidencia la utilidad en estudiantes de pregrado y postgrado; donde incluso la antigüedad en médicos y enfermería no son factores de mejor desempeño. La simulación puede servir para auditar el conocimiento explícito y permite identificar la brecha para la mejora continua. Se ha dicho que primero es importante no hacer daño en el principio de beneficencia pero debe de mostrarse los caminos para aplicar la *Lex Artis*. Por ello agregamos a *Primum non nocere secundum fiat Lex Artis as primum as celeriem* (Primero no hacer daño y segundo haz la Lex Artis tan rápido como lo primero)

Palabras claves: Lex artis, competencias médicas, desempeño médico, formula Utstein

## Abstract

Medical simulation is a useful tool that uses Crew Resource Management in approach of complex scenarios, dynamic, high uncertainty in places with lack of resources as time sensitive in high performance teams. The traditional education makes lower empowerment and leadership, lower decision making capabilities and lower insight and objective analysis. An objective based scenario and checklist follow up can be useful to endorse of competences in the performance rubrica. Three research studies show the useful of medical simulation in undergraduate and postgraduate to express even seniority in doctors and nurses have not better performance. Medical simulation can be used to evaluate the explicit knowledge and identify the gap to improvement. It is common first do not harm, but based in beneficence we need know the pathways to make Lex Artis. For this we add *Primum non nocere secundum fiat Lex Artis as primum as celeriem* (first do not harm second make Lex Artis as fast as the first one)

Keywords: Lex artis, medical competences, medical performance, utstein formula



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S20** - Percepción de salud y exposición a riesgos de trabajadores del sector comercio informal de Nicaragua y El Salvador

Meyling Gutiérrez-López

Maestría en Salud Ocupacional, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua.

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

Resumen

El objetivo fue determinar la relación entre la percepción de salud y la exposición a riesgos ocupacionales de trabajadores del sector comercio de Nicaragua y El Salvador considerando los determinantes sociales. Se trabajó con un diseño de triangulación concurrente, combinando métodos cualitativos y cuantitativos. En El Salvador la percepción de salud es buena (70%) y en Nicaragua media (49%). A nivel cualitativo en ambos países la salud es vista desde un concepto económico, estrés y ausencia de enfermedades. En Nicaragua las percepciones más altas de riesgos son atender varias tareas simultáneamente (59%), nivel de atención alto (57.5%), movimientos repetitivos (50%). En El Salvador, el nivel de atención alto (63%), el trabajo de pie (60%), atender varias tareas simultáneamente y esconder emociones en el trabajo (41%) con movimientos repetitivos (40%). Cualitativamente se perciben riesgos de inseguridad ciudadana, accidentes y conflictos. En Nicaragua la edad, la pobreza y el no acceso al seguro social ( $P < .05$ ) están asociados a mala salud, estar casado es un factor protector. En El Salvador sólo la edad y la iluminación están asociadas a mala salud, trabajar con plazos estrictos y cortos es un factor protector de salud. No se encontró relación entre la percepción de salud y la exposición a riesgos ocupacionales, por que los riesgos se perciben de manera diferente. Mientras en El Salvador hay una relación entre iluminación deficiente y mala salud; en Nicaragua, son determinantes sociales como pobreza y el no acceso a la seguridad social los que están fuertemente asociados a percibir una mala salud.

Palabras claves: Riesgos ocupacionales, inseguridad ciudadana

Abstract

Determine the relationship between perceived health and exposure to occupational hazards in trade workers sector in Nicaragua and El Salvador, taking into account the social determinants of health. Design was a concurrent triangulation, combining qualitative and quantitative methods. In El Salvador, perceived health is mostly good (70%) and Nicaragua it is fair (49%). A qualitative level in both countries, health is seen from an economic concept, stress and absence of disease. In Nicaragua, the highest risk perceptions are addressing several tasks simultaneously (59%), high level of attention (57.5%), repetitive movements (50%). In El Salvador, high level of attention (63%), standing at work (60%), attending several tasks simultaneously and hide emotions at work (41%) and repetitive movements (40%). Qualitatively risks of insecurity, accidents and conflicts are perceived. In Nicaragua age, poverty and lack of access to social security ( $P < .05$ ) are associated with poor health and being married is a protective factor. In El Salvador, only age and lighting are associated with poor health and work within strict and short deadlines is a protective factor of health. No relationship between perceived health and exposure to occupational hazards was found, which is because the risks are perceived differently (public safety risks). While in El Salvador there is a link between poor lighting and poor health; in Nicaragua, are social determinants such as poverty and lack of access to social security, which are strongly associated with perceived poor health.

Keywords: occupational hazards, citizen insecurity



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

## S21 - Valor diagnóstico de las proteínas uPAR en sangre para el cáncer gástrico en Guatemala

Irmgardt A. M. Wellmann<sup>1</sup>, Carmen I. Villagrán<sup>1</sup>, Rafael G. Fernández-Bostrán<sup>2</sup>, Elisa Hernández<sup>1</sup>, Ericka Mendez<sup>3</sup>, Une Clas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala; <sup>2</sup>University of Louisville, Kentucky, USA; <sup>3</sup>Universidad de Costa Ric

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

### Resumen

El cáncer gástrico es la neoplasia más frecuente del tubo digestivo, Guatemala posee tasas de incidencia y de mortalidad altas. La infección producida por *Helicobacter pylori* se ha establecido como una de las fuerzas impulsoras de la carcinogénesis gástrica y se ha determinado que la infección con cepas que expresen el factor de virulencia CagA está asociado con lesiones atróficas y precancerosas. El análisis por reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real de biopsias del cuerpo gástrico, ha mostrado un incremento significativo de la expresión del activador del plasminógeno de tipo uroquinasa (uPA), su receptor (uPAR) y su inhibidor (PAI-I) en pacientes positivos para *H. pylori*. En esta investigación se planteó determinar el valor diagnóstico de las variantes uPAR en sangre como marcador del riesgo de cáncer gástrico en Guatemala, así como su asociación con la infección de cepas de *H. pylori* virulentas dentro de la población. Para ello se realizaron pruebas serológicas de *H. pylori*, CagA y la cuantificación de las proteínas uPAR a los participantes (casos y controles), evidenciándose que la prevalencia de participantes con serología positiva para cepas de *H. pylori* virulentas asciende a 54.9% y el 18% corresponde a verdaderos negativos para *H. pylori* cagA negativos. Se demostró que existe diferencia significativa en las medias de las cuantificaciones de uPAR entre casos y controles. La curva ROC mostró que resulta razonable plantear que la cuantificación de uPAR es una prueba diagnóstica con capacidad aceptable de discriminar pacientes con y sin cáncer gástrico.

Palabras claves: Proteínas uPAR, CagA, *Helicobacter pylori*

### Abstract

Gastric cancer is the most common malignancy of the digestive tract. Guatemala has high incidence rates and mortality. Infection by *Helicobacter pylori* has been established as one of the driving forces for gastric carcinogenesis and determined that infection with strains expressing the virulence factor CagA are associated with atrophic and precancerous lesions. Analysis by polymerase chain reaction in real time biopsy of the gastric body, has shown a significant increase in the expression of plasminogen activator urokinase (uPA), its receptor (uPAR) and its inhibitor (PAI-I) in patients positive for *H. pylori*. This research was raised to determine the diagnostic value of uPAR variants in blood as a marker of gastric cancer risk in Guatemala, as well as its association with infection with virulent *H. pylori* strains within the population. Serological tests for *H. pylori*, CagA and quantification of proteins uPAR among participants (cases and controls) were done, showing that the prevalence of participants with positive serology for *H. pylori* virulent strains amounts to 54.9% and 18% are negative for *H. pylori* true negative cagA. Finally, it was shown that there is significant difference in mean quantifications uPAR between cases and controls. The ROC curve showed reasonable to propose that resulting quantifying uPAR is an acceptable diagnostic ability to discriminate patients with and without gastric cancer test.

Keywords: uPAR proteins, CagA, *Helicobacter pylori*



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S22** - Perfil de salud integral de estudiantes inmigrantes nicaragüenses en escuelas y colegios de Costa Rica

Natalia Campos-Saborío\*, Hilda P. Núñez-Rivas, Ileana Holst-Schumacher,

Flory V. Alfaro-Mora, Betty Chacón-Ruiz

Universidad Estatal a Distancia de Costa Rica (UNED)

\*Autor al que se dirige la correspondencia: nataliacampos07@yahoo.com

## Resumen

El estudio señala las condiciones sociales y culturales que determinan las conductas de riesgo biopsicosocial en los inmigrantes nicaragüenses de 6-22 años de edad que asisten a los centros educativos de Costa Rica. Un total de 202 estudiantes nicaragüenses fueron estudiados a partir de una muestra total de 2,667 niños y jóvenes de 64 centros educativos (40 escuelas y 24 colegios) en Costa Rica. La población nicaragüense tiene mayor riesgo de abandono de los estudios y la repetición y el rezago en sus estudios son significativamente más altos que en los estudiantes de Costa Rica. También tienen una mayor exposición a las drogas lícitas e ilícitas. La prevalencia del consumo de tabaco y marihuana en los nicaragüenses fue tres veces mayor que en los estudiantes de Costa Rica y la prevalencia del consumo de cualquier bebida alcohólica y la inhalación de pegamento duplica a la de los costarricenses. Los jóvenes nicaragüenses se sienten más rechazados en la comunidad en relación con los costarricenses y alrededor de una cuarta parte de la población de Nicaragua ha sentido deseos de morir y el 15,0% se han auto-lesionado intencionalmente. La edad media de inicio de las relaciones sexuales es de 13.8 años, sin diferencias significativas entre los jóvenes de los dos países. Los jóvenes de ambas poblaciones indicaron que utilizan más el preservativo masculino que la píldora o inyección como métodos anticonceptivos. Más esfuerzos deben hacerse para ofrecer mejores condiciones de vida a los inmigrantes.

**Palabras claves:** Drogas, violencia, relaciones sexuales, salud mental, alumnos

## Abstract

The emphasis of this study is to point out the social and cultural conditions that are determinants of bio-psyco-social risk behaviors in the Nicaraguan immigrants from 6-22 years of age who are attending Costa Rican educational centers. A total of 202 Nicaraguan students were studied from a total sample of 2,667 children and youngsters from 64 educational centers (40 schools and 24 high schools) all over Costa Rica. The Nicaraguan population has higher risk of abandoning their studies and the repetition and the lag behind years in their studies are significantly higher than in the Costa Rican students. They also have a higher exposure to licit and illicit drugs. The prevalence of smoking tobacco and marijuana in the Nicaraguans is three times higher than in the Costa Rican students and the prevalence of consumption of any alcoholic beverage and sniffing glue doubles that of the Costa Ricans. Nicaraguan youngsters feel more rejected in the community in relation to the Costa Ricans and around a fourth part of the Nicaraguan population has felt desires to die and 15.0% have done intentional self-injuries. The average age of onset of sexual intercourse is 13.8 years, with no significant differences between young people from both countries. Youngsters of both populations indicated that they used more the male condom than the pill or injection as contraceptive methods. More efforts have to be done to offer immigrants better living conditions.

**Keywords:** Drugs, violence, sexual relations, mental health, students



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S27** - Rasgos de personalidad y éxito académico en  
estudiantes de Medicina en Guatemala

Zinzi Ríos-García

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala

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

## Resumen

El rendimiento académico es explicado por la combinación de diversos factores: institucionales, personales y sociales. Indagando entre los factores personales, se realizó un estudio transversal buscando asociación entre los rasgos de personalidad, detectados mediante el Inventario Multifásico de la Personalidad de Minnesota (MMPI), con el éxito académico en estudiantes de primer ingreso de la Facultad de Ciencias Médicas de la USAC cohorte 2010 (n = 433). La muestra se dividió en dos grupos: de éxito (n = 188) y de no éxito (n = 245) y se relacionaron las 10 escalas clínicas o rasgos de personalidad con el éxito académico definido como la aprobación de las ocho unidades didácticas de primer año de la carrera. Los resultados demostraron que existe asociación entre el rasgo desviación psicopática y el éxito académico (OR 1.87 p = .040). La investigación evidenció además que solo el 29.8% de los estudiantes presentó un perfil de personalidad normal y el 36% de la muestra tenía elevados dos o más rasgos patológicos de personalidad. Se concluye que el rasgo de personalidad, desviación psicopática, es el único que se asoció a éxito académico en estudiantes de primer ingreso de Medicina.

Palabras claves: Rasgos de personalidad, MMPI, desviación psicopática

## Abstract

Academic performance is explained by the combination of several factors: institutional, social and personal. Inquiring between personal factors a transversal study was conducted to analyze the possibility of an existing correlation between a student's personality traits, found by the Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI), and his/her academic success. The study was carried out with a 433 freshmen-student sample from the Medicine School of the University of San Carlos of Guatemala, Class of 2010 (n = 433). The sample was divided into two groups: successful students (n = 188) and not successful students (n = 245). The ten clinical scales or personality traits were analyzed along with the students' academic success, which was defined as the approval of the eight didactic units that are part of the career's first-year curriculum. The results showed that there is a correlation between the Psychopathic Deviate (Pd) trait and the students' academic success (OR 1.87 p = .040). The research results also indicated that only 29.8% of the students presented a normal personality profile and 36% of the sample had two or more high pathological personality traits. It is been concluded that personality trait, psychopathic deviation, is the only one associated with academic success in freshmen-student of Medicine School.

Keywords: Academic performance, MMPI, psychopathic deviation, freshmen medicine student



III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S28** - Consecuencias del divorcio en niños y adolescentes en  
San Pedro Sula, Honduras

Pedronel González Rodríguez

Escuela de Ciencias Psicológicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

### Resumen

La presente investigación cuantitativa con enfoque descriptivo, detalla las consecuencias del divorcio en niños y adolescentes desde la perspectiva de los adultos, en la ciudad de San Pedro Sula, Cortes, Honduras. La investigación es parte de una encuesta respondida por 423 personas que residen en San Pedro Sula, quienes conocían el caso de un niño o joven cuyos padres se habían divorciado. Los encuestados refirieron que las consecuencias observadas en los niños o los adolescentes después del divorcio se manifestaron a nivel conductual, afectivo/sentimental, somático, interpersonal, cognitivo, nuevo estilo de vida, académico, económico, uso de servicios de salud mental y desarrollo de síndromes post divorcio.

Palabras claves: Conductual, afectivo, somático, interpersonal

### Abstract

This quantitative research with a descriptive approach, details the consequences of divorce on children and adolescents from an adult perspective, in the city of San Pedro Sula, Cortes, Honduras. The research is based on a survey answered by 423 people living in San Pedro Sula, who knew the case of a child or young person whose parents had divorced. Interviewed referred that the effects observed in children or adolescents after divorce were expressed at behavioral level, affective / emotional, somatic, interpersonal, cognitive, new lifestyle, academic, economic, use of mental health services and development syndromes post-divorce.

Keywords: Behavioral, emotional, somatic, interpersonal



III Encuentro Bial de Investigación y Postgrado 2016 / Salud  
III Research and Postgraduate Biennial Encounter 2016 / Health

**S30** - Lenguajes del sufrimiento, depresión y afronte de mujeres  
víctimas de violencia de pareja, estudio cualitativo realizado  
en la Fundación Sobrevivientes de Guatemala

Sonia M. Anckerman,

Escuela de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

## Resumen

La violencia de pareja se expresa en lenguajes concretos de sufrimiento físico y emocional, asociados a las vivencias de violencia de pareja. El objetivo del presente estudio fue caracterizar los lenguajes de sufrimiento, depresión y los afrontamientos de las mujeres sobrevivientes de la violencia de pareja, en una muestra de 16 mujeres que acudieron en búsqueda de apoyo a la Fundación Sobrevivientes de Guatemala. El estudio fue de tipo cualitativo, fenomenológico descriptivo. Se realizaron entrevistas semi estructuradas para estudiar los lenguajes de sufrimiento y mecanismos de afrontamiento y se utilizó la Escala de Calderón, para identificar la presencia de depresión. El estudio permitió identificar depresión en 14 de las 16 mujeres entrevistadas y los lenguajes de sufrimiento identificados, fueron el dolor físico y emocional derivado del maltrato físico y sexual, así como para expresar el maltrato psicológico y patrimonial. Los mecanismos de afrontamiento más utilizados fueron, el sometimiento a sus parejas expresado en comportamientos de docilidad, obediencia, ocultamientos de los hechos de violencia a sus familiares y amigos y disimulo de las lesiones recibidas. También se identificaron comportamientos de huida o de enfrentar violentamente al agresor, esto previamente a la búsqueda de ayuda en sus redes de apoyo o en la puesta de denuncias institucionales.

Palabras claves: Violencia de pareja, depresión, afronte

## Abstract

Partner violence is expressed in specific languages of physical and emotional suffering, associated with the experiences of partner violence. The aim of this study was to characterize the language of suffering, depression and confrontation of women survivors of intimate partner violence, in a sample of 16 women, who came in search for support at the Survivors Foundation of Guatemala. The study has a qualitative, descriptive, phenomenological approach. Semi-structured interviews to study languages of suffering and coping mechanisms using Calderon Scale was used to identify the presence of depression. The study identified depression in 14 of the 16 women interviewed and suffering languages identified, they were the physical and emotional pain resulting from physical and sexual abuse, as well as to express the psychological and financial abuse. The most common coping mechanisms were submission to their partner's behaviors expressed by docility, obedience, concealments of violence to family and friends and dissimulation of injuries received. Behaviors flight or violently confront the aggressor were also identified, this prior to seeking help in their support networks or the development of institutional complaints.

Keywords: Suffering, partner violence, depression, confront





## 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 ciegos y externos, lo que garantiza al lector y autores un alto nivel y rigor académico.

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

1. La Revista publica los siguientes tipos de manuscritos:
  - a. Artículos científicos
  - b. Artículos de revisión
  - c. Ensayos
  - d. Reseñas
  - e. Reporte de casos
  - f. Resúmenes de congresos
2. La Revista presta consideración editorial únicamente a artículos inéditos y originales en español o inglés, 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 siguiendo las instrucciones que los formatos le exigen. Para enviar un manuscrito usted debe registrarse como autor en la página (sección registrarse). Sólo se admiten documentos que cumplan con las instrucciones para autores, los artículos incompletos serán devueltos sin evaluación. Junto con el manuscrito debe adjuntarse una nota de presentación del manuscrito firmada por todos los autores (puede encontrar un machote en la página web, en la sección de instrucciones para autor).
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, sin justifi-

car, páginas numeradas y las citas y referencias de acuerdo al Manual de Publicaciones de la *American Psychological Association* (APA) 6a edición. El sistema de medidas utilizado debe ser el sistema métrico decimal y las palabras en otro idioma deben aparecer en cursiva, excepto las abreviaturas comunes en el idioma en que se escribe (et al., per se, a priori, etc.)

5. Todos los trabajos deben incluir una portadilla, donde se consigne el título corto (no mayor a 11 palabras), título en español e inglés, los nombres de los autores (nombre, apellido), su afiliación institucional (utilizar números arábigos en superíndice) y dirección electrónica para enviar correspondencia (se indicará al autor con un asterisco).
6. Los manuscritos que informen investigaciones con seres humanos o animales, deben incluir una sección de Aspectos Éticos del trabajo, incluyendo la aprobación por un Comité de Ética cuando corresponda, el consentimiento informado en caso de estudios con seres humanos y los procedimientos utilizados para el manejo ético de animales de laboratorio.
7. Las tablas, figuras e imágenes, deben ser enviadas en archivos separados (archivos complementarios OJS) y en el formato original utilizado (Ej. .doc, .docx, .xls, .xlsx, .png, .jpg, TIFF). Las imágenes deben tener un mínimo de 300 dpi de resolución. Para el caso de mapas, se debe colocar los créditos, sistema de coordenadas y escala.

### Instrucciones específicas:

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



## 1. Artículo científico

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

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

## 2. Artículos de revisión

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

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

## 3. Ensayos

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

- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir cinco palabras clave

- b. Abstract
- c. Introducción
- d. Contenido
- e. Conclusiones
- f. Referencias (Normas APA)

## 4. Reseñas

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

## 5. Reporte de casos

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

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

## Proceso de publicación

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

---

# Ciencia, Tecnología y Salud

---

ISSN: 2409-3459

Vol. 3 Num. 2 jul/dic 2016

---

## Revisores de este número

---

**José María Gutiérrez**

Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica,  
Costa Rica

**Patricia Saravia**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Usac, Guatemala

**Herman Kihn**

Independiente, Guatemala

**Anaite Herrera**

Universidad Francisco Marroquín, Guatemala

**Elfriede Pribik de Pöll,**

Herbario de la Universidad del Valle de Guatemala (Uval),  
Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

**Hernando Rodríguez-Correa**

Universidad Nacional Autónoma de México, México

**Rony Pérez**

Programa Moscamed en Guatemala, Ministerio de Agricultura,  
Ganadería y Alimentación de Guatemala, Guatemala

**Celia Cordón**

Centro de Estudios en Salud, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

**Pedro Saravia**

Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Usac, Guatemala

**Federico Richter**

Independiente, Guatemala

**Carlos del Aguila**

Independiente, Guatemala

**Cesar Barrientos**

Independiente, Guatemala

**Ana Bailey**

Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar, Guatemala



## Editorial

### Artículos Científicos

***Mercurio en tiburón Sphyrna lewini y Carcharhinus falciformis del pacífico guatemalteco***

Eduardo E. Chacón, Adrián M. Castro, Alva J. Montiel, Juan M. Tejeda, Gustavo A. Elías

***Contribución al conocimiento de los encinos (Quercus: Fagaceae) en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Petén, Guatemala***

Maura L. Quezada, Rosario Rodas-Duarte, Andrea A. Marroquín-Tintí

***Perfil epidemiológico del accidente ofídico en las tierras bajas de Guatemala***

Dennis Guerra-Centeno

***Entomología forense: el ciclo de vida de la mosca verde Phaenicia eximia (Wiedemann) (Diptera: Calliphoridae), como herramienta para estimar el intervalo post-mortem***

Enio B. Cano

***Controles alternativos para el gorgojo del frijol Acanthoscelides obtectus (Say) (Coleoptera: Bruchidae)***

Carlos E. López-Monzón, Willmar V. Tobar-Tomás, Alan G. Ventura-Gómez

***Exploratory serosurvey for antibodies to avian pathogens in backyard chickens from a satellite community of Jalapa City, Guatemala***

Edvin Aquino-Sagastume, Dennis Guerra-Centeno, Carlos Valdez-Sandoval, Federico Villatoro, Daniela Villatoro, Beatriz Santizo

### Ensayos Científicos

***¿Por qué continúa la contaminación de aguas en Guatemala?***

Norman L. Siguí

### Resúmenes de Congresos

***III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Ciencia y Tecnología***

***III Encuentro Bienal de Investigación y Postgrado 2016 / Salud***

Los artículos científicos son indexados en:

**latindex ROAD**

**DOAJ** DIRECTORY OF  
OPEN ACCESS  
JOURNALS

**LILACS** 

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