
Ciencia, Tecnología y Salud

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

ISSN: 2409-3459

Volumen 4 Número 2

julio / diciembre 2017

N

Artículos científicos

Artículos de revisión

Ensayos científicos

Reseñas

Reporte de casos

Resúmenes de congresos

BELIZE

HONDURAS



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala



Sistema de Estudios de Postgrado

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 arbitraje por revisores externos, 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. 4, no. 2. (jul./dic. 2017).
-- Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, DIGI, SEP, Unidad de Publicaciones y Divulgación, 2017.
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

Jorge Ruano Estrada
Coordinador General, SEP

La correspondencia debe ser dirigida a:

Armando Cáceres Estrada
Edificio S-11, 3^{er} Nivel, Ciudad Universitaria, Zona 12
Teléfono: 2418 7950
Correo: cts@digi.usac.edu.gt



Imagen de portada: Daunno Chew, Maura L. Quezada.

Descripción de la fotografía de portada: Mapa de distribución potencial de especies de encino en áreas con cobertura boscosa en Guatemala. Los colores cálidos cálidos (rojos) indican mayor número de especies posibles en una región, 2017.

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. 4 Num. 2 jul/dic 2017

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

Dario A. Navarrete Gutiérrez
Laboratorio de Análisis de Información Geográfica y Estadística, El Colegio de la Frontera Sur, México

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

Liuba María Cabrera Ovalle de Villagrán
Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Dennis Guerra-Centeno

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Usac, Guatemala

Hugo Roberto Muñoz Roldan

Facultad de Odontología, Usac, Guatemala

Oscar Federico Nave

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Hilda Elena Valencia Marroquín de Abril

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Patricia Velez-Möller

Facultad de Ciencias Médicas, Usac, Guatemala

Consejo Editorial

Mary Almanzar Santos

Universidad Autónoma de Santo Domingo,
República Dominicana

Carolina Arévalo Valdéz

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Guatemala

Byron Calgua

Naciones Unidas, Suiza

Silvia Duran

Universidad Autónoma de Nicaragua (Unan-Leon),
Nicaragua

Fenrando García-Santamaría

Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica

Cristian Kraker Castañeda

Colegio de la Frontera Sur, México

Eduardo López Bastida

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cuba

Carmen Elena Madriz

Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica

María Carlota Monroy

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Usac, Guatemala

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Directorio / Board-Staff

Leonardo Mendoza Blanco

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

Enrique Pazos

Escuela de Física y Matemáticas, Usac, Guatemala

José Leonel Plazao Prado

Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua

María Guadalupe Reyes

Universidad Marítima Internacional de Panamá, Panamá

Benjamin Antonio Rosales Rivera,

Universidad Nacional de Ingeniería (Uni), Nicaragua

Igor Iván Slowing Umaña

Iowa State University, United States of America

Janzel Villalaz

Universidad de Panamá, Panamá

Unidad de Publicaciones y Divulgación

Marlene Pawlova Pérez Muñoz

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Mynor Alexander Alegria Monterroso

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Asesores de edición

Dara Suel Higueros Pellecer

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

José David Marroquín

Dirección General de Investigación, Usac, Guatemala

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Contenido / Contents

Editorial / Editorial 139

Artículo Científico / Scientific Article

Riqueza, distribución y estado de conservación de las especies de encino en Guatemala

Richness, distribution, and conservation status of the species of oak in Guatemala

Maura L. Quezada, Rosario Rodas-Duarte, Valencia-A, Susana Daunno Chew, Andrea A. Marroquín-Tintí 141

Caracterización y modelado hidrometeorológico en la cuenca del río Atulapa, Guatemala

Characterization and hydrometeorological modeling in the Atulapa River basin, Guatemala

Guillermo Santos, Jorge Faustino, Ruperto Quezada 159

Evaluación de las vulnerabilidades y potencialidades del paisaje en el municipio de Sacapulas, Quiché, Guatemala

The assessment of vulnerabilities and landscape potentials in the municipality of Sacapulas, Quiche, Guatemala

David Barrios, Andy Rodríguez, Manolo García 176

Demencia en enfermos renales crónicos mayores de 55 años en Guatemala: prevalencia y factores asociados

Dementia in patients with chronic kidney disease older than 55 years in Guatemala: prevalence and associated factors

Amarily Alarcón-Calderón, Carmen de Tercero, Rodrigo Aguilar, Melany Tablas, Ismar López-Murales, Emma Montejó-Camposco 194

Inhibición de los efectos coagulante, fosfolipasa A₂ y proteolítico del veneno de *Bothrops asper* por plantas usadas tradicionalmente en Centroamérica

Inhibition of the coagulant, phospholipase A₂ and proteolytic effects of Bothrops asper venom by plants traditionally used in Central America

Patricia Saravia-Otten, Rosario Hernández, Nereida Marroquín, Gabriela García, Max Mérida, Sully Cruz, Nohemí Orozco, Armando Cáceres, José M. Gutiérrez 203

Prevalencia de la infección por *Helicobacter pylori* en la población que asistió a las clínicas de Aprofam durante 2006-2011

Prevalence of Helicobacter pylori infection among the population attending Aprofam clinics during 2006-2011

Yesenia A. Díaz, Jorge L. de León, Lesbia E. Rivera, Vivian L. Matta 217

Ensayo Científico / Scientific Essay

La gestión del conocimiento en el marco de la prestación de servicios de atención prenatal dirigida a adolescentes primigestas

The management of knowledge in the context of pre-natal care directed to primigest teens

Hilda E. Valencia-Marroquín 227

Resúmenes de Congresos / Congress Abstracts

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología

7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology 242

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud

7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences 266

Instrucciones para autores

Instructions for authors 287

Revisores de este volumen

Reviewers of this issue 289

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Editorial / Editorial

Estimados lectores, en esta nueva entrega de la revista Ciencia, Tecnología y Salud se publican tres contribuciones sobre análisis espacial utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG), tres artículos y un ensayo que contribuyen al conocimiento en salud pública y los servicios de atención prenatal; asimismo, se presentan los trabajos del 7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología. En este número de la revista tres artículos muestran el aporte significativo y actual de los SIG y la teledetección espacial a diferentes áreas del conocimiento.

A mediados del siglo pasado, la comprensión de los fenómenos naturales, los procesos sociales, económicos y ambientales desde un enfoque espacial, era una limitante. A principio de los años sesenta, la importancia de codificar, analizar y representar la información y entidades cartográficas, derivó en la integración de bases de datos con referencias geográficas en los sistemas de cómputo. Desde entonces, los SIG y la Teledetección espacial han evolucionado de forma vertiginosa y continua. En la actualidad somos testigos del impulso que el desarrollo científico y tecnológico ha tenido en la implementación de métodos, fuentes de información constituidas por plataformas en internet que aportan datos históricos y en tiempo real. Además, los procesadores son más potentes favoreciendo el análisis de la información para las disciplinas; generando con ello nuevas preguntas y análisis novedosos desde la perspectiva espacial a la ciencia.

Robert Haining en su libro *Spatial Data Analysis* menciona tres atributos principales del análisis espacial, dentro de ellos se incluye el modelado cartográfico es decir, la elaboración de cartografía generada a partir de álgebra de mapas; la modelación matemática donde sus resultados dependen de la interacción y las relaciones espaciales de los objetos y su referencia espacial y por último, el desarrollo y la aplicación de técnicas estadísticas

para el análisis de datos espaciales con respecto a su referencia geográfica. En este sentido, el artículo de Quezada y colaboradores sobre la riqueza y distribución de las especies de encinos para Guatemala, se utilizan registros conocidos en colecciones científicas, bases de datos, literatura especializada y variables ambientales que resultan en mapas de distribución potencial que muestran datos relevantes sobre la conservación actual de cada especie de encino en el país.

El trabajo de Santos y colaboradores muestra la aplicación del SIG en una escala espacio-temporal utilizando bases de datos hidrológicas y climáticas en una cuenca de Guatemala. Los autores generan modelos estadísticos que representan la variabilidad climática de la cuenca y esto permitirá en un futuro, el monitoreo del recurso hídrico y la dinámica de los caudales en la cuenca del Río Atulapa.

Desde un enfoque social y económico, el trabajo de Barrios y colaboradores realizado en el municipio de Sacapulas, Quiché, Guatemala muestra como se puede potenciar la valoración del patrimonio histórico y el desarrollo sostenible de un lugar con el uso del SIG y la percepción remota. Estas herramientas les permitieron analizar las unidades del paisaje, la presencia de hitos caracterizados en diversas clases del patrimonio histórico y la visibilidad asociada al relieve. Estos autores determinaron la vulnerabilidad visual del paisaje y propusieron las mejores condiciones de visibilidad a partir del SIG y de la percepción de los pobladores locales. Este trabajo establece un precedente del uso del análisis espacial para la toma de decisiones.

Por otra parte, se hacen tres importantes contribuciones a la salud pública. El artículo de Alarcón-Calderón y colaboradores nos presenta un análisis cuantitativo sobre uno de los factores asociados a la demencia: la deficiencia renal crónica. La demencia o desorden degenerativo en adultos, se caracteriza por el deterioro

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Editorial / Editorial

en la cognición e impide la función del individuo en una edad económicamente activa; ocasionando un problema de salud pública que afecta a la economía de un país. Los autores encontraron una relación positiva de la demencia con factores como la edad, la diabetes y los traumas craneoencefálicos y una relación negativa con el tabaquismo y la cantidad de hemoglobina.

El artículo de Saravia-Otten y colaboradores analiza uno de los problemas de salud pública con alta frecuencia en Centroamérica, como es el caso de la mordedura de la serpiente terciopelo o *Bothrops asper*. Los casos de mordedura de serpiente que se registran para las áreas rurales pueden ser sólo una pequeña fracción de los casos que ocurren. El uso de extractos o infusiones de plantas nativas es el tratamiento tradicional de los pobladores rurales. En la evaluación de la eficacia de nueve especies de plantas utilizadas de manera tradicional, los autores encontraron que los extractos de dos de plantas inhiben de manera efectiva el componente proteolítico del veneno.

La contribución de Díaz y colaboradores analiza la prevalencia de la bacteria *Helicabacter pilory* en la población que acudió a 10 centros departamentales de Aprofam en un lapso de cinco años en Guatemala. Los autores reportaron que la mayor prevalencia de la infección se presentó en mujeres, también en grupos de edad de los 20 a 39 años y principalmente en población ladina. Sin embargo, no encontraron una relación con el índice de desarrollo humano y tampoco con respecto al área geográfica. La prevalencia de la infección se atri-

buyó a otros factores como son los hábitos alimenticios, el tipo de dieta y la susceptibilidad del hospedero así como el tipo de cepa.

El ensayo de Valencia-Marroquín analizó los cambios de los métodos y técnicas para la gestión del conocimiento y la valoración de éste a partir de criterios que han funcionado con éxito a nivel de empresas transnacionales. Esta valoración considera tres elementos esenciales, el capital humano, la cultura organizacional y la tecnología de la información para una adecuada transmisión del conocimiento. En el campo de la salud pública y hacia los servicios de salud, la generación de conocimientos debe ser permanente, por tanto la gestión del conocimiento implica caracterizarlo de manera tácita o explícita que debe ser la base en el caso específico de la atención prenatal y de las adolescentes primegestas.

Finalmente, se presentan las memorias del 7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología que abarcan una serie de resúmenes de los trabajos presentados en este importante evento.

Esperamos que las contribuciones y resúmenes aquí presentados sean de utilidad para la comunidad académica, estudiantes y público en general interesados en los temas aquí tratados. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a las personas que hacen posible esta publicación en especial a los autores y a los árbitros que con sus aportaciones apoyaron en la mejora de los escritos finales.

Dario Alejandro Navarrete Gutiérrez

El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR)

Laboratorio de Analisis de Información Geográfica y Estadística
San Cristóbal de las Casas, Chiapas. México.

Riqueza, distribución y estado de conservación de las especies de encino en Guatemala

Richness, distribution, and conservation status of the species of oak in Guatemala

Maura Liseth Quezada^{1*}, Rosario Rodas-Duarte¹, Susana Valencia-A²,
Daunno Chew¹, Andrea A. Marroquín-Tinti¹

¹Centro de Estudios Conservacionistas (Cecon), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

²Departamento de Biología Comparada, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad
3000, Ciudad Universitaria, CP 04510, Circuito Exterior s/n, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, México

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

Recibido: 23 de febrero 2017 / Revisión: 09 de octubre 2017 / Aceptado: 23 de noviembre 2017

Resumen

Las especies del género *Quercus* son componentes estructurales de los bosques templados y semicálidos en Guatemala, así como la principal fuente energética en las zonas rurales del país. A pesar de su importancia aún se desconoce la riqueza, distribución y grado de vulnerabilidad de las especies. Por lo cual, se presenta una actualización del listado de especies para Guatemala, su distribución potencial y la evaluación del estado de conservación con base a los criterios utilizados para el listado nacional de especies amenazadas (LEA). Se registraron 29 especies de encinos, 12 corresponden a encinos blancos (Sect. *Quercus*) y 17 a encinos rojos (Sect. *Lobatae*), de los cuales *Q. cortesii*, *Q. gulielmi-treleasei*, *Q. vicentensis*, *Q. xalapensis* se citan por primera vez para Guatemala. Las especies con mayor número de registros son *Q. sapotifolia* (13%), *Q. peduncularis* (13%), *Q. crassifolia* (12%), *Q. skinneri* (7%) y *Q. acutifolia* (6.5%), correspondiendo a más del 50% de los registros. Los departamentos con mayor número de registros son Guatemala (177), Zacapa (155), Huehuetenango (134), Baja Verapaz (115) y Chiquimula (93); mientras que departamentos como Retalhuleu, Escuintla y Suchitepéquez presentan menos de 10 registros. En relación al estado de conservación, seis se ubicaron En Peligro Crítico, 22 en la categoría Amenazada y una en la categoría Vulnerable.

Palabras claves: *Quercus*, robles, sitios prioritarios, distribución, bosques energéticos.

Abstract

The species of the genus *Quercus*, commonly known as oaks, are important structural components of the forests in the region, as well as a primary source of energy in the rural areas of Guatemala. Despite their relevance, the richness, distribution and degree of vulnerability of the species, are still unknowing. Therefore, it presented an update of the list of species for Guatemala, its potential distribution and the assessment of the state of conservation based on the criteria used for the List of Threatened Species (LEA in Spanish). Twenty-nine species of oak were recorded, of which *Q. cortesii*, *Q. gulielmi-treleasei*, *Q. vicentensis* and *Q. xalapensis* are cited for the first time for Guatemala. The species with most number of records are *Q. sapotifolia* (13%), *Q. peduncularis* (13%), *Q. crassifolia* (12%), *Q. skinneri* (7%) and *Q. acutifolia* (6.5%), that represent more than 50% of the records. The departments with the highest number of records are Guatemala (183), Zacapa (155), Huehuetenango (134) and Baja Verapaz (115), while departments such as Retalhuleu, Escuintla and Suchitepéquez present less than 10 records. Regarding the state of conservation, the species were evaluated using the methodology of the List of Threats Species of Guatemala, six species were Critically Endangered, 22 in the Threatened category and one in the Vulnerable category.

Keywords: *Quercus* spp., oaks, research priorities, potential distribution, energy species.



Introducción

El género *Quercus* posee la mayor riqueza de especies y es el más ampliamente distribuido a nivel mundial dentro de la familia Fagaceae, encontrándose en casi todos los bosques templados del hemisferio norte, y en algunas regiones tropicales y subtropicales (Manos, Doyle y Nixon, 1999; Nixon, 2006; Valencia-A, 2004). Se estima que hay más de 500 especies en el mundo y para Centroamérica se reconocen alrededor de 40 especies (Manos et al., 1999; Muller, 1942; Nixon, 2006). Los encinos o robles (*Quercus* sp.) constituyen un componente importante de la estructura de los bosques neotropicales, están asociados a diferentes ecosistemas como bosques secos y deciduos, bosques montanos, selvas lluviosas, entre otros. Estas especies pueden encontrarse a nivel del mar hasta altitudes arriba de los 3,000 m (Kappelle, 2006; Nixon, 2006; Pérez-Ramos, Villar, & Marañón, 2014; Rzedowski, 1978; Valencia-A., 2004; Zavala-Chavez, 1998).

Muller (1942) cita para Guatemala 24 especies de encinos y dos subespecies; mientras que Standley y Steyermark (1952), citan 26 especies y dos subespecies para el país. Estas especies se clasifican en dos secciones propuestas por Nixon (2006): sección *Lobatae* (encinos rojos) y sección *Quercus* s.s (encinos blancos). Sin embargo, éstas especies son poco conocidas posiblemente por su taxonomía complicada, dado que la determinación se realiza utilizando caracteres foliares. Estas especies presentan una alta variación inter e intra específica, así como una alta hibridación, presentando características intermedias entre las formas parentales (Torres-Miranda, 2014), lo que dificulta su identificación, además que se conoce poco sobre aspectos particulares de su distribución como el tipo de hábitat, suelo, clima, entre otros (Zavala-Chavez, 1998).

En 2015 se inició la actualización sistemática de este grupo en el nororiente de país (Quezada, Rodas-Duarte, & Marroquín-Tintí, 2016; 2016b) considerando su importancia ecológica y socioeconómica. Ecológicamente, las especies de éste género son consideradas clave en la estructura de los bosques, dada la provisión de hábitat y alimento para otras especies. Asimismo, contribuyen en los procesos de regulación como la filtración de agua, secuestro de carbono, formación y protección del suelo, entre otros (Marañón, Padilla-Díaz, Pérez-Ramos, & Villar, 2014; Moreno, 2006). Socialmente, este género se registra como el más utilizado como fuente energética por el 70% de la población rural, la cual aún depende de la leña para

la cocción de alimentos y calefacción (Melgar, 2003). Del mismo modo, la mayoría de hongos comestibles están asociados a estos bosques (Flores, Comandini, & Rinaldi, 2012), además los bosques asociados a estas especies son utilizados para realizar actividades recreativas como caminatas, aviturismo, ciclismo de montaña, entre otras.

Dada la importancia económica de este grupo, el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (Conap) cita que más de 80% de las especies se encuentran dentro del Listado Nacional de Especies Amenazadas (LEA). La poca información en cuanto a su riqueza y distribución, así como la pérdida de hábitat, cambio de uso y la sobreutilización del recurso, hacen que sea un grupo muy vulnerable (Alianza para la Conservación de Bosques Pino-Encino, 2010; Conap, 2009). Por lo anterior, el objetivo de este estudio es aportar a la actualización de la riqueza y distribución de las especies de *Quercus*, el estado de conservación y los vacíos de colectas del género para el país. Se espera que esta información sirva como base para la priorización de especies y áreas geográficas, así como para elaborar estrategias de manejo, regulación y conservación del género que permitan la permanencia de las especies en el tiempo y con ello los bienes y servicios que proporcionan a la sociedad guatemalteca.

Materiales y métodos

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; Quezada et al., 2016, 2016b, Rodríguez-Correa, Oyama, MacGregor-Fors, & González-Rodríguez, 2015; Standley & Steyermark, 1952; Stevens, Ulloa, Pool, & Montiel, 2001; Torres-Miranda, 2014; Valencia-A, 2004; Valencia-A, Franco, & 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).

Revisión de bases de datos de herbarios extranjeros. Las bases de datos 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), Natural History Museum, Londres (BM), Smithsonian (US), University of Notre Dame (ND), Museo Nacional de Costa Rica (CR), University of Illinois (ILL), Universidad de California (UC). De las bases de datos consultadas se extrajeron los siguientes datos por registro: especie, localidad de la colecta, coordenadas, altitud, fecha de colecta y colectores.

Procesamiento de los datos.

Actualización de listado de encinos para Guatemala. Con los datos recabados en las colecciones de herbario nacionales y extranjeras de los registros de encinos para el país, se elaboró una base de datos en una hoja de cálculo. Esta base de datos incluye información de la especie, localidad de la colecta, coordenadas geográficas, altitud, fecha de colecta y colectores. Los registros que presentaban datos incompletos de localidad fueron georreferenciados, con base al Diccionario Geográfico Nacional (Gall, 1999). Cabe destacar que no se consideraron los registros a los que no fue posible confirmar su identidad taxonómica y aquellos cuya localidad registrada esta a nivel de municipio. La información obtenida fue revisada y depurada por medio de la verificación de sinonimias y nombres actuales utilizando el sitio web de The Plant List v. 1.1 (<http://www.theplantlist.org/>), así como publicaciones recientes (Balick et al., 2000; Rodríguez-Correa et al., 2015; Torres-Miranda, 2014; Valencia-A, 2004; Valencia-A, et al, 2015); obteniendo el listado actualizado de especies para el país.

Distribución potencial de las especies de encino. Los mapas de distribución por especie se genera-

ron a partir de la base de datos obtenida y modelos de temperatura, precipitación y altitud a nivel nacional, utilizando el programa ArcGIS (versión 10.3). El modelo de temperatura se obtuvo a partir de una regresión de los datos de temperatura y altitud de las estaciones meteorológicas del país de los años 1986-1996 proporcionados por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh). El modelo de precipitación se generó a través de una regresión lineal utilizando el mapa de isoyetas de 1996 (Ministerio de Agricultura y Alimentación [Maga] & Instituto Geográfico Nacional [IGN], 2003). Para generar los datos de altitud se utilizó el modelo de elevación nacional (Maga & IGN, 2006). Con base a estos tres modelos, cada registro de herbario de *Quercus* se correlacionó según sus coordenadas con los datos de temperatura, humedad y altitud. Para cada especie de encino se realizó una yuxtaposición de los tres modelos y se obtuvo el valor máximo y mínimo para cada una de estas variables. Con base a los valores máximos y mínimos por especie se generaron los mapas de distribución, donde los datos de cada pixel corresponde a los datos de temperatura, precipitación y altitud dentro del rango generado para cada especie. Posteriormente se realizó un mapa con la yuxtaposición de las capas de distribución potencial para cada una de las especies de encino, obteniéndose los sitios con mayor traslape de especies.

Para complementar el mapa de distribución potencial de las especies de encino, se contrastó con la capa de cobertura 2012 (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra; 2014). El mapa de cobertura 2012 se trabajó con base a un análisis booleano, donde se categorizó bosque = 1, y otros usos como no bosque = 0. A la capa resultante se le realizó una intersección con las capas de distribución potencial de las especies de encino y el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (Sigap) (Conap, 2016). Posteriormente se obtuvo los mapas de distribución potencial de encinos en remanentes boscosos de Guatemala, distribución potencial de encinos en remanentes boscosos fuera y dentro del Sigap. Con base a los registros de herbario, se establecieron las áreas con mayor densidad de colecta y posteriormente las áreas con vacíos de información utilizando una interpolación de Kernel de 10 km y luego reclasificando el resultado en imagen booleana.

Evaluación del estado de conservación. Tomando como base la información depurada para cada una de las especies, se realizó la evaluación del estado de conservación utilizando los criterios para la elabora-

ción del listado nacional de especies amenazadas (LEA) (Fonacon, s.s). Los criterios utilizados son: (1) Estado de la población; (2) Distribución y/o endemismo; (3) Estado de hábitat y (4) Impacto de la actividad humana y del comercio sobre las especies. Para cada especie se realizó el ejercicio de evaluar cada uno de los criterios y se propone su ubicación en cada una de las categorías propuestas para el listado de especies amenazadas. Asi-

mismo, se realizó una revisión de la categorización de las especies de encino según la Lista Roja de Especies Amenazadas propuesta por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en evaluaciones mundiales, regionales y nacionales (Jerome, 2017; Nixon, 1998; Vivero, Szejner, Gordon, & Magin, 2006; Wenzell & Kenny, 2015).

Tabla 1
Listado actualizado de especies del género *Quercus* para Guatemala

No.	Sección	Nombre Aceptado	Distribución Regional
1		<i>Quercus bumelioides</i> Liebm.	ME, GU, BE, ES, HO, NI, CR, PA
2		<i>Quercus corrugata</i> Hook.	ME, GU, BE, ES, CR
3		<i>Quercus insignis</i> M. Martens & Galeotti	ME, GU, BE, ES, HO, NI, CR, PA
4		<i>Quercus lancifolia</i> Schltldl. & Cham.	ME, GU, HO, CR
5		<i>Quercus oleoides</i> Schltldl. & Cham.	ME, GU, HO, NI, CR
6	<i>Quercus s.s., Subgenus Lepidobalanus</i> (Encinos blancos)	<i>Quercus pacayana</i> C.H. Mull.	GU, HO, CR, PA
7		<i>Quercus peduncularis</i> Née	ME, GU, BE, ES, HO, NI
8		<i>Quercus polymorpha</i> Schltldl. & Cham.	ME, GU
9		<i>Quercus purulhana</i> Trel.	ME, GU, BE, HO, NI
10		<i>Quercus rugosa</i> (Masam.) J.C.Liao	ME, GU
11		<i>Quercus segoviensis</i> Liebm.	ME, GU, HO, NI
12		<i>Quercus vicentensis</i> Trel.*	ME, GU, BE, ES, HO, NI, CR, PA
13		<i>Quercus acatenangensis</i> Trel.	ME, GU, ES, HO
14		<i>Quercus acutifolia</i> Née	ME, GU
15		<i>Quercus benthamii</i> A. DC.	ME, GU, ES, HO, NI, CR, PA
16		<i>Quercus borucasana</i> Trel.	ME, GU, BE, ES, HO, NI, CR, PA
17		<i>Quercus calophylla</i> Schltldl. & Cham.	ME, GU
18		<i>Quercus cortesii</i> Liebm.*	ME, GU, BE, HO, NI, CR, PA
19		<i>Quercus crassifolia</i> Bonpl.	ME, GU
20	<i>Lobatae, Subgenus Erythrobalanus</i> (Encinos negros o rojos)	<i>Quercus crispifolia</i> Trel.	ME, GU, BE, HO
21		<i>Quercus crispipilis</i> Trel.	ME, GU
22		<i>Quercus elliptica</i> Née	ME, GU, ES, HO
23		<i>Quercus flagellifera</i> Trel.	ME, GU
24		<i>Quercus gulielmi-treleasei</i> C.H. Mull.*	GU, HO, CR, PA
25		<i>Quercus salicifolia</i> Née	ME, GU, ES, HO, NI, CR, PA
26		<i>Quercus sapatifolia</i> Liebm.	ME, GU, BE, ES, HO, NI, CR, PA
27		<i>Quercus skinneri</i> Benth.	ME, GU, ES, HO
28		<i>Quercus tristis</i> Liebm.	ME, GU
29		<i>Quercus xalapensis</i> Bonpl.*	ME, GU

*= Especies que representan nuevos registros para el país.

Resultados

Actualización de listado de encinos para Guatemala

Se obtuvieron 1,315 registros de *Quercus*, los cuales corresponden a 29 especies, 12 de la sección *Quercus s.s.* (encinos blancos) y 17 a la sección *Lobatae* (encinos rojos) (Tabla 1) (Valencia-A, Coombes & Villaseñor, 2018). De las especies de encino citadas por Standley y Steyermark (1952) se citan cuatro especies más *Quercus cortesii* Liebm., *Quercus gulielmi-treleasei* C.H. Mull. *Quercus vicentensis* Trel., y *Quercus xalapensis* Bonpl. (Tabla 1). Alrededor del 50% de los registros corresponden solamente a cinco especies, siendo estas *Q. sapotifolia* Liebm (13 %), *Q. peduncularis* Née. (13 %), *Q. crassifolia* Bonpl. (12 %), *Q. skinneri* Benth. (7 %) y *Q. acutifolia* Née. (6 %). En contraste, cinco especies presentan menos de diez registros a nivel nacional, las cuales son *Q. pacayana* C.H. Mull., *Q. polymorpha* Schltld. & Cham., *Q. vicentensis* Trel., *Q. aff. salicifolia* Née y *Q. xalapensis* Bonpl. (Tabla 2). Los departamentos mejor representados en las colectas son: Guatemala (183), Zacapa (155), Huehuetenango (134) y Baja Verapaz (115), mientras que los departamentos con menos de diez registros son Suchitepéquez, Retalhuleu y Escuintla. El departamento con mayor riqueza de especies es Zacapa (21), seguido de Huehuetenango (20), Alta Verapaz, Baja Verapaz y Chiquimula (18), mientras los que presentan la menor riqueza son Petén (5), Izabal (3), Suchitepéquez y Escuintla (2) y Retalhuleu con una especie documentada (Tabla 2).

Distribución potencial de las especies de encino a nivel nacional

Las especies *Q. sapotifolia*, *Q. crassifolia*, *Q. lancifolia* Schltld. & Cham., *Q. elliptica* y *Q. bumeioides* Liebm. presentan una amplia distribución en el territorio nacional, dado que registran ejemplares en un amplio rango de altitud y localidades (Tabla 2 y 3). Las especies con una distribución más restringida son *Q. aff. salicifolia*, *Q. vicentensis*, *Q. xalapensis*, *Q. cortesii*, y *Q. polymorpha* las cuales su distribución se restringe a zonas más húmedas a lo largo de la cadena montañosa central del país. El resto de especies de encino (19) presentan una amplia distribución (Figura 1 y 2), a lo largo del sistema montañoso del país, principalmente en la cadena volcánica, y las serranías del norte del país.

La distribución potencial para el género *Quercus* en Guatemala es aproximadamente el 95% de territorio (10,663,930 ha), siendo el sistema montañoso central donde existe un mayor traslape de la distribución potencial de las especies, y según el modelo generado son hasta 26 especies las que puedan confluir en una misma zona (Figura 3a). Sin embargo, para el 2012 se estimaba que la cobertura forestal ocupaba apenas el 34% (3,711,366 ha) del territorio (Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra, 2014); del cual, el 91% corresponde a la distribución potencial de *Quercus* (3,382,827 ha), restringiendo la probabilidad de ocurrencia a los remanentes boscosos del país (Figura 3b). De esta distribución potencial, el Sigap alberga el 49% (1,657,585 ha) del área de distribución estimada (Figura 3c), mientras que el resto del área (1,725,241 ha) se encuentra fuera del mismo (Figura 3d). La densidad del área de colecta de encinos, según los registros de herbario, corresponde aproximadamente el 50% del área estimada para la distribución del género en Guatemala (Figura 4a). El mayor esfuerzo de colecta se registra en la región central, en la cadena volcánica y nororiente del país, principalmente en Sierra de la Minas. Por lo cual, aún existen localidades que no han sido exploradas aún, con alta probabilidad de ocurrencia de especies del género, tal es el caso de los departamentos de Quiché y San Marcos, así como los departamentos en la vertiente del Pacífico de Guatemala (Figura 4b).

Estado de conservación de las especies de encino

De las 29 especies registradas, según la propuesta para la categorización de LEA seis se ubicaron en la categoría En Peligro Crítico, 22 dentro de la categoría de Amenazada y una en la categoría de Vulnerable (Tabla 3). Por otro lado, 26 especies se encuentran en Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN, una se ubica en la categoría En Peligro, siete en la categoría Vulnerable, siete en la categoría Casi Amenazado, ocho se encuentran como Preocupación Menor y tres especies como Datos insuficientes (Tabla 4).

Discusión

Actualización del listado de encinos para Guatemala

El presente estudio cita cuatro nuevas especies de encinos para el país (Tabla 1), considerando que la última revisión de *Quercus* fue realizada por Standley y Steyermark (1952) para la Flora de Guatemala y

Tabla 2.
Frecuencia de registros de herbario por especie y departamento que se distribuyen en Guatemala

No.	Sección	Especie	Avz	Bvz	Chi	Chq	Pro	Esc	Gua	Hue	Izb	Jal	Jut	Pet	Qtz	Qui	Reu	Sac	Sam	Sro	Sol	Suc	Tot	Zac	Total	
1		<i>Q. bumelioides</i>	1	1	1	2		1	5	1	4													2	16	
2		<i>Q. corrugata</i>	1	1	1	3		2	2								1	2				3	2	5	24	
3		<i>Q. insignis</i>				6				1				3										1	11	
4		<i>Q. lancifolia</i>	9	6		1		1	2					1	2									14	37	
5	Encinos	<i>Q. oleoides</i>	6	1		1			5					21										3	37	
6	Blancos	<i>Q. pacayana</i>								2															3	5
7	(<i>Quercus</i> sect. <i>Quercus</i>)	<i>Q. peduncularis</i>	1	17	4	14	3		31	11		13	9		6	1			6	4	18	10		20	168	
8		<i>Q. polymorpha</i>	2			2			1																	5
9		<i>Q. purulhana</i>	1	5	2	6			1	1		5	3			1			3	1	1		2	6	37	
10		<i>Q. rugosa</i>	1	1		1			2	3					2								3	2	15	
11		<i>Q. segoviensis</i>	2	7	1	6			6	3		12	8		1			2					8		68	
12		<i>Q. vicentensis</i>							2																5	
13		<i>Q. acatenangensis</i>	1	1	3				5	9					12				16	5		14	4	2	72	
14		<i>Q. acutifolia</i>	4	14	2		4		7	8		8	3	1	3				3	16	4		1	8	86	
15		<i>Q. benthamii</i>	3	1	1				2	2		1			3			1					2	2	14	
16		<i>Q. borucasana</i>	1	6		3	3			3						1			2				8		27	
17		<i>Q. calophylla</i>	2	2					2	5		3			12	3									29	
18		<i>Q. cortesi</i>																						6	10	
19	Encinos	<i>Q. erassifolia</i>			18			32	29						7	16			23	4		20	2	7	158	
20	Rojos	<i>Q. crispifolia</i>	7	5		1									1								1	1	22	
21	(<i>Quercus</i> sect. <i>Lobatae</i>)	<i>Q. crispipilis</i>			5				1	2					2	4			1						15	
22		<i>Q. elliptica</i>							3	2															30	
23		<i>Q. flagellifera</i>			1	6																			9	
24		<i>Q. guillemi-treleasei</i>	7	5		6	2			22		4	1		1	1								16	67	
25		<i>Q. salicifolia</i>	3										2												5	
26		<i>Q. sapotifolia</i>	18	31		23	2		33	12		11	5			1			4	1	4	6	5	26	171	
27		<i>Q. skinneri</i>	10	9	1	1	1		40					1	3	2			5	2	3	6	5	3	93	
28		<i>Q. tristis</i>			3	1			16	10		4	3		2	1			19	4	2	9			74	
29		<i>Q. xalapensis</i>	2	2					1																5	
Total			80	115	42	93	17	2	183	134	7	71	36	27	58	31	1	87	40	52	64	7	13	155	1315	

Tabla 3
Rangos climáticos de distribución por especie según registros de herbario y área de distribución potencial en remanentes boscosos en Guatemala

Sección	Especie	Alt min	Alt max	Prep min	Prep max	Temp min	Temp max	ADPRB (Ha)
	<i>Q. bumelioides</i>	5	3221	1027.06	3495.78	9.59	27.39	2757371
	<i>Q. corrugata</i>	606	2076	492.2	5234.23	15.93	24.06	839111
	<i>Q. insignis</i>	648	1710	496.27	1911.03	17.95	23.83	284166
	<i>Q. lancifolia</i>	149	2906	782.88	4982.23	11.33	29.59	2779221
Encinos	<i>Q. oleoides</i>	23	1610	1241.44	3368.91	18.51	27.29	1726042
Blancos	<i>Q. pacayana</i>	184	2680	851.54	1719.12	12.58	26.4	972960
(<i>Quercus</i> sect.	<i>Q. peduncularis</i>	231	3296	450.53	2995.01	9.18	16.14	1788846
<i>Quercus</i>)	<i>Q. polymorpha</i>	278	1451	1132.98	2626.48	19.39	25.88	633488
	<i>Q. purulhana</i>	184	3098	515.69	1992.36	10.27	26.4	1418568
	<i>Q. rugosa</i>	352	3141	692.92	1966.67	10.03	25.47	884728
	<i>Q. segoviensis</i>	429	3030	515.69	2965.32	10.65	15.04	1101155
	<i>Q. vicentensis</i>	1709	1815	1054.1	1271.34	17.37	17.96	11294
	<i>Q. acatanangensis</i>	854	3300	702.31	4262.59	9.15	22.69	958405
	<i>Q. acutifolia</i>	237	3144	744.4	3171.55	10.02	26.11	1768168
	<i>Q. benthamii</i>	403	2447	1116.7	4067.92	13.87	25.19	1093629
	<i>Q. borucasana</i>	205	2622	497.18	5517.79	13.91	26.28	1992639
	<i>Q. calophylla</i>	1057	2865	945.47	5760.37	11.56	21.57	874850
	<i>Q. cortesii</i>	1450	1630	1045.43	1653.45	18.4	19.39	25458
	<i>Q. crassifolia</i>	16	3145	705.41	3294.77	10.01	27.33	3008992
Encinos	<i>Q. crispifolia</i>	212	2813	577.05	3008.05	11.85	26.24	1717525
Rojos	<i>Q. crispipilis</i>	1505	2749	714.55	4382.26	12.2	19.09	638662
(<i>Quercus</i> , sect.	<i>Q. elliptica</i>	172	2404	450.53	5757.75	14.11	26.47	1917472
<i>Lobatae</i>)	<i>Q. flagellifera</i>	205	2138	496.27	1646.27	15.58	26.28	829999
	<i>Q. guttiformi-treleasei</i>	212	3130	593.27	5321.46	10.09	26.24	1791594
	<i>Q. salicifolia</i>	1407	1470	1559.93	2799.94	19.28	19.63	28910
	<i>Q. sapotifolia</i>	16	3132	419.26	5772.02	10.08	27.33	3369692
	<i>Q. skinneri</i>	400	3721	500	4797.14	6.82	25.2	1376411
	<i>Q. tristis</i>	1057	2855	492.2	2995.01	11.62	21.57	782193
	<i>Q. xalapensis</i>	1439	1513	1006.69	2013.58	19.04	19.45	46649

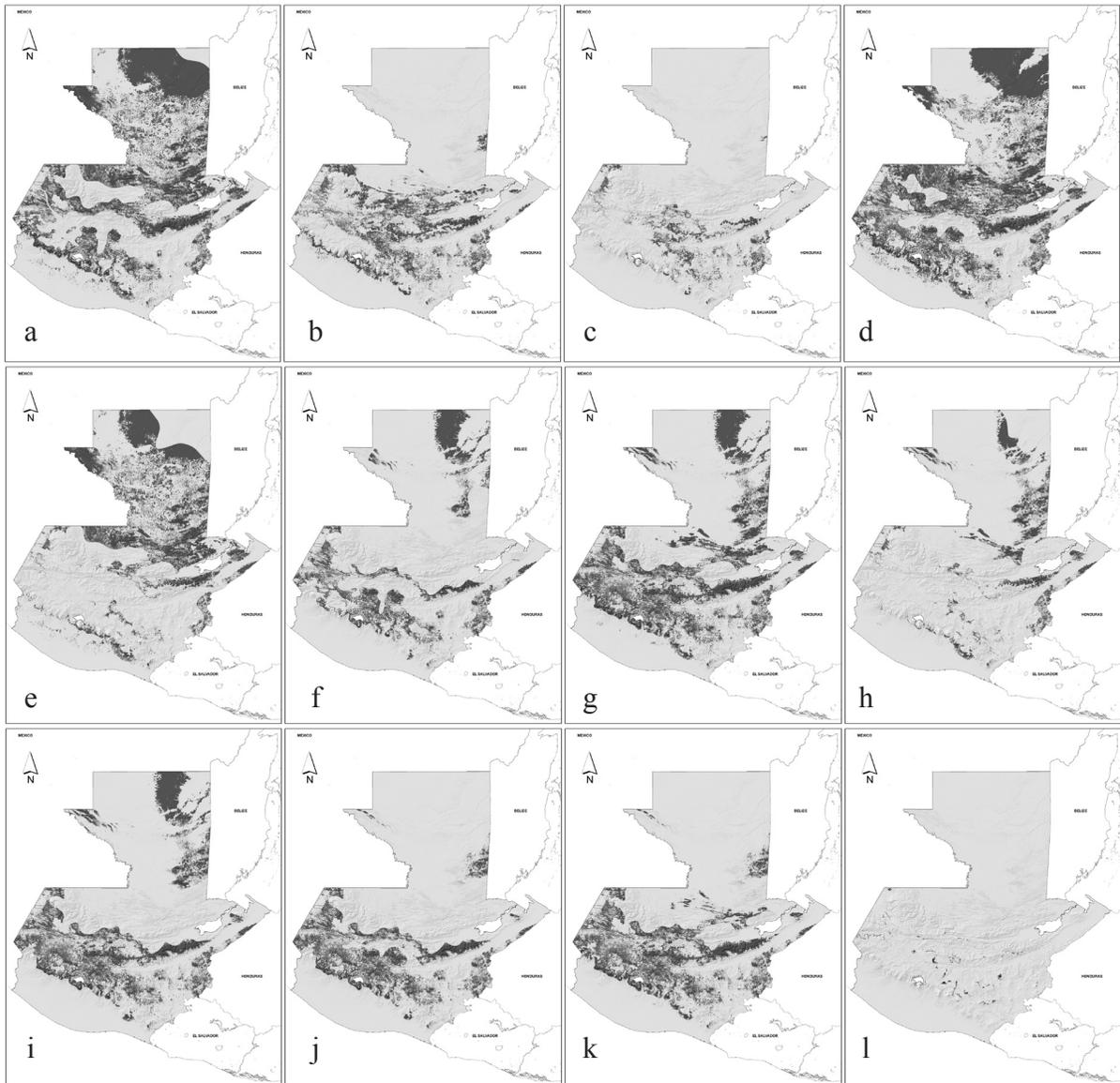


Figura 1. Distribución potencial de las especies de encino blanco (sección *Quercus*) a. *Q. bumelioides*, b. *Q. corrugata*, c. *Q. insignis*, d. *Q. lancifolia*, e. *Q. oleoides*, f. *Q. pacayana*, g. *Q. peduncularis*, h. *Q. polymorpha*, i. *Q. purulhana* j. *Q. rugosa*, k. *Q. segoviensis*, l. *Q. vicentensis*.

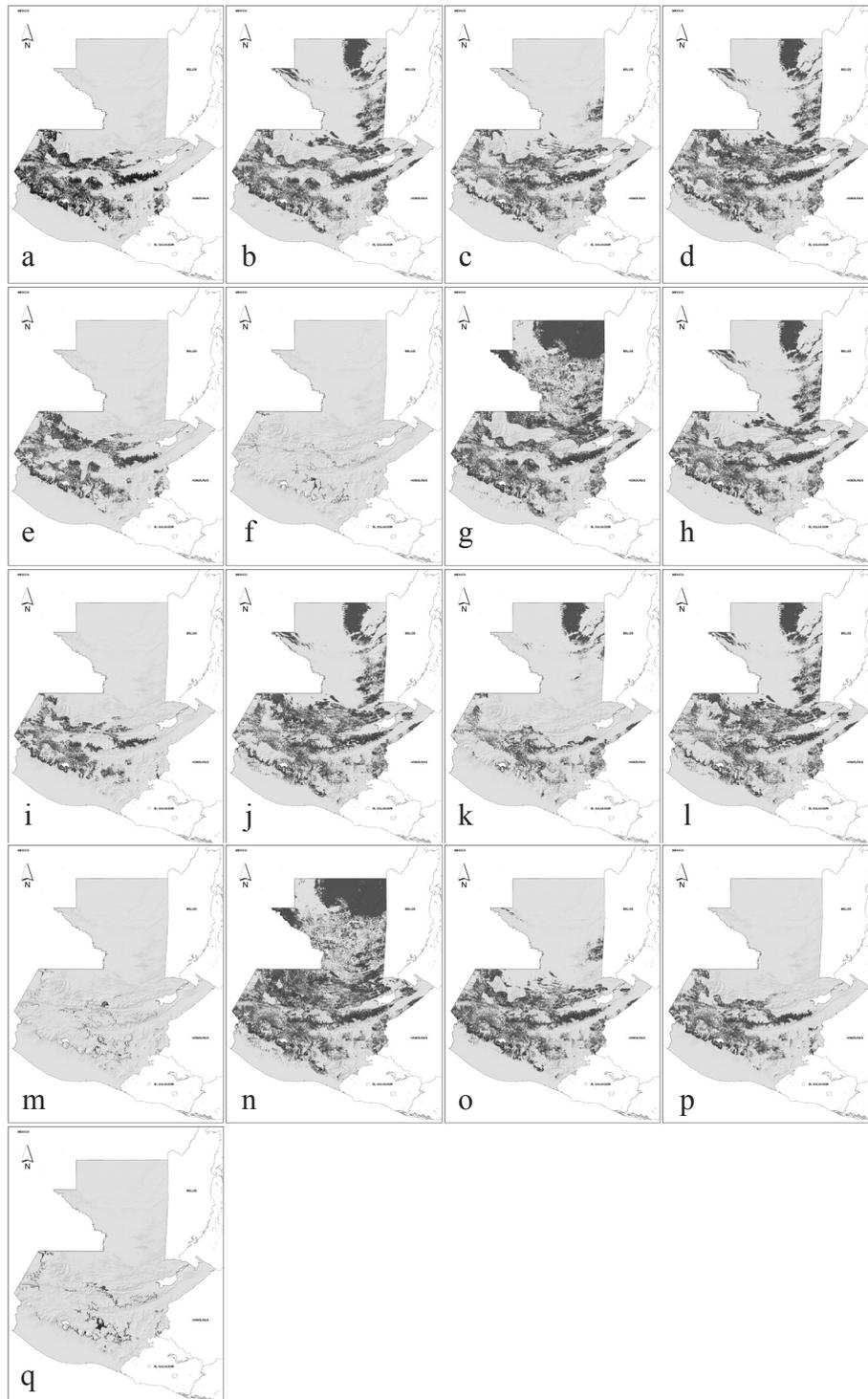


Figura 2. Distribución potencial de las especies de encino rojo (sección *Lobatae*): a. *Q. acatenangensis* b. *Q. acutifolia*, c. *Q. benthamii*, d. *Q. borucasana*, e. *Q. candicans*, f. *Q. cortesii*, g. *Q. crassifolia*, h. *Q. crispifolia*, i. *Q. crispipilis*, j. *Q. elliptica*, k. *Q. flagellifera*, l. *Q. guillemi-treleasei*, m. *Q. salicifolia*, n. *Q. sapotifolia*, o. *Q. skinneri*, p. *Q. tristis*, q. *Q. xalapensis*.

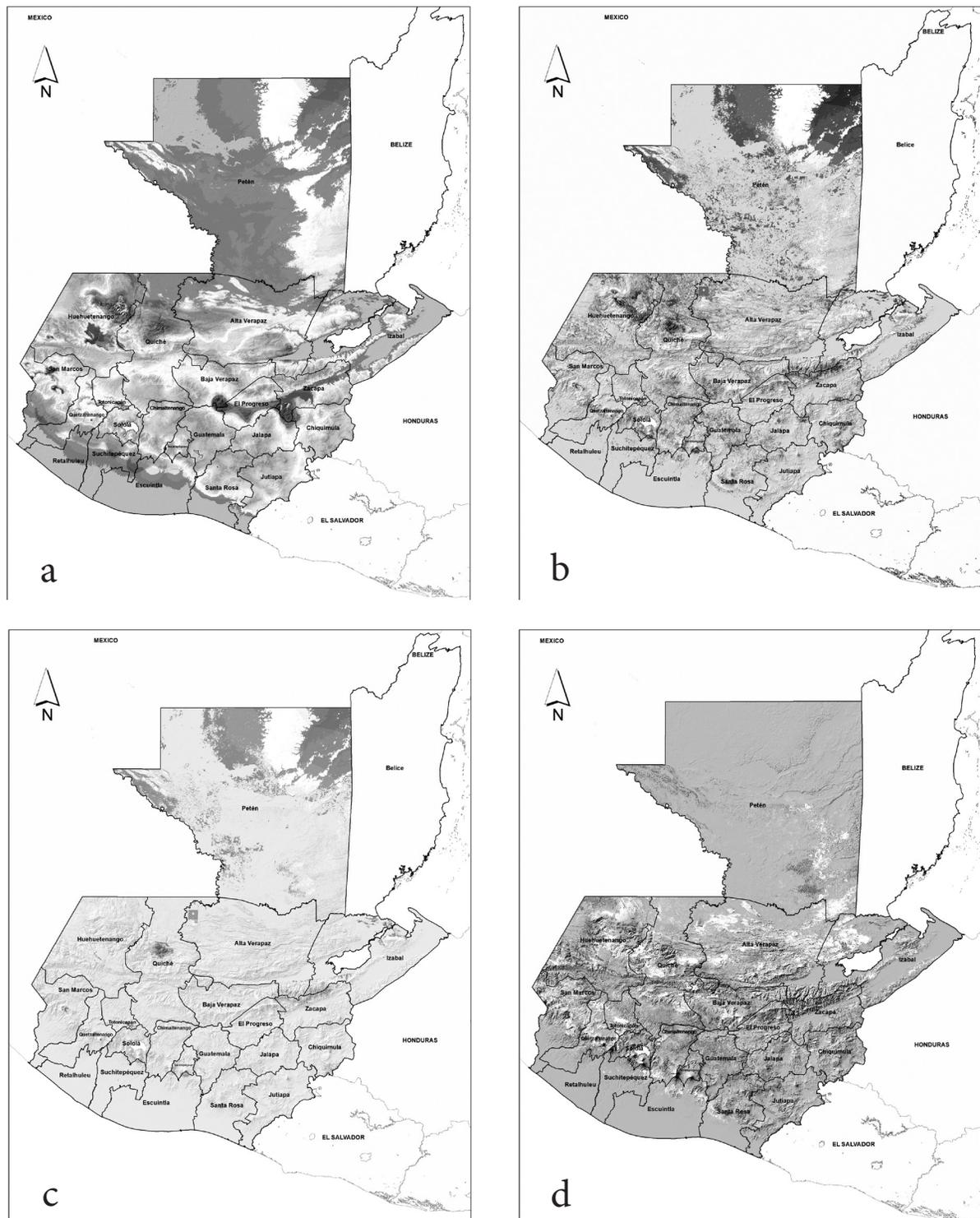


Figura 3. Distribución potencial de las especies de encino: a. Distribución potencial en territorio nacional b. Distribución potencial en áreas con cobertura boscosa (2012). c. Distribución potencial dentro del Sistema Nacional de Áreas Protegidas d. Distribución potencial. en áreas boscosas fuera de área protegidas.

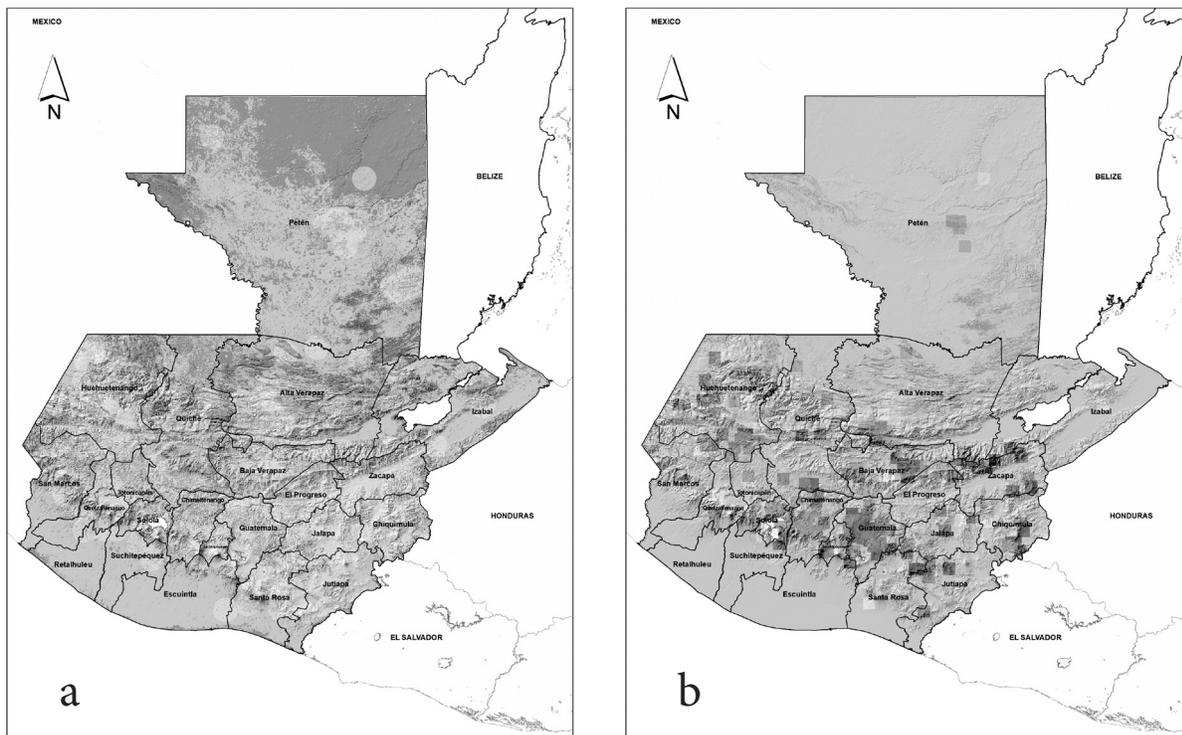


Figura 4. Análisis de vacíos de muestreo: a. Densidad de puntos de colecta en base a la distribución potencial de encinos. b. Distribución de puntos de colecta y coloreados según la probabilidad de ocurrencia de otras especies.

algunas especies son ahora sinonimias de otras; se resalta la importancia del esfuerzo para comprender este grupo de especies clave en los bosques guatemaltecos. De los nuevos registros, *Q. xalapensis* no había sido citado en la Flora de Guatemala, aunque sí es mencionado por Stevens, y colaboradores. (2001) en la Flora de Nicaragua, mientras que *Q. cortesii* está citado para México, por lo que su distribución más al norte estaba documentada pero no está registrado en Guatemala y *Q. guillemi-treleasei* amplían su distribución al norte, esté último se registraba para Costa Rica y Panamá (Jerome, 2017; Nixon, 1998; Vivero, et al, 2006; Wenzell & Kenny, 2015). Por otro lado, *Q. vicentensis* se registraba para el sur de México y El Salvador, pero no existían colectas en Guatemala. Asimismo, se evidencia la alta riqueza de encinos rojos (sección *Lobatae*)

con 17 especies, cinco más que los encinos blancos (sección *Quercus*). Cabe resaltar, que los encinos rojos se encuentran asociados principalmente a bosques con mayor humedad como los bosques de niebla y selvas lluviosas. Asimismo, Torres-Miranda y colaboradores (2014) y Rodríguez-Correa (2015) resaltan la importancia de Mesoamérica como un punto importante de endemismo de encinos rojos. Por otro lado, los encinos blancos se asocian a ecosistemas más secos y donde tienden ser las especies dominantes (González-Rivera, 1993; Nixon, 1993; Torres-Miranda, 2014; Torres-Miranda, Luna-Vega y Oyama, 2011; Valencia-A., 2004). Por tanto, se hace notorio la importancia del género en el desarrollo de los diferentes bosques que conforman los diferentes ecosistemas del país.

Tabla 4
 Categorías de Amenaza de las especies de encino para Guatemala según UICN y la propuesta según los criterios de LEA (2017) para la nueva re-categorización de la flora nacional

Sección	Nombre Aceptado	Evaluación UICN	Categoría según propuesta 2017
<i>Quercus s.s., Subgenus Lepidobalanus (Encinos blancos)</i>	<i>Bumelioides</i>	NT	Amenazada
	<i>Corrugata</i>	No evaluado	Amenazada
	<i>Insignis</i>	NT	En Peligro Crítico
	<i>Lancifolia</i>	NT	Amenazada
	<i>Oleoides</i>	VU	Amenazada
	<i>Pacayana</i>	NT	Amenazada
	<i>Peduncularis</i>	LC	Amenazada
	<i>Polymorpha</i>	VU	En Peligro Crítico
	<i>Purulhana</i>	VU	Amenazada
	<i>Rugosa</i>	LC	Amenazada
<i>Lobatae, Subgenus Erythro- balanus (En- cinos negros o rojos)</i>	<i>Segoviensis</i>	DD	Amenazada
	<i>Vicentensis</i>	VU	En Peligro Crítico
	<i>Acatenangensis</i>	LC	Amenazada
	<i>Acutifolia</i>	LC	Amenazada
	<i>Benthamii</i>	VU	Amenazada
	<i>Borucasana</i>	No evaluado	Amenazada
	<i>Calophylla</i>	LC	Amenazada
	<i>Cortesii</i>	DD	En Peligro Crítico
	<i>Crassifolia</i>	LC	Amenazada
	<i>Crispifolia</i>	NT	Amenazada
	<i>Crispifolia</i>	NT	Amenazada
	<i>Elliptica</i>	EN	Amenazada
	<i>Flagellifera</i>	VU	Amenazada
	<i>Gulielmi-treleasei</i>	DD	Amenazada
	<i>Salicifolia</i>	No evaluado	En Peligro Crítico
	<i>Sapotifolia</i>	LC	Vulnerable
	<i>Skinneri</i>	NT	Amenazada
	<i>Tristis</i>	LC	Amenazada
	<i>Xalapensis</i>	VU	En Peligro Crítico

EN= En Peligro; VU= Vulnerable; NT= Casi Amenazado; LC= Preocupación Menor; DD= Datos insuficientes.

Distribución potencial de las especies de encino a nivel nacional

Los modelos de distribución de especies han sido utilizados para comprender procesos ecológicos, biogeográficos, y para generar estrategias de conservación de la diversidad biológica; éstos pueden basarse en información de parámetros climáticos, requerimientos de hábitat, estructura del paisaje, entre otros factores (Elith et al., 2006). Los mapas generados para las especies de *Quercus* representan la probabilidad de ocurrencia según los rangos en los valores de precipitación, temperatura y altitud por especie (Tabla 3), siendo una primera aproximación para comprender la distribución de éstas especies en el territorio guatemalteco (Figuras 1-3). Es importante mencionar que existen otros modelos y algoritmos que pueden ser utilizados para generar dichos modelos (Elith et al., 2006), pero a la fecha aún no se cuenta con un consenso sobre cuál de las herramientas propuesta es la más efectiva para predecir la distribución de las especies (Naoki, Gómez, López, Meneses, & Vargas, 2006). Como todos los modelos, el que se presenta en este estudio tiene sus limitantes (Mateo, Felicísimo, & Muñoz, 2011), como el no considerar interacciones biológicas y edáficas, así como la historia evolutiva de cada una de las especies. A pesar de ello, este primer esfuerzo nos aproxima a comprender la distribución potencial así como los vacíos de información de este grupo.

El mapa de distribución acumulado de las especies de encino (Figura 4a) identifica las áreas con mayor ocurrencia de las especies, la cual se ubica en la cadena volcánica y las regiones montañosas del país, en donde la probabilidad de una co-ocurrencia de especies es alta (26 especies). Esto se evidencia en sitios de colecta realizados durante el 2015 a 2017, donde se reporta co-ocurrencias entre cinco a siete especies en un área de 0.1 ha (Quezada et al., 2016). Patrones similares, donde los bosques dominados por encino, tienden a presentar una alta riqueza de especies, pueden observarse en México (Encina-Dominguez & Villareal-Quintanilla, 2002; Luna-Vega, Alcántara-Ayala, Ruíz-Jiménez, & Contrera Medina, 2006; Zavala-Chavez, 1998), siendo el país de América con el mayor número de especies (161) (Valencia-A, 2004). Es importante destacar que la mayoría de encinos presentan distribuciones restringidas a nivel biogeográfico (Torres-Miranda, 2014) y un alto recambio de especies a nivel latitudinal y altitudinal (Rodríguez-Correa et al., 2017) explicando la probabilidad de co-ocurrencia de estas especies en los

modelos de distribución generados. Sin embargo, hay que considerar que la mayoría de especies presentan menos de 50 registros, evidenciando los vacíos de información para el grupo (Tabla 2, Figura 5b), por lo cual, es importante reforzar los esfuerzos de colecta sistemática de este grupo para comprender los requerimientos ecosistémicos que determinan la riqueza y distribución de este género.

La escasa información a nivel nacional de este grupo de especies (Tabla 2, Figura 4b), estima que al menos el 50% del área de distribución no cuenta con colectas del género (Figura 4a), aunado a que alrededor de la mitad de los registros corresponden solamente a cinco especies, cuyos registros están en la región central y nororiente del país (Tabla 2, Figura 4b). Los principales vacíos se hacen evidentes en la región norte y occidente del país en los departamentos de Petén, Izabal, Alta Verapaz, Quiché y Huehuetenango, así como los departamentos que se encuentran en la vertiente del pacífico, San Marcos, Retalhuleu, Suchitupéquez y Escuintla. La escasa documentación de la diversidad biológica, así como los vacíos de información que se presentan en este grupo coinciden con otros autores (Bermúdez & Sánchez, 2000; Estrada, Garcia, & Machuca, 2015; Islebe, Cleef, & Velázquez, 1994; Morales et al., 2009; Pérez, 2009; Quezada et al. 2016; Sánchez, 2010) donde destacan la importancia de incrementar los esfuerzos para recabar la información biológica sobre este grupo, principalmente en el sistema montañoso del país.

Estado de conservación

De las especies registradas para el país, 11 presentan distribución en todo el istmo centroamericano, 18 en el bloque de Mesoamérica nuclear y de estos 8 son endémicos de la región que conforma el sur de México y Guatemala (Tabla 1). Es importante resaltar que todas las especies a excepción de *Q. rugosa* presentan distribución restringida del sur de México a Centroamérica. Por lo cual, pueden considerarse endémicas regionales, resaltando la importancia de este grupo en la historia natural del país. Sin embargo, la mayoría de estas especies presentan un grado de amenaza ya que se ubican en la categoría de Vulnerable según la Lista Roja de Especies Amenazadas de UICN, siendo estas *Q. oleoides*, *Q. polymorpha*, *Q. purulhana*, *Q. vicentensis*, *Q. benthamii*, *Q. flagellifera* y *Q. xalapensis*. Un taxón es Vulnerable cuando la evidencia disponible indica que se está enfrentando a un riesgo alto de extinción

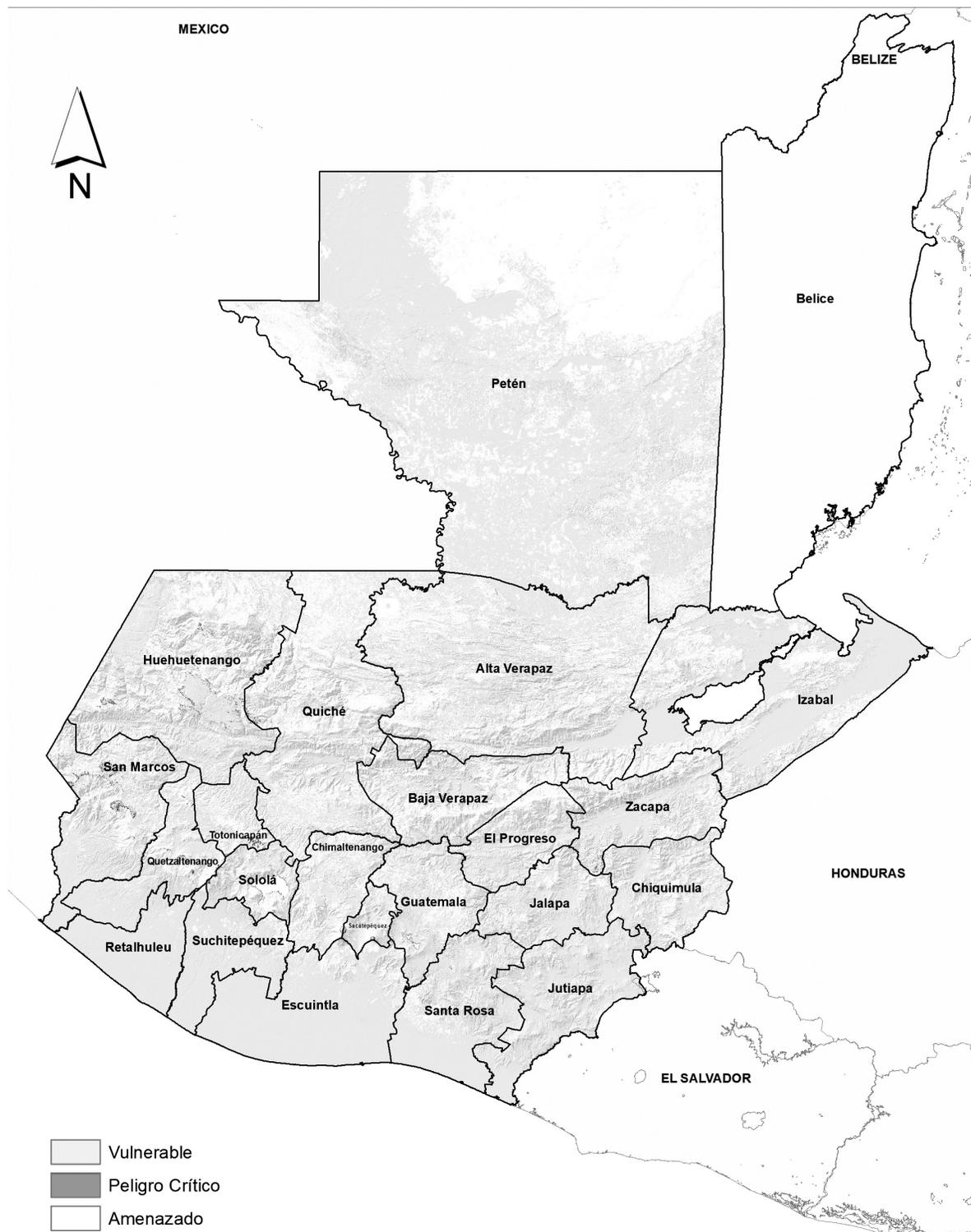


Figura 5. Distribución potencial de las especies de encino según su estado de conservación.

en estado silvestre (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, 2001). La especie *Quercus elliptica* Née se ubica en la categoría En Peligro, ya que la evidencia disponible indica que se está enfrentando a un riesgo muy alto de extinción en estado silvestre (UICN, 2001). Las especies *Q. insignis*, *Q. polymorpha*, *Q. vicentensis*, *Q. cortesii*, *Q. aff. salicifolia* y *Q. xalapensis*, las cuales presentaron un mayor grado de amenaza (Tabla 4), son a su vez las que presentan menos registros en las colecciones de herbario. Esta situación se debe probablemente a que no son las especies más abundantes y por las similitudes con otras especies, se hace difícil diferenciarlas en campo, por lo que pudieron haber pasado desapercibidas por los colectores. Asimismo, se debe resaltar que la mayoría de especies (28) está dentro de alguna categorización (Tabla 4), las cuales cuentan con poca información acerca de los requerimientos de hábitat (Rodríguez-Correa et al., 2015, 2017; Torres-Miranda, 2014). Esto debe conducir a la generación de una alerta para incrementar los esfuerzos para su estudio y con ello establecer estrategias de manejo y conservación efectivas para asegurar su permanencia, más aún si se considera que su distribución está restringida al istmo centroamericano (Muller, 1942; Standley & Steyermark, 1942; Torres-Miranda, 2014), donde la deforestación y cambio de uso de suelo son las principales amenazas de la diversidad biológica (Aide et al., 2012; Quezada et al., 2014). Sin embargo, se debe resaltar que el sistema guatemalteco de áreas protegidas juega un papel crucial para la conservación de las especies de encino, así como los remanentes boscosos fuera del sistema. Por lo cual, la conectividad de estos remanentes es fundamental para el mantenimiento de los flujos y procesos ecológicos que permiten los bienes y servicios que brindan esta especie a la población guatemalteca.

Agradecimientos

La realización de este trabajo, ha sido posible gracias al cofinanciamiento de Digi-Usac-2015-2017 a los Proyectos (4.8.63.7.40-2015; 4.8.63.4.05-2016; 4.8.63.4.01-2017). Asimismo, agradecemos al personal de los Herbarios Agua 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. A los revisores de este trabajo por los aportes y recomendaciones al mismo.

Referencias

- ArcGis (versión 10.3) [Software de computación]. California: Esri.
- Aide, T. M., Clark, M. L., Grau, H. R., López-Carr, D., Levy, M. A., Redo, D., ... Muñiz, M. (2012). Deforestation and reforestation of Latin America and the Caribbean (2001-2010). *Biotropica*, 45, 262-271. doi: 10.1111/j.1744-7429.2012.00908.x
- 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.pronatura-sur.org/web/docs/PLAN_CONSERVACION_bosques_pino-encino.pdf
- 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.
- Bermúdez, M., & Sánchez, G. J. (2000). *Identificación de vacíos de información botánica en Centroamérica*. San José, Costa Rica: WWF Centroamérica, Museo Nacional de Costa Rica y Red de Herbarios de Mesoamérica y el Caribe.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas. (2009). *Lista de especies amenazadas de Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Convention on Biological Diversity. (2010). Report of the tenth meeting of the conference of the parties to the convention on biological diversity. In tenth meeting of the Conference of the Parties to the *Convention on Biological Diversity*, Nagoya, Japan.
- Elith, J., Graham, C. H., Anderson, R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29, 129-151.
- Encina Domínguez, J. A., & Villarreal Quintanilla, J. A. (2002). Distribución y aspectos ecológicos del género *Quercus* (Fagaceae), en el estado de Coahuila, México. *Polibotánica*, (13), 1-23.

- Estrada, C., García, M., & Machuca, O. (2015) Análisis de la efectividad ecológica de los espacios terrestres incluidos en el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP). *Ciencia y Conservación*, 6, 13-13.
- Flores Arzú, R., Comandini, O., & Rinaldi, A. C. (2012). A preliminary checklist of macrofungi of Guatemala, with notes on edibility and traditional knowledge. *Mycosphere*, 3, 1-21. doi: 10.5943/mycosphere/3/1/1
- Fondo Nacional para la Conservación/Consejo Nacional de Áreas Protegidas (en prensa) Informe Final Proyecto F14/2016/FONACON: Actualización de la Lista de Especies Amenazadas (LEA) de Guatemala.
- Gall, F. (1976). *Diccionario Geográfico de Guatemala*. Instituto Geográfico Nacional "Ingeniero Alfredo Obiols Gómez". Guatemala: Instituto Geográfico Nacional.
- 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, 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.
- Grupo Interinstitucional de Monitoreo de Bosques y Uso de la Tierra. (2014). Mapa de bosques y uso de la tierra 2012 y Mapa de cambios en uso de la tierra 2001- 2010 para estimación de emisiones de gases de efecto invernadero. Documento Informativo. Guatemala: Autor.
- Islebe, G. A., Cleef, A. M., & Velázquez, A. (1994). Especies leñosas de la sierra de los Cuchumatanes y de la cadena volcánica, Guatemala. *Acta Botánica Mexicana*, (29), 83-92.
- Jerome, D. (2017). *Quercus polymorpha*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e. T194221A2304665.
- Kappelle, M. (2006). Structure and composition of Costa Rican montane oak forests. En M. Kappelle (Ed.), *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 127-139). Berlin: Springer.
- Luna-Vega, I., Alcántara-Ayala O., Ruíz-Jiménez, C. A., & Contreras-Medina, R. (2006) Composition and structure of humid montane oak forests at different sites in Central and Eastern Mexico. En M. Kappelle (Ed.). *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests* (pp. 3-13). Berlin: Springer.
- Manos, P. S., Doyle, J. J., & Nixon, K. C. (1999). Phylogeny, biogeography, and processes of molecular differentiation in *Quercus* subgenus *Quercus* (Fagaceae). *Molecular Phylogenetic and Evolution*, 12(3), 333-349. doi: 10.1006/mpev.1999.0614
- Marañón, T., Padilla Díaz, C. M., Pérez Ramos, 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.
- Mateo, R. G., Felicísimo, A. M., & Muñoz, J. (2011). Modelos de distribución de especies: Una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*, 84(2), 217-240.
- 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.
- Morales, O., García, E., Cáceres, R., Bran, M. C., Gurrarán, N., & Flores, R. (2009). Gasteromycetes de Guatemala: especies citadas en el período de 1948 a 2008. *Revista científica Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas*, 5(1), 27-33.
- 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.
- Naoki, K., Gómez, M. I., López, R. P., Meneses, R. I., & Vargas, J. (2006). Comparación de modelos de distribución de especies para predecir la dis-

- tribución potencial de vida silvestre en Bolivia. *Ecología en Bolivia*, 41(1), 65-78.
- 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. (1998). *Quercus benthamii*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T35961A9970290. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T35961A9970290.en
- Nixon, K. (1998b). *Quercus bumelioides*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T32760A9727972. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32760A9727972.en.
- Nixon, K. (1998c). *Quercus flagellifera*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T35965A9970562. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T35965A9970562.en.
- Nixon, K. (1998d). *Quercus gulielmitrelesei*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T35966A9970641. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T35966A9970641.en.
- Nixon, K. (1998e). *Quercus purulhana*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T32766A9723016. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T32766A9723016.en.
- Nixon, K. (1998f). *Quercus vicentensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T34685A9878246. doi:10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T34685A9878246.en.
- Nixon, K. et al. (1998g). *Quercus xalapensis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T34686A9878398. doi: 10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T34686A9878398.en.
- 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, M. E. (2009). Catálogo de las hepáticas (Marchantiophyta) de Guatemala: una actualización. *Brenesia*, 71, 3-12.
- 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.
- Quezada, M. L., Arroyo-Rodríguez, V., Pérez-Silva, E., & Aide, T. M. (2014). Land cover changes in the Lachúa región, Guatemala: patterns, proximate cause, and underlying forces over the last 50 year. *Regional Environmental Change*, 14(3), 1139-1149.
- Quezada, M. L., Rodas-Duarte, L., & Marroquín-Tintí, A. (2016a). Diversidad de encinos de Guatemala, una alternativa para bosques energéticos, seguridad alimentaria y mitigación al cambio climático, Fase I: Las Verapaces y Petén. (INF-2015-18). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación y Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- Quezada, M. L., Rodas-Duarte, L., & Marroquín-Tintí, A. (2016b). Diversidad de encinos de Guatemala, una alternativa para bosques energéticos, seguridad alimentaria y mitigación al cambio climático, Fase I: Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa. (INF-2016-37). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación y Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- 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
- Rodríguez-Correa, H., Oyama, K., Quesada, M., Fuchs, E. J., Quezada, M., Ferrugino, L., ... González-Rodríguez, A. (2017). Complex phylogeographic patterns indicate Central American origin of two widespread Mesoamerican *Quercus* (Fagaceae) species. *Tree Genetics & Genomes*, 13(62) doi: 10.1007/s11295-017-1147-7
- Rzedowski, J. (1978). *Vegetación de México*. México, D.F.: Limusa.
- Sánchez, D. A. (2010). *Identificación de vacíos de conservación y priorización de un portafolio de áreas*

- protegidas potenciales en bosques de montaña de Guatemala utilizando a las lagartijas arborícolas del género Abronia (Sauria: Anguidae) como modelo.* (Tesis de Máster). Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España.
- Standley, P. C., & Steyermark, J. A. (1952). Flora of Guatemala. *Fieldiana: Botany*, 24(3), 369-396.
- 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.
- 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.
- Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (2001). *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido: UICN.
- 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.
- Valencia-A, S., Coombes, A. & Villaseñor, J. (2018). *Quercus candicans* (Fagaceae) is not a *Quercus* but a *Roldana* (Asteraceae). *Phytotaxa*, 333(2), 251-258.
- Vivero, J., Szejner, M., Gordon, J., & Magin, G. (2006). *The red list of trees of Guatemala*. Cambridge: Fauna & Flora International.
- Wenzell, K. & Kenny, L. (2015). *Quercus acutifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T78803712A78803830. doi:10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T78803712A78803830.en.
- Wenzell, K. & Kenny, L. (2015B). *Quercus crassifolia*. *The IUCN Red List of Threatened Species*, e.T194090A2297643. doi:10.2305/IUCN.UK.2015-4.RLTS.T194090A2297643.en.
- Zavala-Chávez, F. (1998). Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*, 8, 47-64.

Caracterización y modelado hidrometeorológico en la cuenca del río Atulapa, Guatemala

Characterization and hydrometeorological modeling in the Atulapa River basin, Guatemala

Guillermo Santos¹, Jorge Faustino², Ruperto Quezada²

¹Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

² Doctorado en Ciencias Naturales para el Desarrollo (Docinade), Costa Rica.

*Autor al que se dirige la correspondencia: santos.guillermo@usac.edu.gt

Recibido: 26 de octubre 2016 / Revisión: 16 de noviembre 2017 / Aceptado: 05 de diciembre 2017

Resumen

Los modelos hidrometeorológicos, facilitan el control, monitoreo y planificación del recurso agua en cuencas hidrográficas, representando variables meteorológicas de forma distribuida. El objetivo del estudio, es proponer modelos hidrometeorológicos bidimensionales para cuantificar de forma precisa, las variables básicas que determinan la dinámica del recurso hídrico en la cuenca del río Atulapa, Esquipulas, departamento de Chiquimula, Guatemala. Se generaron y recopilamos datos hidrometeorológicos, con estaciones digitales instaladas y estaciones locales. Para el desarrollo de los modelos se elaboró una correlación entre altitud de las estaciones meteorológicas, como variable explicativa y registros climáticos como variable de respuesta. El modelo de escorrentía es una correlación entre alturas limnimétricas en la estación hidrométrica, como variable explicativa y el caudal óptimo de los aforos como variable de respuesta. La precipitación media de la cuenca obtenida con los modelos generados, es de 1,884 mm/año y la temperatura media de 18.92°C. El cambio de temperatura entre la parte baja y alta disminuye a razón de 1°C por cada 175 m.snm. El caudal medio anual es a razón de 0.5 m³/seg en la estación hidrométrica del Puente. Los modelos hidrometeorológico generados en la cuenca del río Atulapa representaron la variabilidad climática en forma bidimensional, permitiendo un control y monitoreo del recurso hídrico en la cuenca, para la planificación del uso sostenible. La orografía en la cuenca, definió la estrecha relación con las variables meteorológicas precipitación y temperatura obteniendo modelos de regresión lineal precisos.

Palabras claves: Hidrología, correlación, orografía, precipitación, temperatura

Abstract

The hydrometeorological models facilitate the control and monitoring of the water resource in watersheds, representing meteorological variables in a distributed way, for the planning of the water resource. The objective of the study is to propose two-dimensional hydrometeorological models to accurately quantify the basic variables that determine the dynamics of water resources in the Atulapa River basin, Esquipulas, department of Chiquimula, Guatemala. Hydrometeorological data were generated and collected, with installed digital stations and local stations. For the development of the models, a correlation was made between the altitude of the meteorological stations, as an explanatory variable and climatic records as a response variable. The runoff model is a correlation between limnimetric heights in the hydrometric station, as an explanatory variable and the optimum flow of the gauging as a response variable. The average precipitation of the basin obtained with the generated models is 1,884 mm/year and the average temperature is 18.92°C. The temperature change between the low and high part decreases at a rate of 1°C for every 175 masl. The average annual flow is at a rate of 0.5 m³/sec at the Puente hydrometric station. The hydrometeorological models generated in the Atulapa River basin represented the climatic variability in two-dimensional form, allowing a control and monitoring of the water resource in the basin, for the planning of the sustainable use. The orography in the basin, defined the close relationship with meteorological variables precipitation and temperature obtaining accurate linear regression models.

Keywords: Hydrology, correlation, orography, precipitation, temperature



Introducción

En la actualidad la generación de modelos espaciales, juega un papel fundamental en el control y monitoreo del recurso hídrico en cuencas hidrográficas. El análisis de distribución de las diferentes variables meteorológicas, reflejan los cambios en la disminución o aumento de un registro a causa de factores como: la altitud, el relieve del terreno y la presión atmosférica (Mesa, Poveda, Carvajal, & Salazar, 1994).

Los modelos para el análisis hidrometeorológico pueden ser estocásticos o determinísticos. Los primeros toman en cuenta series de registros extensos donde la estadística juega un papel fundamental, mientras los segundos lo principal es, analizar una variable explicativa y de respuesta (Chow, Maidment, & Mays, 1994). En los países con escasos registros hidrometeorológicos donde se dificulta realizar un análisis estocástico, los modelos determinísticos son los más apropiados (Ponce, 1994). Entre los modelos determinísticos se tienen los algoritmos y los modelos de correlación lineal.

Los algoritmos que representan los modelos de elevación digital, facilitan la simulación hidrológica como se utilizó en algunas localidades de Argentina, donde la altitud es relacionada con las variables meteorológicas (Pusineri, Pedraza, & Lozeco, 2010).

Los modelos de correlación lineal se han utilizado para la estimación espacial de la precipitación, como es el caso del valle de la ciudad de México, donde proporcionaron información para la simulación de escenarios y la representación espacial de las isoyetas (Díaz, Herrera, & Valdés, 2009). Muy similar al estudio elaborado por Becerra y Gutiérrez (2006), sobre la modelación hidrológica empleando isoyetas de relieve, una aproximación geoestadística en base a la orografía como barrera natural en los cambios meteorológicos en una cuenca.

En Colombia, se utilizó con series históricas de precipitación y temperatura del aire a 2 m sobre la superficie, registradas en estaciones meteorológicas, se calcularon las normales para el periodo 1961-1990. Los modelos de correlación permiten determinar con una relativa buena aproximación, los valores de temperatura para cualquier sitio ubicado en Colombia con solo obtener su altitud. (Burrough & McDonnell, 1998). Adicionalmente, los modelos permiten establecer la existencia de grandes diferencias entre las regiones, producto de los factores de latitud, topografía y orientación de las cordilleras, demostrado el trabajo realizado sobre la distribución espacial y temporal de la temperatura y la

precipitación en Colombia, evaluado por Pabón, Eslava y Gómez (2001).

El desarrollo de modelos hidrológicos digitales en aproximaciones raster, resulta una alternativa interesante para superar la escasez de datos hidrológicos y climáticos en la región del valle de Lerma, Argentina. Se ensayaron diferentes metodologías en un Sistema de Información Geográfica para definir, en espacios territoriales continuos, las variables: precipitación, temperatura, caudales máximos y pérdida de suelos. Los modelos que resultaron con mayor ajuste, fueron: regresiones con altitud y latitud para las variables climáticas (Belmonte & Núñez, 2006).

Una perspectiva de trabajo futuro es la inclusión de la topografía como variable secundaria, ya que generalmente está correlacionada con la precipitación y serviría de alternativa para los casos donde se cuente con pocos pluviógrafos o no se posea imágenes de radar (Díaz et al., 2009).

El Servicio Nacional de Estudios Territoriales (Snet) en el 2005 realizó el estudio del Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador, utilizaron modelos para representar la distribución de variables meteorológicas correlacionando altitud y evapotranspiración de referencia que depende de la temperatura media mensual, los resultados fueron satisfactorios observando la dinámica espacial.

En Guatemala a finales de la década de los setenta e inicio de los ochenta, se instalaron equipos para la medición de variables meteorológicas e hidrológicas; actualmente no hay suficiente equipo hidrometeorológico, lo que dificulta la generación de escenarios en un país con gran variabilidad climática (Santos, 2017).

En consecuencia, en la última década, la evolución de los medios de transmisión de datos y representación espacial de registros, permitió la descentralización en los servicios técnicos científicos que el estado prestaba a la población, como la publicación de registros hidrometeorológicos a través de sistemas de información geográfica (Santos, 2017).

El modelo distribuido meteorológico (precipitación y temperatura) obtenido en la presente investigación, sustituye a los métodos de distribución de variables meteorológicas como: polígonos de Thiessen o Isoyetas. El objetivo de la presente investigación, es la generación de modelos hidrometeorológicos para el control y monitoreo del recurso hídrico en la cuenca del río Atulapa. Se instalaron estaciones hidrometeorológicas digitales, y se recopilaron registros de estaciones locales para la generación de los modelos.

Materiales y métodos

El área de investigación abarca la cuenca del río Atulapa, tiene una extensión de 42.72 km², se localiza en el municipio de Esquipulas parte sur-oriente del departamento de Chiquimula, Guatemala, Centroamérica (Figura 1). La cuenca del río Atulapa forma parte de la subcuenca del río Olopa, que a su vez corresponde a la parte alta de la cuenca del río Lempa en El Salvador de interés trinacional (Comisión Trinacional Trifinio, 2007; Instituto Geográfico Nacional, 2009)

El principal río de la cuenca es el Atulapa, tiene una longitud de 17.60 km desde su nacimiento en los caseríos El Duraznal y Plan de la Arada, hasta su punto de aforo donde se une al río Olopa. Sus principales afluentes son: Quebrada Raspada, Quebrada de Piedra, Liquidambar y Paxashtal (García, 2010).

Estaciones hidrometeorológicas

Se instalaron estaciones hidrometeorológicas, para generar registros del 2012 al 2016 en: El Limón, Plan de la Arada y El Puente, por medio de un proyecto del Fondo para el Desarrollo Científico y Tecnológico (Fodecyt). Se recopilieron los registros meteorológicos del 1971 al 2016, para la estación Esquipulas, perteneciente al Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (Insivumeh), en Guatemala y registros de la estación Montecristo del Servicio Nacional de Estudios Territoriales (Snet) en El Salvador (Tabla 1).

Se evaluó la consistencia de los registros climáticos de las estaciones meteorológicas, a través del análisis por el método doblemente acumulativo (Chow et al., 1994). El análisis doblemente acumulativo, determinó la consistencia de los registros a través de un gráfico

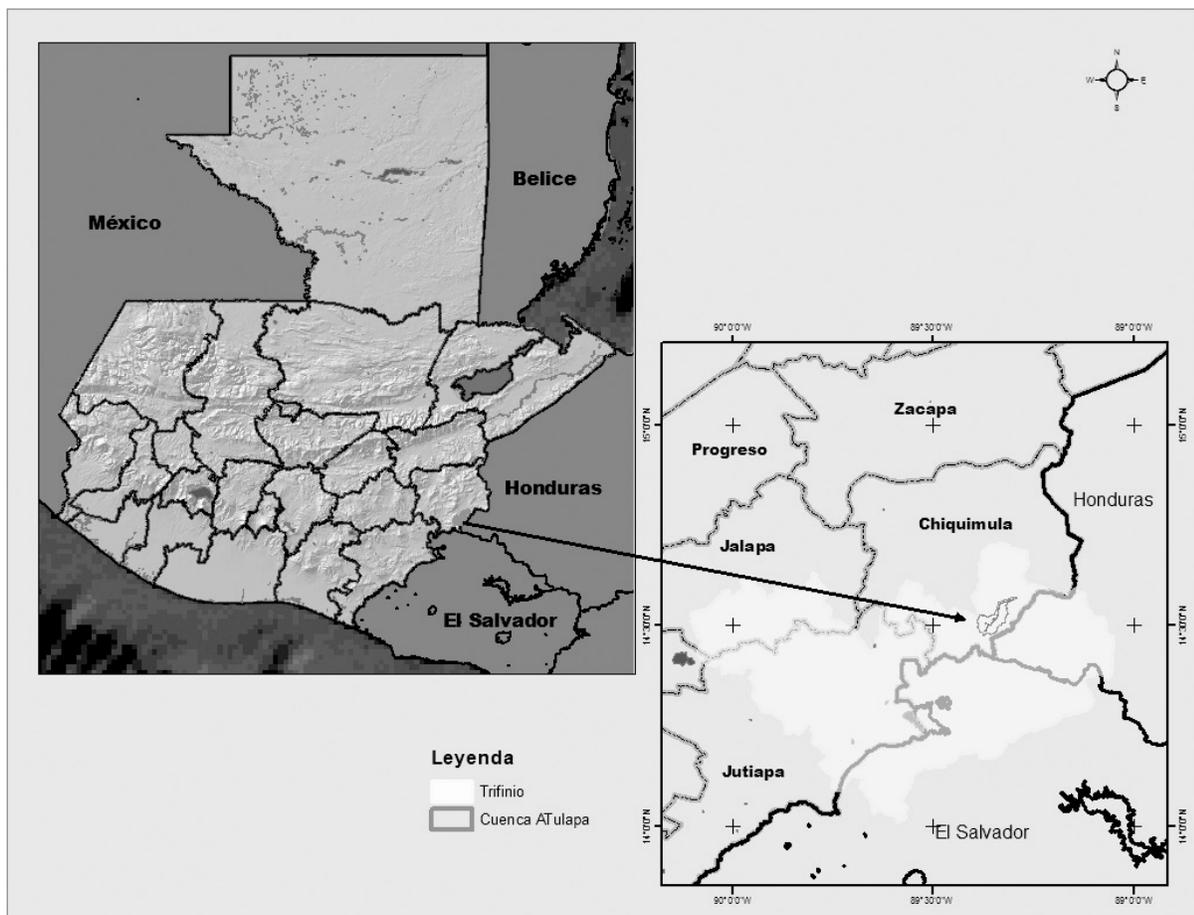


Figura 1. Ubicación geográfica cuenca río Atulapa.

Tabla 1
Listado de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Atulapa

Planes de Montecristo A-31 SNET El Salvador año 1973 - 2016	Departamento Santa Ana, El Salvador Meteorológica	Latitud Norte: 14° 24'00" Longitud Oeste: 89° 22'00" Elevación: 1,860 m
Esquipulas INSIVUMEH Guatemala año 1973 - 2016	Departamento Chiquimula, Guatemala. Meteorológica	Latitud Norte: 14° 29' 50.01" Longitud Oeste: 89° 21' 36" Elevación : 950 m
Plan de la Arada FODECYT 47-2011 Guatemala año 2012 - 2016	Departamento Chiquimula, Guatemala Meteorológica	Latitud Norte: 14° 29' 51.9" Longitud Oeste: 89°21'32.8" Elevación: 1,406 m
El Limón FODECYT 47-2011 Guatemala año 2012 - 2016	Departamento Chiquimula, Gua- temala Meteorológica	Latitud Norte: 14° 31' 39.7" Longitud Este: 89°20'47.1" Elevación: 1,298 m
El Puente FODECYT 47-2011 Guatemala año 2012 - 2016	Departamento Chiquimula, Gua- temala Est. Hidrométrica	Latitud Norte: 14°33'45.27" Longitud Este: 89°18'36.31" Elevación: 916 m

cartesiano, llevado sobre el eje de las “x” los valores acumulados de la estación en estudio y sobre el eje de las “y” los valores acumulados de la estación patrón, la fórmula es la siguiente:

$$F_c = S * (\text{Estación índice/Estación Satélite})$$

S = al valor de precipitación a corregir

Análisis de datos meteorológicos

Para evaluar los registros climáticos medios mensuales y anuales en la cuenca se utilizaron modelos de regresión. Los registros climáticos poseen un comportamiento orográfico, es decir que a más elevación se presenta mayor precipitación y menor temperatura. Se elaboró la correlación entre altitud de las estaciones meteorológicas como variable explicativa y registros climáticos de las estaciones como variable de respuesta, generando un modelo local para cada mes.

Simulación de escenarios meteorológicos

En el modelo generado por la regresión en su variable altitud se utilizó el modelo de elevación digital (raster) en un Sistema de Información Geográfica, con

resolución espacial de 30 x 30 m o sea 900 m² cada pixel, como variable explicativa para obtener la distribución de la precipitación y temperatura mensual como variables de respuesta.

Los modelos utilizados son los siguientes:

$$Y = a + b * X \text{ o sea } PP = a + b * MED$$

Donde PP es la precipitación media mensual, “a” el intercepto, “b” la pendiente y MED el Modelo de Elevación Digital

$$Y = a - b * X \text{ o sea } Temp = a + b * MED$$

Donde Temp es la temperatura media mensual, “a” el intercepto, “b” la pendiente y MED el Modelo de Elevación Digital

Determinación de la escorrentía superficial

Se realizó el monitoreo del caudal en la cuenca en una estación de aforo llamada El Puente, se colocó un limnómetro y se realizaron aforos con el método sección-velocidad, generando un modelo para determinar escorrentía a través de la curva de calibración de caudales (Horton, 1933; Linsley, 1967). El modelo, es

una correlación entre altura limnimétrica en la estación hidrométrica como variable explicativa y el caudal del aforo como variable de respuesta, permitió medir el caudal medio diario monitoreando el limnómetro dos veces por día. El método utilizado es el logarítmico, se basa en la experiencia demostrada que la curva de descarga queda representada por una parábola de orden superior, cuya expresión es la siguiente:

$$Q = 1(H-H_0)^{0.5253}$$

Donde:

H_0 : altura de la escala hidrométrica para la cual $Q = 0$;

H : altura de escala hidrométrica para el caudal que se quiere conocer;

n , K : constantes propias de la expresión analítica.

Los valores a obtenerse para el ajuste del método son los de H_0 , K y n

Resultados

Los modelos para la precipitación son regresiones y que poseen valores altos, con excepción en los meses de agosto, septiembre y abril, sin embargo el valor de la regresión es aceptable.

Precipitación media

En la [Tabla 2](#) la precipitación pluvial media anual, constituye el parámetro climatológico más variable y el que posee mayor influencia sobre el ciclo hidrológico de la cuenca; para la estación Planes de Montecristo del Snet en El Salvador, se reportó una precipitación media de 2,174 mm/año durante 1971 a 2016; para la estación Esquipulas de Insivumeh de 1971 a 2016 se reportó una precipitación media de 1,638 mm/año. En las estaciones instaladas por el proyecto Fodecyt, se reportó en la estación meteorológica Plan de la Arada 1,903 mm/año y en la estación El Limón se reportó 1,822 mm/año. La mayor precipitación se representa en la estación Montecristo y la menor es para la estación Esquipulas, se observó una correlación con la altitud de cada estación meteorológica, como se representa en la [Tabla 2](#), a mayor altitud mayor precipitación.

La temperatura media, constituye un parámetro climatológico de gran importancia y determinante en la evapotranspiración potencia y real, como las pérdidas principales en el ciclo hidrológico de la cuenca y se

representa en las [Tabla 3](#). Se analizó información del Insivumeh en la estación Esquipulas, la cual reportó una temperatura media 21.81°C del 1972 al 2016, para la estación Planes de Montecristo de Snet en El Salvador se reportó 16°C del 1971 al 2016 ([Snet, 2015](#)). Las estaciones instaladas en el proyecto Fodecyt reportaron lo siguiente: Plan de la Arada, 18.4°C del 2012 al 2016 y la estación El Limón, 19.39°C del 2012 al 2016.

El cambio de temperatura entre Montecristo y Esquipulas es de 5.2°C con una diferencia de 910 m.snm a razón de 1°C por cada 175 m.snm hay una correlación inversa con la altitud y la temperatura media mensual y anual, ([Tabla 3](#)).

La [Figura 2](#) representa la consistencia de información de la precipitación acumulada, entre la estación meteorológica Montecristo y Esquipulas del 1971 al 2016, historial adecuado de información meteorológica donde se analizó la variabilidad climática en eventos del fenómeno de El Niño y La Niña.

La [Figura 3](#) representa la consistencia de información de la precipitación acumulada en las estaciones meteorológicas Plan de la Arada y Limón 2012 al 2016 para el proyecto Fodecyt.

Al realizar el gráfico de la precipitación entre las estaciones Esquipulas y Montecristo, se representa los años secos y lluviosos, que corresponden a eventos sobre el fenómeno de El Niño y La Niña, principalmente El Niño extraordinario que se presentó de 1997 a 1998, luego han ocurrido episodios con diferente intensidad ([Figura 4](#)).

La [Figura 5](#) representa la precipitación entre la estación Limón y Plan de la Arada, con una disminución por el fenómeno de El Niño para el 2016, la precipitación varía en 125 mm entre las dos estaciones.

Precipitación media mensual de la cuenca

Los modelos de precipitación donde la orografía es determinante como las altas montañas del cerro Montecristo, en la cuenca del río Atulapa muestran altas correlaciones. La [Tabla 4](#) representa el promedio del valor de $r^2 = 0.9575$ para los modelos de precipitación en los 12 meses es 0.9575.

La [Figura 6](#) representa el período lluvioso en la cuenca, se registran dos puntos altos de precipitación, que normalmente ocurren en junio y septiembre, con precipitaciones mensuales de 317 hasta 450 mm, en septiembre, regularmente la mayor precipitación se localiza en la parte alta de la cuenca.

Tabla 2

Registros de precipitación media (desviación estándar) mensual en milímetros por año.

Estación	Alt.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Montecristo	1,860	12.3 (10.5)	11.0 (9.2)	29.6 (37.9)	80.6 (63.4)	245.9 (118.3)	413.5 (130.03)	311.2 (115.2)	332.5 (108.6)	435.6 (121.2)	222.5 (140.4)	57.3 (54.9)	22.3 (19.3)
Plan de la Arada	1,406	11.0 (15.2)	9.0 (8.3)	25.0 (21.1)	75.0 (38.2)	210.0 (82.3)	320.0 (98.2)	300.0 (112.3)	309.6 (99.3)	378.6 (122.5)	197.1 (102.8)	48.0 (29.2)	19.5 (9.8)
Limón	1,298	10.1 (11.3)	7.2 (6.9)	15.0 (21.2)	62.0 (39.8)	180.0 (89.2)	346.5 (101.2)	286.9 (138.8)	290.0 (98.2)	365.9 (112.7)	192.2 (105.6)	47.2 (42.3)	19.2 (11.1)
Esquipulas	950	9.4 (6.8)	6.4 (5.6)	13.6 (18.9)	45.8 (44.3)	160.1 (77.7)	301.6 (103.8)	269.5 (121.2)	280.0 (106.8)	324.4 (123.2)	173.6 (94.5)	36.2 (31.4)	16.9 (12.6)

Nota. Altitud (m.snm) = Alt. Datos del Insivumeh 1972-2016, Snet 1973-2016.

Tabla 3

Datos de Temperatura media mensual en grados centígrados

Estación	Alt.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Montecristo	1860	14.3 (0.69)	15.0 (0.70)	16.2 (0.77)	17.2 (0.60)	17.2 (0.52)	16.8 (0.41)	16.8 (0.96)	16.9 (0.79)	16.4 (0.38)	15.9 (0.52)	15.1 (0.76)	14.4 (0.77)
Plan de la Arada	1406	17.0 (1.02)	17.7 (0.92)	18.2 (0.97)	18.1 (1.09)	20.5 (0.85)	19.8 (0.98)	19.7 (1.21)	19.5 (1.12)	18.9 (1.08)	18.7 (0.86)	16.8 (0.93)	16.9 (0.78)
Limón	1298	18.2 (1.18)	17.9 (1.22)	19.3 (0.89)	19.2 (1.01)	20.9 (0.92)	20.4 (1.08)	20.1 (0.98)	20.8 (1.22)	20.1 (0.92)	19.9 (1.05)	18.3 (0.88)	17.6 (0.91)
Esquipulas	950	19.6 (1.27)	20.5 (1.42)	22.3 (0.98)	23.6 (0.93)	23.7 (0.85)	22.7 (1.05)	22.6 (0.71)	22.8 (1.31)	22.4 (0.86)	21.6 (1.08)	20.3 (1.06)	19.6 (1.08)

Nota. Alt. = Altitud m.snm

Tabla 4

Ecuación mensual de altitud versus precipitación

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
$y = 0.0034x + 5.8985$ $r^2 = 0.9736$	$y = 0.0051x + 1.3213$ $r^2 = 0.9982$	$y = 0.0178x - 4.2177$ $r^2 = 0.9992$	$y = 0.0376x + 11.144$ $r^2 = 0.88$	$y = 0.0996x + 63.418$ $r^2 = 0.991$	$y = 0.1239x + 185.5$ $r^2 = 0.982$
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$y = 0.0435x + 230.43$ $r^2 = 0.900$	$y = 0.0611x + 223.6$ $r^2 = 0.899$	$y = 0.1166x + 214.66$ $r^2 = 0.87$	$y = 0.0653x + 105.23$ $r^2 = 0.999$	$y = 0.0244x + 13.642$ $r^2 = 0.9996$	$y = 0.006x + 11.183$ $r^2 = 0.9978$

Tabla 5

Ecuación de regresión mensual altitud versus temperatura

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
$y = -0.0057x + 25.004$ $r^2 = 0.9222$	$y = -0.006x + 26.225$ $r^2 = 0.9112$	$y = -0.0067x + 28.691$ $r^2 = 0.9411$	$y = -0.0071x + 30.387$ $r^2 = 0.8943$	$y = -0.0071x + 30.482$ $r^2 = 0.9056$	$y = -0.0065x + 28.939$ $r^2 = 0.8988$
Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
$y = -0.0063x + 28.629$ $r^2 = 0.8834$	$y = -0.0065x + 29.027$ $r^2 = 0.9028$	$y = -0.0066x + 28.611$ $r^2 = 0.9919$	$y = -0.0062x + 27.466$ $r^2 = 0.9325$	$y = -0.0057x + 25.792$ $r^2 = 0.9220$	$y = -0.0056x + 24.875$ $r^2 = 0.9821$

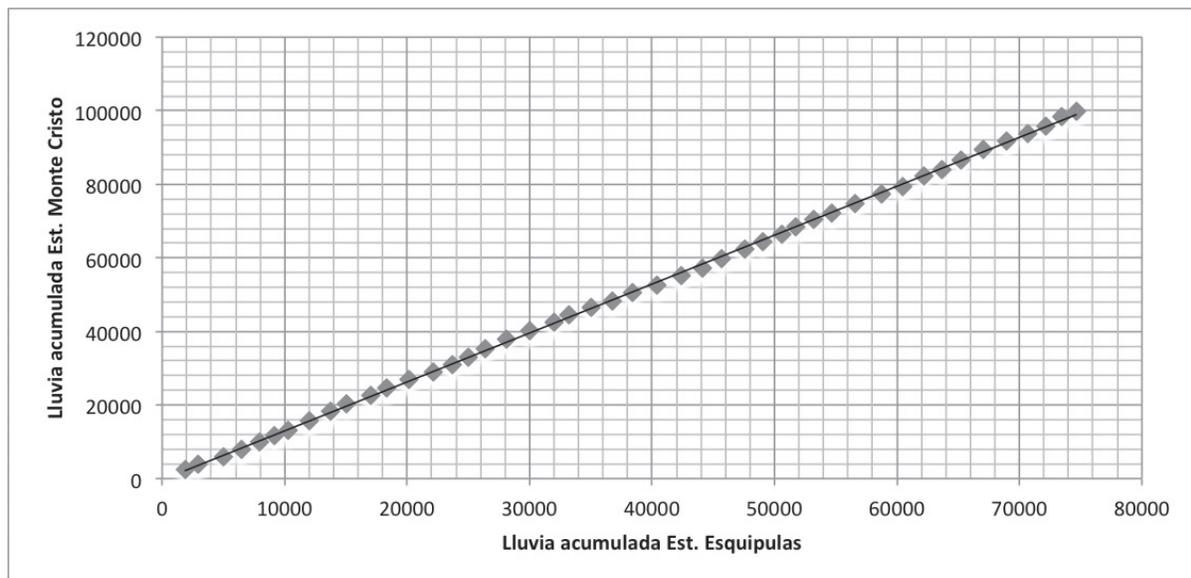


Figura 2. Análisis de consistencia estación Montecristo, Snet y Esquipulas, Insivumeh.

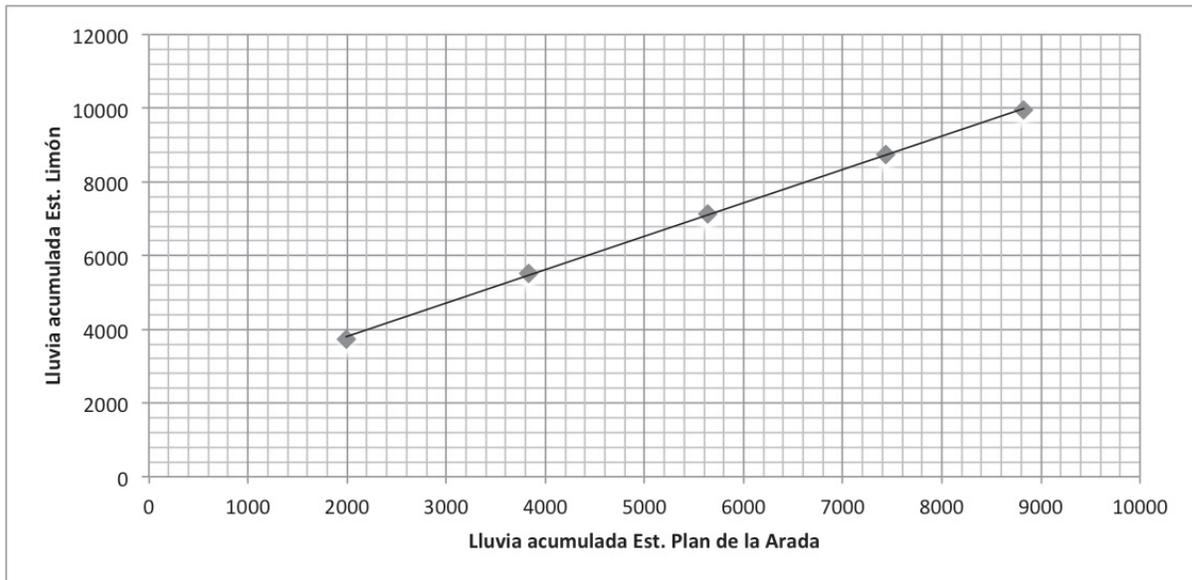


Figura 3. Análisis de consistencia Plan de la Arada y El Limón.

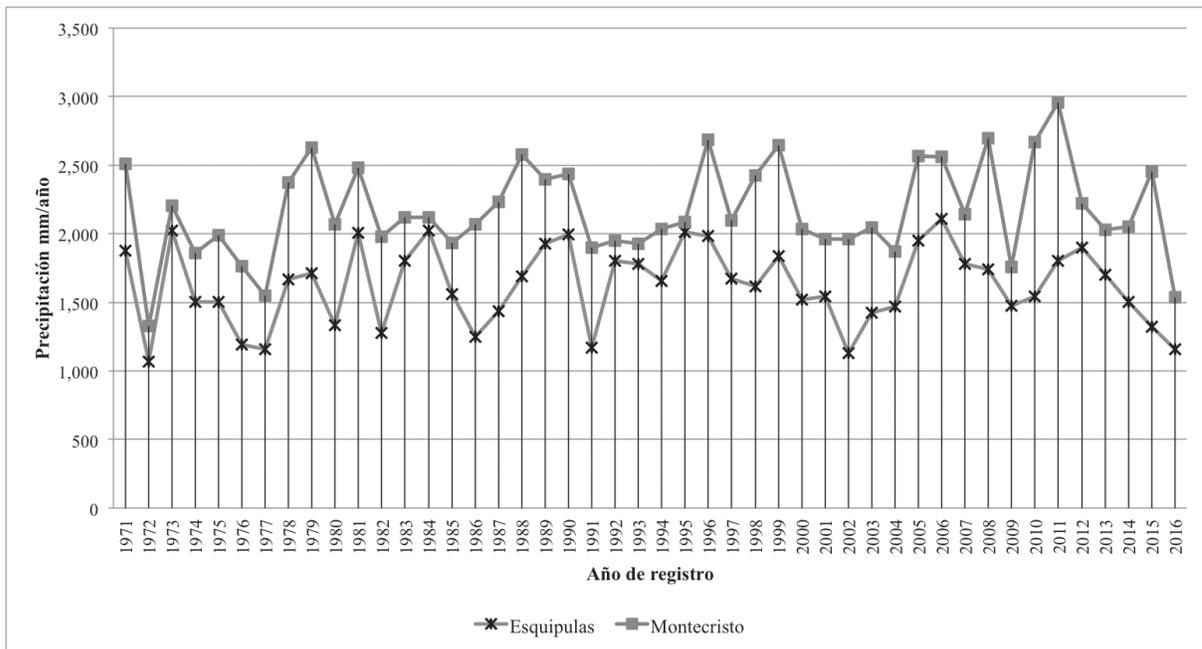


Figura 4. Precipitación media anual Esquipulas (Insivumeh) y Montecristo (Snet).

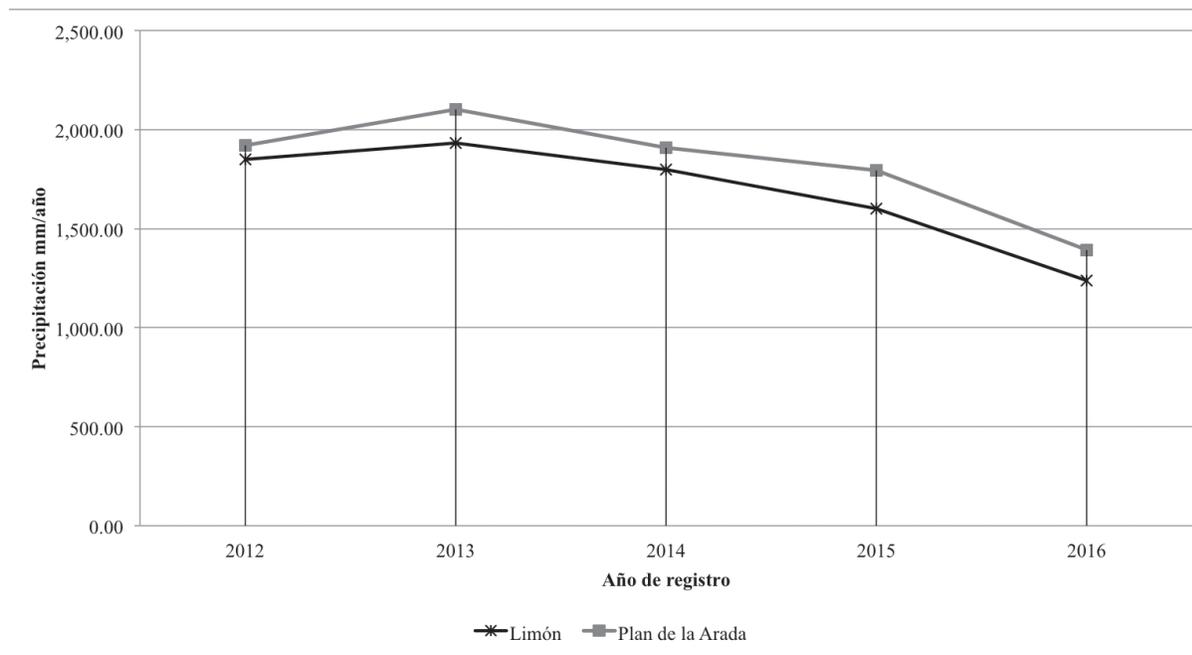


Figura 5. Precipitación media anual El Limón y Plan de la Arada.

Temperatura media mensual de la cuenca

Se generó un modelo matemático con los datos de temperatura promedio en grados centígrados y altitud en metros sobre el nivel del mar obtenidos de las estaciones meteorológicas con influencia en la cuenca.

Los modelos de temperatura dependen de la presión atmosférica y altitud principalmente, el modelo ingresado en un sistema de información geográfica, representó los datos de temperatura versus altitud y luego de analizar su dispersión para los 12 meses del valor de r^2 es 0.93 los datos se describen en la [Tabla 5](#).

La [Figura 7](#), presenta un comportamiento orográfico para la temperatura media mensual, inicia a aumentar en marzo y abril, luego disminuye sustancialmente en la parte alta de la cuenca del río Atulapa por la presencia de las lluvias de mayo, pero en noviembre a febrero se registran las temperaturas bajas principalmente en la parte alta. En la parte media de la cuenca en el Bosque Húmedo Subtropical templado es muy dinámico de temperatura.

Calibración de caudales

Se realizaron mediciones de alturas limnimétricas diarias y aforos de caudales, desde 2012 a diciembre de 2016.

En la [Tabla 6](#) se presentan los cálculos para las épocas seca y lluviosa de mayo a junio de la cuenca del río Atulapa, observándose caudales mínimos de 0.29 m³/seg en enero a marzo y caudal máximo de 6 m³/seg en agosto. La curva de calibración con su respectivo modelo matemático permitió obtener el caudal diario con las lecturas limnimétricas, la curva de duración de caudales y el hidrograma de escorrentía de la cuenca.

En la [Figura 8](#) se representa la curva de regresión con su respectiva ecuación lineal, muestra la relación existente entre el caudal y la altura limnimétrica.

La curva de calibración de caudales en la [Figura 9](#) representa a la cuenca del río Atulapa, la cual es expresada de la siguiente forma: $Q = 3*(H-0)^{1.3131}$

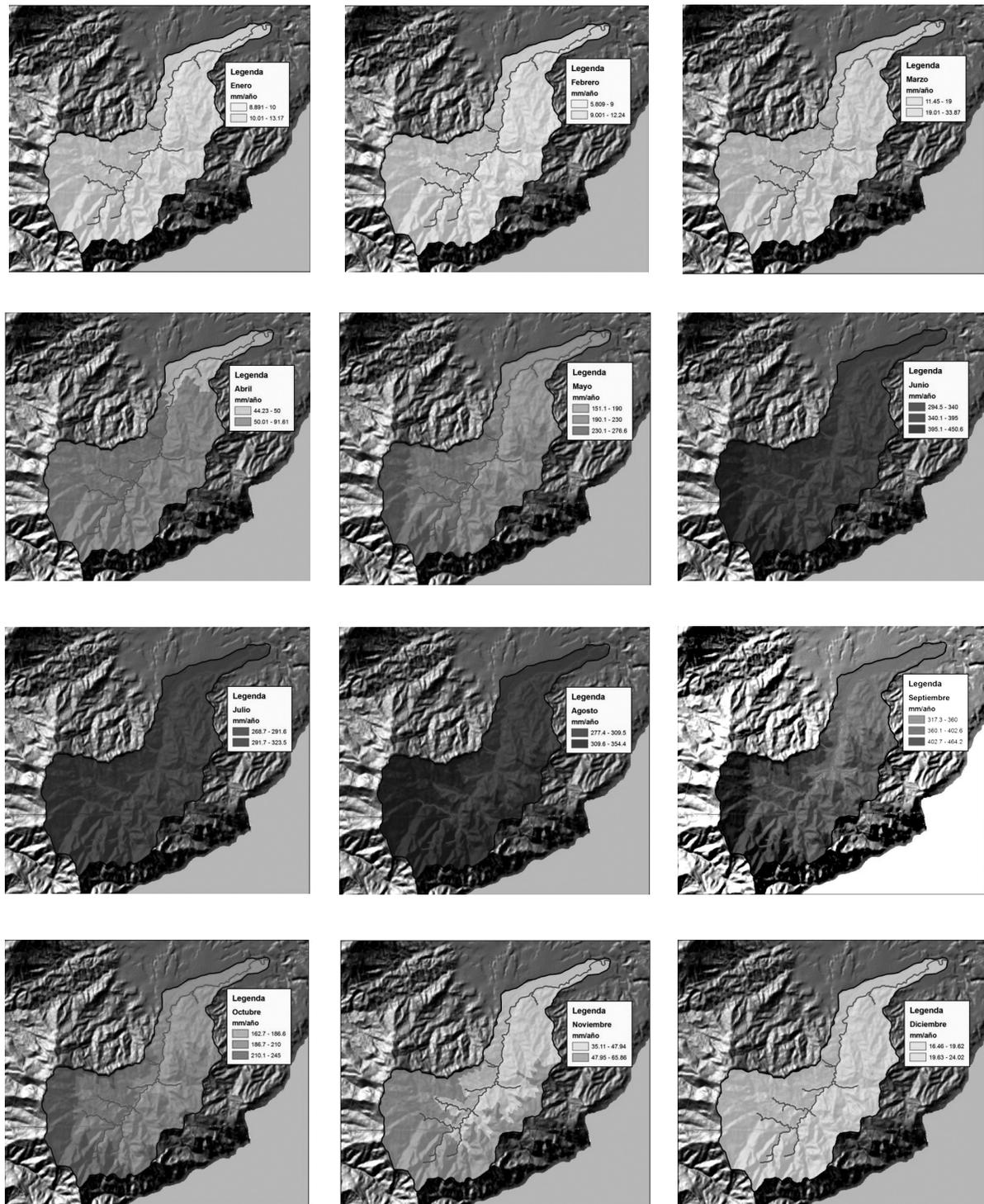


Figura 6. Precipitación media mensual en milímetros para la cuenca del río Atulapa.

Hidrograma de escorrentía

El promedio mensual del caudal en el río Atulapa, durante la época seca (enero a abril) es de 0.5 m³/seg, representa un aporte del flujo de agua subterránea principalmente de los acuíferos colgados en la parte alta de la cuenca.

En mayo se presenta un ascenso del caudal de 0.70 m³/seg pero en el mes de junio hay un cambio radical a 2.20 m³/seg, lo que permite inferir que la cuenca se encuentra con el suelo saturado y se presenta la escorrentía superficial (Figura 10).

En agosto el caudal medio mensual asciende a 2.89 m³/seg, los suelos de la cuenca se encuentran saturados por consiguiente la escorrentía superficial y subsuperficial es mayor. Las corrientes intermitentes representan el suelo y subsuelo saturado, se forman por el flujo hipodérmico en el suelo.

De los registros diarios en octubre el caudal medio es de 1.28 m³/seg, luego en noviembre inicia la recesión del hidrograma, con una disminución de 0.70 m³/seg y en diciembre 0.65 m³/seg (Figura 10).

Curva de duración de caudales

La Figura 11 representa la curva de duración de caudales de la cuenca del río Atulapa, resultado del análisis que se realizó de las frecuencias y la serie de caudales medios diarios, de enero a diciembre del 2012 al 2015 en el sitio de aforo. La curva de duración del régimen de caudales medios diarios del río Atulapa se utilizó para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales.

Las curvas de duración tienen formas típicas en el caso de la cuenca del río Atulapa es característico de un sistema de drenaje de montaña, la pendiente pronunciada en el tramo inicial de la curva indica que los caudales altos se presentan durante períodos cortos, es una cuenca de régimen torrencial que representa registros en crecidas de 7 m³/seg. El 3% de los días en un año se presentan registros de caudales en crecidas instantáneas de 4 a 7 m³/seg. Se presentaron caudales menores de 0.5 m³/seg en 60% de los días en el año.

Discusión

Es de especial importancia el monitoreo del recurso hídrico en los países de Centro América. Guatemala

ocupa la cuarta posición en cuanto a disponibilidad de agua superficial, sin embargo no se poseen registros precisos y es el país con mayor población en 80% más que en otros países de la región (Asociación Mundial para el Agua, 2006)

La relación existente entre la temperatura y la altitud en la cuenca del río Atulapa es alta, debido a que la temperatura se relaciona más con el relieve del terreno resultado de la presión atmosférica presenta un r^2 anual de 0.924 (0.93). Un ejemplo claro es el modelo utilizado para la simulación de la temperatura elaborado en España peninsular, a través de regresiones con un modelo digital del elevaciones donde se obtuvo la distribución espacial de temperaturas mensuales (Bustamante, 2003; Pascual, 1997). De igual manera en Colombia se representó la distribución espacial de la temperatura con modelos de esta a partir de producto de los factores de latitud, topografía y orientación de las cordilleras, se representó la distribución espacial de la temperatura (Pabón et al., 2001).

La temperatura resultado de la energía solar es la que dirige el ciclo hidrológico en la cuenca del río Atulapa, principalmente en la evapotranspiración de la cobertura vegetal como una variable de la pérdida de agua en la cuenca. La temperatura media anual de la cuenca para la parte baja es de 18.9°C y en la parte alta de 14.3°C. En la cuenca del río Atulapa se reportan temperaturas promedios anuales de 22.3°C.

El agua en estado líquido presente en la vegetación y ríos de la cuenca, por aumento de temperatura se pierde a través de la evapotranspiración real convirtiéndose en nubes, que se desplazan por los vientos convergente hacia las montañas del cerro Montecristo, cuando baja su temperatura, parte de ellas se condensan para precipitar en el bosque Montano Bajo Subtropical de la cuenca, el resto de nubes continúan su movimiento a precipitar en otras latitudes. En la cuenca, la precipitación media anual es de 1,884 mm/año, en las partes altas de las montañas se registran 2,355 mm/año y en las partes bajas de la cuenca se registran 1,593 mm/año. En la cuenca del río Atulapa, la relación entre la precipitación y la altitud permite la modelación con correlaciones lineales, debido a sus efectos orográficos en el desplazamiento de la humedad en la cuenca.

Al igual que en la ciudad de México se demostró con modelos de correlación lineal para la estimación espacial de la precipitación en el valle de la ciudad de México, que proporcionaron información para la simulación de escenarios y la representación espacial de

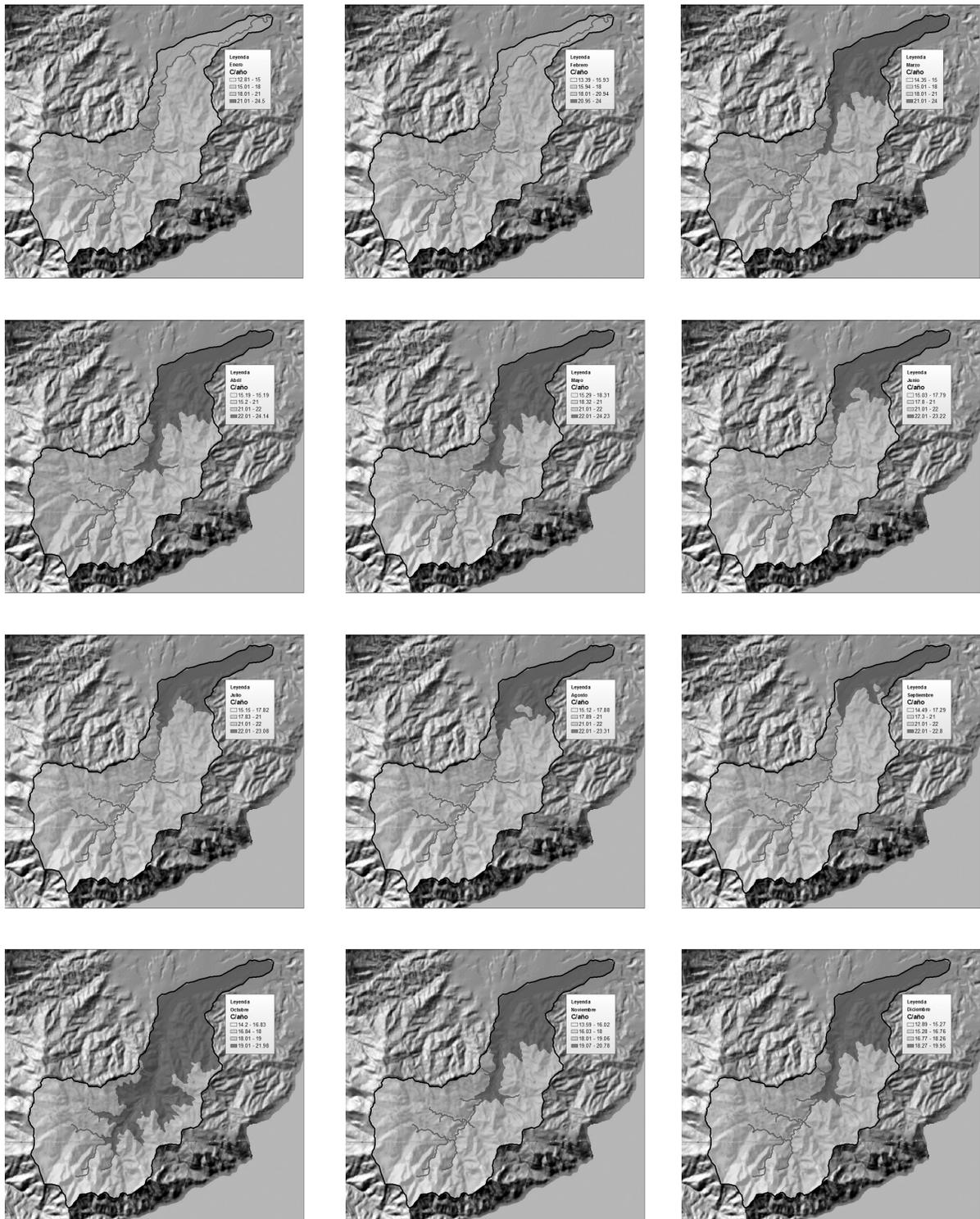


Figura 7. Temperatura media mensual en °C para la cuenca del río Atulapa.

Relación entre Log(Q) y Log (H-Ho)

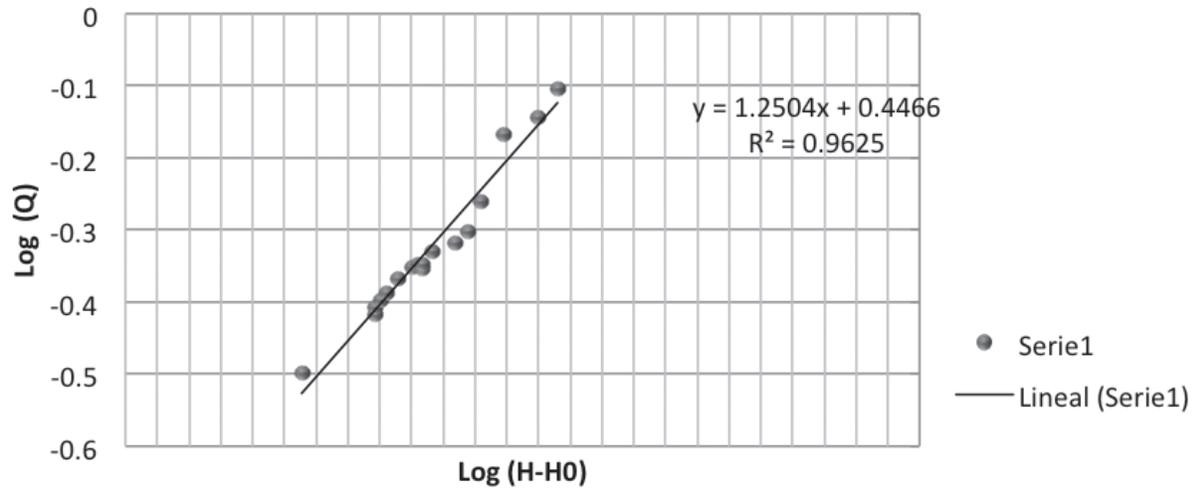


Figura 8. Regresión de log (H-Ho) y log (Q) para aforos año 2012 al 2016.

Curva de calibración de caudales

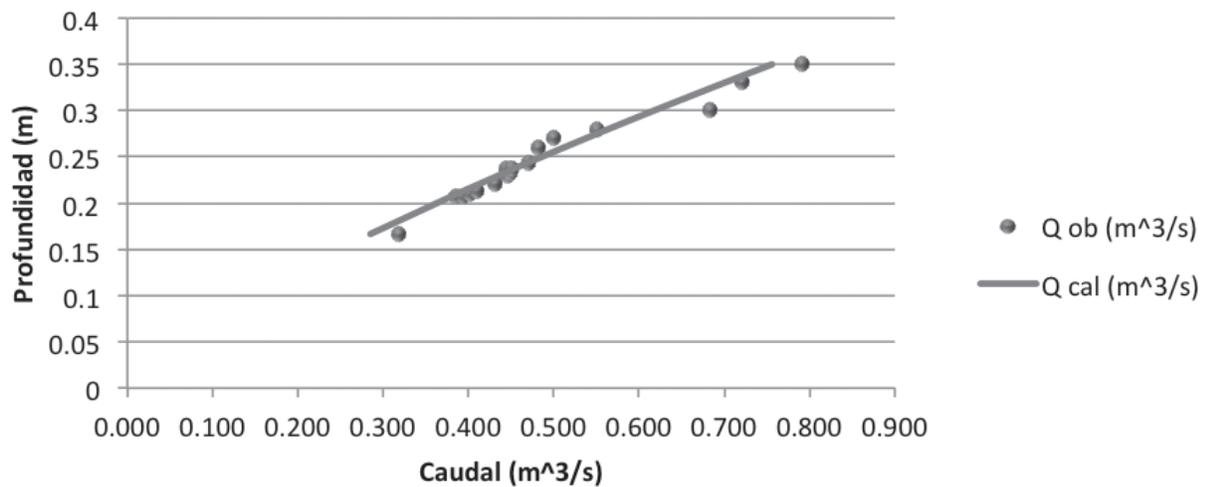


Figura 9. Curva de calibración de caudal (Q) en m³/seg para el año 2012 al 2016.

Tabla 6

Registros de caudales observados y calculados, río Atulapa

Número	H (m)	H-Ho (m)	Q ob (m ³ /s)	Log (H-Ho)	Log (Q)	Q cal (m ³ /s)
1	0.16	0.17	0.318	-0.778	-0.497	0.29
2	0.215	0.21	0.384	-0.685	-0.415	0.38
3	0.216	0.21	0.393	-0.685	-0.406	0.38
4	0.21	0.21	0.402	-0.677	-0.396	0.39
5	0.21	0.21	0.41	-0.671	-0.387	0.39
6	0.22	0.22	0.43	-0.658	-0.367	0.41
7	0.23	0.23	0.445	-0.638	-0.351	0.44
8	0.23	0.23	0.449	-0.632	-0.347	0.44
9	0.24	0.24	0.443	-0.626	-0.353	0.45
10	0.24	0.24	0.45	-0.626	-0.346	0.45
11	0.24	0.24	0.47	-0.614	-0.327	0.47
12	0.26	0.26	0.482	-0.585	-0.317	0.51
13	0.27	0.27	0.5	-0.569	-0.301	0.54
14	0.28	0.28	0.55	-0.552	-0.259	0.56
15	0.3	0.3	0.682	-0.523	-0.166	0.62
16	0.33	0.33	0.72	-0.481	-0.143	0.70
17	0.35	0.35	0.79	-0.456	-0.102	0.76
18	0.4	0.38	0.922	-0.424	-0.035	0.83
19	0.4	0.38	0.936	-0.416	-0.028	0.85
20	0.5	0.46	1.174	-0.334	0.0698	1.09
21	0.5	0.48	1.754	-0.322	0.2439	1.13
22	0.5	0.52	2.11	-0.281	0.3242	1.28
23	0.6	0.57	2.3	-0.247	0.3617	1.42
24	0.6	0.57	2.3	-0.247	0.3617	1.42
25	0.6	0.58	2.45	-0.234	0.3891	1.48
26	0.6	0.6	2.55	-0.222	0.4065	1.53
27	0.7	0.68	2.99	-0.167	0.4757	1.81
28	1.7	1.7	7	0.230	0.845	6.02

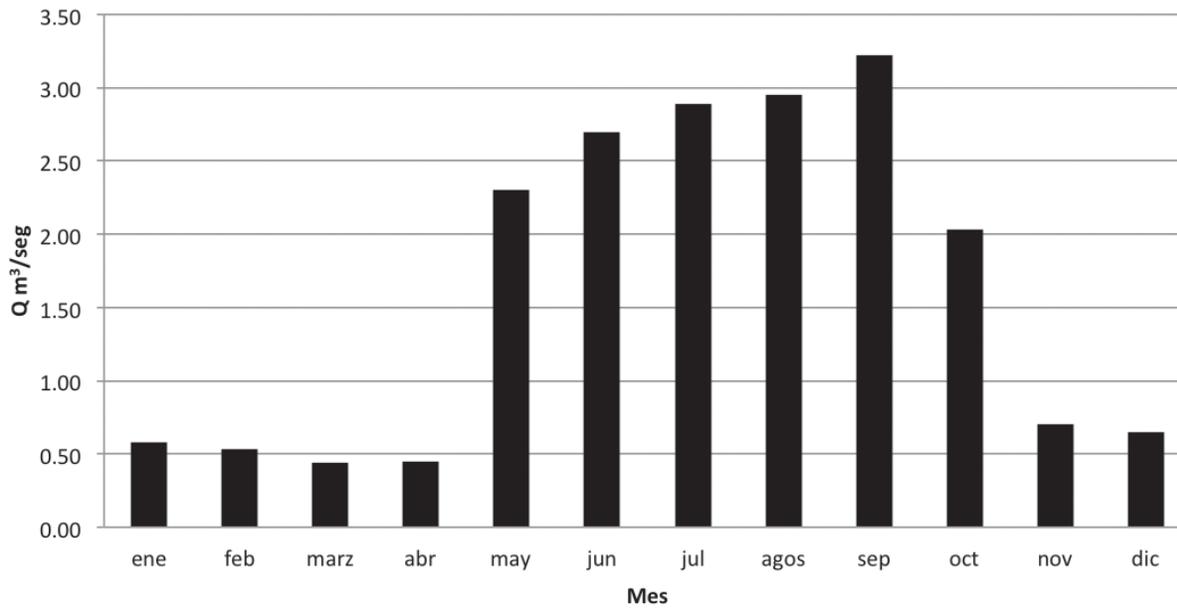


Figura 10. Hidrograma de escorrentía cuenca río Atulapa, caudales medios mensuales para el año 2012 – 2016 en m³/s.

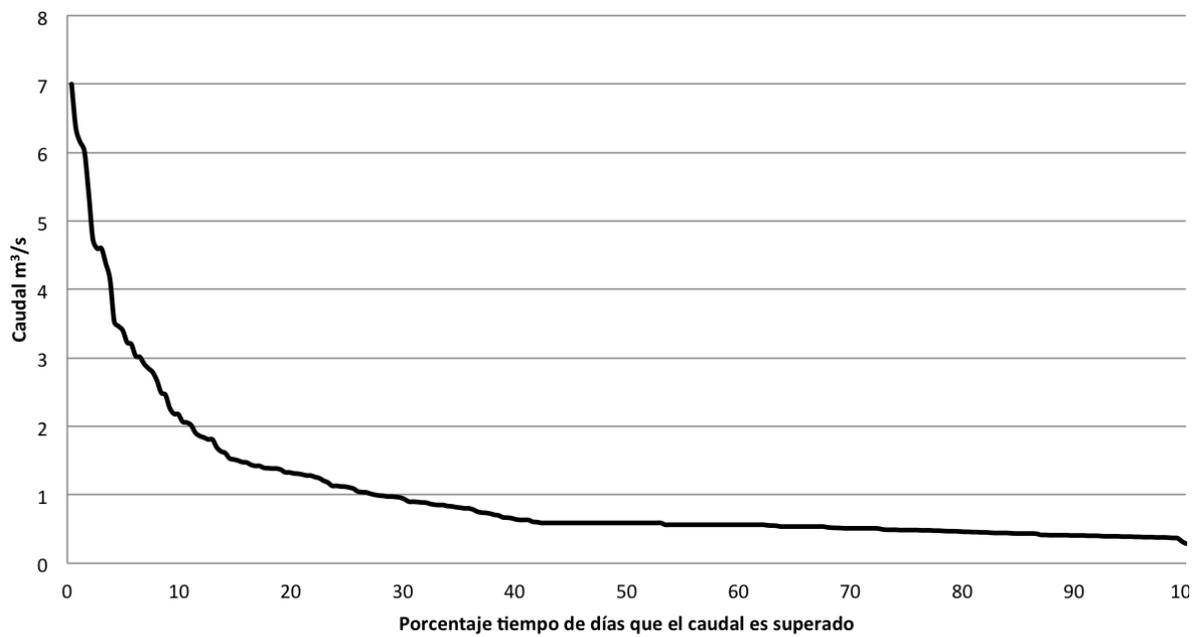


Figura 11. Curva de duración caudal, cuenca río Atulapa, 2012 al 2016.

la precipitación, demostrado por Díaz y colaboradores (2009). A la vez el estudio elaborado por Becerra y Gutiérrez (2006), presentó modelos hidrológicos empleando isoyetas de relieve, para conocer la distribución espacial.

Parte de la infiltración permanece cerca de la superficie de la tierra que a través del flujo hipodérmico emergen en los drenajes intermitentes, acabando como agua superficial (Aguirre, 2008; Linsley, 1967). En la cuenca del río Atulapa algunas aguas subterráneas encuentran grietas en la tierra y emergen como agua superficial, conformando el caudal medio anual de 0.5 m³/seg observándose caudales mínimos de 0.29 m³/seg en los meses de enero a marzo y caudal máximo de 6 m³/seg en agosto.

Las proyecciones de cambios climáticos basados en los registros de temperatura, tienden al ascenso según Anderson y colaboradores (2008), sobre los potenciales impactos al cambio climático describe proyecciones de temperaturas medias para el 2020 de 30.5°C y en el 2080 pueden registrarse datos de 34.5°C. En los registros en la estación de Esquipulas del 1971 al 2015 se observan que la temperatura asciende en un promedio anual aproximadamente 1.5°C en comparación a los registros de los años 70s.

El fenómeno de El Niño y La Niña, han modificado los movimientos de las corrientes marinas por el intercambio de masas de agua cálida y fría, así como el comportamiento de los vientos convergentes en la zona denominada de convergencia intertropical (Instituto de Incidencia Ambiental, 2003). En Centro América y en la zona de El Trifinio, se observan cambios en el comportamiento de la temperatura con tendencia al aumento y precipitaciones con tendencia a la disminución y mala distribución en la cuenca. La Figura 4 representa los eventos El Niño de 1991 y 2016, eventos de intensidad comparable a los de 1982-1983 y 1997-1998. En el siglo XXI hasta el momento, según el Oceanic Niño Index (ONI) de la National Oceanic and Atmospheric Administration (Noaa), se han presentado cinco episodios El Niño en el Pacífico central: dos de intensidad débil para los años 2004-2005 y 2006-2007 y tres de intensidad moderada para 2002-2003, 2009-2010 y 2015-2016 (Universidad Rafael Landívar a través del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente, 2009). La variabilidad de la precipitación entre Esquipulas y Montecristo es de 536 mm/año debido a la diferencia de altitud en m.

El Insivumeh ha reportado cambios en registros históricos de temperaturas y precipitaciones en el te-

rritorio nacional principalmente en eventos extremos como en las tormentas Stan en 2006, Agatha en 2010, 12E 2011 y Earl en 2016 donde las intensidades de las lluvias fueron altas y después de los eventos se registraron temperaturas hacia el ascenso.

Los modelos hidrometeorológicos generados representaron la variabilidad climática en la cuenca en forma bidimensional, permitiendo un control y monitoreo del recurso hídrico en la cuenca, para la planificación del uso sostenible.

Los modelos representan a los meses de enero a abril y de octubre a diciembre, un déficit hídrico correspondiente a los meses de la estación seca, como es común en Guatemala por su posición geográfica extendiéndose en los años del fenómeno de El Niño en las tres primeras semanas del mes de mayo.

En los meses correspondientes a la época lluviosa existe un exceso de humedad, especialmente en la segunda semana de mayo y la segunda semana de octubre. La mayor cantidad de lluvia, entre septiembre y octubre se debe a la ocurrencia de sistemas de baja presión, tormentas, y ciclones tropicales que afectan al país pero en la parte alta de la cuenca se extiende hasta noviembre.

El modelo de escorrentía superficial o curva de calibración, permitió conocer la dinámica de los caudales durante un ciclo hidrológico a través de los hidrogramas y curvas de duración de caudales. Esto permite la planificación de sistemas de captación para la distribución de agua en el Corredor Seco de la región.

Agradecimientos

Al Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, (Fonacyt), por el financiamiento otorgado a través de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Concyt) Fodecyt 47-2011. A la Comisión Trinacional Plan de Desarrollo Regional Integral del Trifinio, por apoyo institucional.

Referencias

- Aguirre, I. Y. (2008). *Apuntes de meteorología y climatología para el medio ambiente*. Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- Anderson, E., Cherrington, E., Flores, A., Pérez, J., Carrillo, R., & Sempris, E. (2008). *Potential impacts of climate change on biodiversity in Central America, Mexico and the Dominican Republic*.

- Panamá: Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe.
- Asociación Mundial para el Agua. (2006). *Situación de los recursos hídricos en Centroamérica; hacia una gestión integrada*. San José, Costa Rica: Asociación Mundial para el Agua, Capítulo Centroamérica.
- Becerra, R., & Gutierrez, A. (2006). Modelación hidrológica empleando isoyetas de relieve, una aproximación geoestadística. En S. Demuth, A. Gustard, E. Planos, F. Scatena, & E. Servat (Eds.), *Climate variability and change hydrological impacts* (pp. 52-62). Wallingford: International Association for Housing Press.
- Belmonte, S., & Núñez, V. (2006). Desarrollo de modelos hidrológicos con herramientas SIG. *GeoFocus*, 6, 11-22.
- Burrough, P. A., & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Bustamante, J. (2003). Cartografía predictiva de variables climatológicas: Comparación de distintos modelos de interpolación de la temperatura en España peninsular. *Graellsia*, 59(2-3), 359-376. doi:10.3989/graelisia.2003.v59.i2-3.252
- Chow, V. T, Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santafé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana.
- Comisión Trinacional Trifinio (2007). *Caracterización y diagnóstico de la cuenca del río Atulapa, municipio de Esquipulas, Chiquimula*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Manejo de Suelo y Agua.
- Díaz, M., Herrera, G., & Valdés, A. (2009). Un modelo de correionalización lineal para la estimación espacial de la precipitación en el valle de la ciudad de México, combinando datos de pluviógrafos con imágenes de radar meteorológico. *Ingeniería Hidráulica en México*, 24(3), 55-62.
- García, M. A. (2010). *Cuenca del río Atulapa*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Guerra V. H., Ferriño A. L., & Cavazos R. A. (2015). *Simulación hidrológica utilizando precipitación asociada a eventos de tipo ciclónico. Caso de estudio cuenca del río La Silla*. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Facultad de Ingeniería Civil. Centro Internacional del Agua, Departamento de Hidráulica.
- Horton, R. E. (1933). The role of infiltration in the hydrologic cycle. *Earth & Space Science News*, 14(1), 446-460. doi:10.1029/TR014i001p00446
- Instituto Geográfico Nacional (2009a). *Hoja cartográfica Cerro Montecristo*, (2359-III, Escala 1/50,000). Guatemala: Autor.
- Instituto Geográfico Nacional (2009b). *Hoja Cartográfica de Esquipulas*, (2359-IV Escala 1/50,000). Guatemala: Autor.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2016). Registros históricos mensuales. Estación Meteorológica Esquipulas, Esquipulas, Chiquimula. Recuperado de: <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorología>
- Linsley, R. K. (1967). The relation between rainfall and runoff. *Journal of Hydrology*, 5, 297-311.
- Mesa O., Poveda G., Carvajal L., & Salazar J. (1994). Influencia de variables macroclimáticas en la hidrología. *Boletín Hidrológico de las Empresas Públicas de Medellín, Colombia*, 3, 25-58.
- Pascual, J. A. (1997). *Cartografía hidrológica mediante SIG: La cuenca del Poyo*. Valencia: Universidad de Valencia.
- Pabón, J., Eslava J., & Gómez R. (2001). Generalidades de la distribución espacial y temporal de la temperatura del aire y de la precipitación en Colombia. *Meteorología Colombia*, 4, 47-59.
- Ponce, V. M. (1989). *Engineering Hydrology: Principles and Practices*. New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs,.
- Pusineri, G., Pedraza, R., & Lozeco, C. (2010). *Uso de modelos digitales de elevación y de sistemas de información geográfica en la modelación hidrológica*. Santa Fé, Argentina: Universidad Nacional de Litoral, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas.
- Santos, E. G. (2017). *Generación y evaluación de un modelo para determinar la disponibilidad del recurso hídrico superficial y efectos del cambio climático en la cuenca del Río Atulapa, Esquipulas, Chiquimula, Guatemala* (FODECYT No. 047). Guatemala: Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (2005). *Balance hídrico integrado y dinámico en El Salvador*. San Salvador: Autor.

Servicio Nacional de Estudios Territoriales. (2016). Registros históricos mensuales. Estación Meteorológica Monte Cristo, El Salvador. Recuperado de <http://www.snet.gob.sv/ver/meteorología>

Universidad Rafael Landívar, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente & Instituto de Agricultura, Ganadería y Alimentación. (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala (2008-2009). Las Señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Guatemala: Autor.

Evaluación de las vulnerabilidades y potencialidades del paisaje en el municipio de Sacapulas, Quiché, Guatemala

The assessment of vulnerabilities and landscape potentials in the municipality of Sacapulas, Quiche, Guatemala

David Barrios^{1*}, Andy Rodríguez¹, Manolo García²

¹Facultad de Arquitectura y ²Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: david.barrios@farusac.edu.gt

Recibido: 18 de abril 2017 / Revisión: 07 de octubre 2017 / Aceptado: 14 de diciembre 2017

Resumen

El departamento de El Quiché forma parte de un corredor seco, el cual limita sus capacidades agrícolas y de desarrollo, al mismo tiempo que posee importantes remanentes de arquitectura residencial tradicional rural de adobe y teja asociados al paisaje del altiplano con elementos representativos del bosque seco y especies endémicas. Estos remanentes han ido desapareciendo y ya son escasos en el país. El presente estudio determinó la vulnerabilidad paisajística desde un enfoque multidisciplinario, por medio de una investigación práctica explicativa. El resultado obtenido fue conocer la vulnerabilidad paisajística del municipio de Sacapulas recabada en cartografía georreferenciada, como una herramienta relevante para la toma de decisiones para proteger y/o potenciar el uso del paisaje con un enfoque de valoración patrimonial y de desarrollo sostenible. Se utilizó para análisis de paisaje la determinación de unidades de características homogéneas y áreas de visibilidad asociada al relieve desde un eje ubicado en la carretera principal, el método de análisis se organizó en tres niveles: (1) elementos primarios de la percepción, (2) de la percepción elaborados para el diagnóstico y (3) de la percepción para la toma de decisión. Dicho proceso utiliza como base cartografía digital georreferenciada. Se obtuvo un mapeo de vulnerabilidad visual y paisajística. El principal resultado es la cartografía que indica las áreas con mayor vulnerabilidad paisajística la cual permite a instituciones y tomadores de decisiones tomar en cuenta el valor paisajístico que esta puede tener en cuanto a ser intervenida en cualquier momento.

Palabras claves: Calidad de paisaje, unidades de paisaje, vulnerabilidad y potencialidad del paisaje, percepción visual

Abstract

The department of El Quiché is part of a dry corridor, which limits its agricultural and development capabilities, at the same time it has important remnants of traditional rural residential architecture of adobe and tile associated with the highland landscape with representative elements of the dry forest and endemic species. These remnants have been disappearing and are already scarce in the country. The present study determined the landscape vulnerability from a multidisciplinary approach, through an explanatory practical investigation. The result obtained was to know the landscape vulnerability of the municipality of Sacapulas collected in geo-referenced cartography, as a relevant tool for making decisions to protect and / or enhance the use of the landscape with a focus on patrimonial valuation and sustainable development. The determination of units with homogeneous characteristics and visibility areas associated with the survey from the main location was used for landscape analysis, the analysis method was organized into three levels: (1) primary elements of perception, (2) perception elaborated for the diagnosis and (3) of the perception for the decision making. This process uses georeferenced digital cartography as a base. A mapping of visual and landscape vulnerability was obtained. The main result is the cartography that indicates the areas with greater landscape vulnerability that allows institutions and decision makers to take into account the landscape value that it can have as soon as it is intervened at any time.

Keywords: Landscape quality, landscape's vulnerability and potentiality, landscape units, visual perception



Introducción

El municipio de Sacapulas ubicado en la parte suroccidental del departamento de El Quiché, posee un importante remanente de vivienda tradicional en adobe y teja integrado a un paisaje montañoso seco. El paisaje integral ha sido valorado como un elemento importante de desarrollo desde hace ya varias décadas (Souto, 2011) en otras latitudes como, España (Marín-Yaseli & Nogués-Bravo, 2001; Silva Pérez, 2014), México (Bollo Manent, Hernández Santana, & Méndez Linares, 2010), Argentina (Ferraro & Zulaica, 2011), Cuba (La O, Salinas, & Licea, 2012) entre otras. Se ha tratado de promover y proteger de su degradación tanto física como cultural la cual muchas veces pone en peligro la calidad visual del mismo. Como apuntan Aguilera, Batista, Bastola y Rojas:

“La degradación reduce la calidad de paisaje entendiendo esta como la principal característica para su conservación y definida sobre las bases de sus valores ecológico perceptivo y cul-

tural. Esta reducción de la calidad del paisaje es proporcional a la intensidad del impacto y está relacionada con el grado de modificación entre otros factores debido al contraste en tamaño forma o color” (2016).

Guatemala no es la excepción viéndose destruidos numerosos paisajes urbanos y rurales que poseían elevado valor patrimonial, histórico y natural. La armonía visual, es decir la tendencia a la integración, interrelación y concordancia de un elemento con otro (Briceño, Contreras, & Owen, 2012) del paisaje natural de Sacapulas, está siendo intervenido por la urbanización no planificada y protagonizada por sistemas constructivos de block y concreto, instalaciones de vallas publicitarias, eléctricas y de telecomunicaciones, entre tantas más, que están poniendo en riesgo su calidad paisajística. Como se puede entender al leer a Sánchez (2007) la falta de planificación rural y urbana, la urbanización no planificada y la consecuente pérdida de la calidad paisajística, son resultado de la no existencia de políticas que las contrarresten, falta de control y presencia

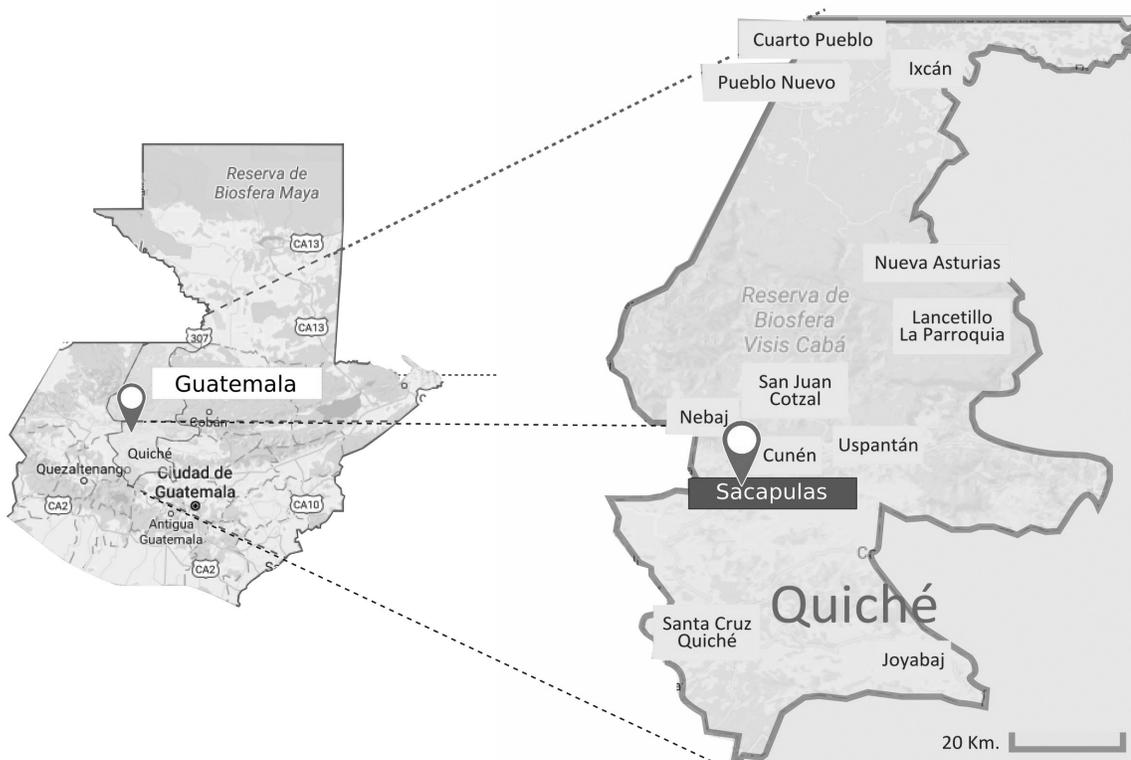


Figura 1. Ubicación del municipio de Sacapulas, Quiché, Guatemala.

por parte del estado, falta de reglamentación que haga cumplir aquellas pocas políticas relacionadas.

Por medio de esta investigación, la Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac) aporta información georreferenciada y jerarquizada de elementos con potencialidad y con deterioro paisajístico, usando como eje de análisis la carretera principal que atraviesa el municipio. Para Sacapulas y otras regiones interesadas, a futuro, es útil como insumo técnico para la toma de decisiones para proteger y/o potenciar el uso del paisaje con un enfoque de valoración patrimonial y de desarrollo sostenible. El paisaje es determinante para la calidad de vida social. Por ello, la innovación metodológica de este estudio y el uso de sus resultados puede posicionar a Sacapulas como un municipio vanguardista en la planificación de su entorno escénico, en pro de la calidad de vida de sus pobladores y sin dañar su patrimonio natural o cultural, principal eje económico del lugar.

Materiales y métodos

Delimitación geográfica

El área de estudio abarca todo el municipio de Sacapulas (Figura 1), sin embargo, según el método las unidades se analizaron por visibilidad desde la carretera principal que atraviesa la zona urbana de Sacapulas y que comunica a Santa Cruz del Quiché y Nebaj.

La metodología utilizada fue una adaptación de tres niveles propuestos por Gómez (2012).

Nivel 1. Elementos primarios de la percepción

Como primer paso se llevó a cabo la delimitación de las unidades del paisaje utilizando como base el método semi-automatizado sugerido por Priego, Bocco, Mendoza y Garrido (2008).

Posteriormente se estimó el área aproximada de cada una en km² (Tabla 1). Complementariamente, se llevó a cabo el conteo de viviendas y templos a partir de sus características culturales basadas en materiales, orden, ritmo, técnica, forma, orientación, modularidad habitacional, agrupación funcional, arqueología; relación con su época de construcción y uso, principalmente religioso, entre otras. Esto se hizo por medio de fotografías satelitales planas en blanco y negro, trabajadas por georreferenciación en el programa abierto Google earth (s.f.) con velocidad de animación de vuelo me-

dia, configurado a kilómetros y metros, con un zoom de capacidad en pantalla de 1.2 km. a 4.5 km, para el análisis y una aproximación de pantalla que abarcó hasta 10 km para los polígonos de síntesis de conteos, geo referenciando cada elemento antrópico, utilizando archivos KML, se tomaron 20 gráficas de síntesis de conteo cuya síntesis se encuentra en la Tabla 2.

Además, existen elementos como bodegas y baños de vapor que no se contabilizaron. Las áreas urbanas solo fueron tomadas en cuenta como manchas con valor visual para el método de este estudio, y separando el ordenamiento territorial del urbano. Se recorrieron los puntos clave de la carretera para documentar con video y fotografía los lugares. Los hallazgos y metodología se validaron con especialistas. El método se adaptó a las herramientas digitales disponibles como Arcgis (Environmental Systems Research Institute [Esri], 2012), a los indicadores y parámetros existentes en el país, y con las distintas disciplinas del equipo, en campo se adaptó por medio personal bilingüe y local, los resultados se discutieron de forma multidisciplinaria en una presentación de resultados ante representantes de distintos centros de investigación.

Nivel 2. Elementos primarios de la percepción elaborados para el diagnóstico

Se analizó la visibilidad usando el programa Arc Map versión 10, las herramientas *Cost Distance* (costo por distancia) y *Viewshed* (cuenca visual) de la extensión *Spatial Analyst* (Esri, 2012) se calculó la distancia desde la carretera hacia todo el municipio y la visibilidad desde la carretera, respectivamente. Cada uno de estos mapas fue reclasificado en categorías en una escala de uno a cinco y posteriormente fueron sumados en un mapa de visibilidad. Por medio de matrices y pobladores, también se valoraron los elementos antrópicos significativos ubicados según los 16 puntos del eje de análisis, con potencial emisor de vistas: puntos valiosos del relieve desde donde la penetración visual es mayor. Esta valoración se enfocó en el razonamiento de la vida local y su historia, relación con su entorno, edad y género. La calidad de las unidades estuvo acotada por las distancias corta, mediana y lejana en los distintos planos visuales cercanos, medios o lejanos; por morfología y visibilidad del relieve. El análisis psicosemiótico se realizó a partir de varios aspectos técnicos de color, alfabetidad visual, de composición y otros elementos escénicos, para construir los perfiles de valoración “me gusta” y “no me gusta” de las fotografías de los paisa-

Tabla 1

Unidades de paisaje visibles desde la carretera para el municipio de Sacapulas y su extensión aproximada

Unidad	Sub unidad	Disección vertical	Descriptor	%	Extensión (km ²)
I		Montañas medianamente diseccionadas	Chuacús 1	27.32	89.17
II		Montañas medianamente diseccionadas	Cuchumatanes	25.26	82.46
III	A	Montañas medianamente diseccionadas	Chuacús 2	40.13	131.01
	B	Montañas medianamente diseccionadas	Chutixtiox	0.10	0.33
	C	Montañas fuertemente diseccionadas	Alta pendiente	0.35	1.14
IV	A	Montañas ligeramente diseccionadas	Río Negro 1	2.82	9.21
	B	Planicies acolinadas fuertemente diseccionadas	Río Negro	0.21	0.68
	C	Montañas ligeramente diseccionadas	Río Negro 3	2.36	7.71
V		Montañas ligeramente diseccionadas	Río Negro 2	1.34	4.36
VI		Montañas ligeramente diseccionadas	Rancho de teja	0.12	0.38
		total		100.00	326.45

Tabla 2

Totales de cantidad de vivienda por material de construcción

Unidad	Teja	%	Lámina	%	Losa	%	Total	%
1	208	19	414	14	46	14	668	15
2	256	23	901	31	87	27	1,244	29
3	145	13	353	12	10	3	508	12
4	331	30	1,027	35	176	54	1,534	35
5	158	14	195	7	8	2	361	8
6	17	2	14	0	0	0	31	1
	1115	100	2,904	100	327	100	4,346	100

Nota. En todos los polígonos visibles en patrón disperso.

jes muestra. Estas fotografías contienen hasta 80 descriptores y consisten en vistas de paisajes con distintas características como por ejemplo con vegetación o sin ella permitiendo a la persona escoger fácilmente.

Posteriormente se preguntó: ¿Por qué le gustaron más las fotografías que eligió así...? y ¿por qué le gustaron menos las fotografías que eligió así...? ...de un grupo de 10 imágenes seleccionadas aleatoriamente para cada informante, de un banco de más de 50 fotografías. Esto permitió identificar los paisajes con potencial y sin potencial, respectivamente. Dos estudios piloto de 40 personas cada una, validaron la eficacia del proceso anterior y proporcionaron una varianza de 0.18 para el cálculo muestral a partir de población de 42 mil personas, 5% de confiabilidad, 10% de error. Dada la alta heterogeneidad que representa esa varianza se optó por estimar directamente con el máximo de 0.5:0.5 equivalente a 0.25.

La muestra calculada fue de 96. La segregación fue por edades en clases de edad de 10 años en adelante, por bloques de escolaridad, por el último nivel cursado: primaria, secundaria, diversificado, universidad o superior e igual proporción entre mujeres y hombres. Se incluyeron personas de lugares aledaños a Sacapulas. Pero, por la homogeneidad de sus respuestas con los lugareños, se sumaron para formar una muestra común. Lo anterior se comparó con los análisis de las vistas georreferenciadas; con los elementos primarios de la percepción elaborados para el diagnóstico y elementos antrópicos significativos, nivel 2, para construir los perfiles.

Nivel 3. Elementos primarios de la percepción para la toma de decisión

Se estimó el índice de calidad visual intrínseca del paisaje, con base en la metodología empleada por Paz, Escribano, López y Sánchez (2005) compuesta por los factores (a) vegetación y uso del suelo, (b) agua superficial, (c) incidencia antrópica y (d) singularidad. Por último, se asignaron valores proporcionales de acuerdo a la visibilidad (áreas muy visibles = 100%, visibles = 50% y poco visibles = 25%). El análisis y geoposicionamiento de elementos antrópicos significativos se realizó a partir de los polígonos clasificados por nivel de visibilidad en el nivel 2, a partir de fotografías satelitales (Tabla 2), para cruzar la información de visibilidad con el nivel de pertenencia a la tradición arquitectónica.

Se estimaron los índices de fragilidad por (a) movimiento, (b) exposición visual, y (c) cobertura

del suelo, los cuales componen al integrarse el índice de fragilidad por factores biofísicos. Este índice fue combinado con el índice de fragilidad por factores de visibilidad compuesto por (a) intervisibilidad y (b) accesibilidad, utilizando como base la metodología de valoración empleada por Paz y colaboradores (2005). Al mapa resultante se le asignaron valores proporcionales de acuerdo a la visibilidad (áreas muy visibles = 100%, visibles = 50% y poco visibles = 25%).

Resultados

Luego del método aplicado se obtuvieron resultados que ahora se organizan también en los tres niveles que lo componen y pueden visualizarse en la cartografía que se elaboró.

Nivel 1. Elementos primarios de la percepción.

Se delimitaron seis unidades de paisaje para los paisajes del área de estudio en el municipio de Sacapulas (Figura 2).

La superficie del paisaje sacapulteco está dominado por zonas montañosas (Unidades 1, 2 y 3) con áreas de menor pendiente en partes altas (Unidades 5 y 6) y otras asociadas al río Negro a una menor altitud (Unidad 4). Las viviendas son los elementos antrópicos más abundantes y pueden contarse según las características antes mencionadas como: tradición arquitectónica de teja y adobe, 1,209 unidades compuestas de varios módulos y anexos; elementos antrópicos pro tradición, 306 unidades que integran cada una varios módulos. Hay 669 unidades de concreto reforzado. Todas estas unidades se identificaron solo en las cuencas visuales del eje de análisis. Se ubicaron templos cristianos y sitios arqueológicos (Tablas 2 y 3).

Nivel 2. Elementos primarios de la percepción elaborados para el diagnóstico.

En el análisis espacial de visibilidad se estimaron las áreas de mayor visibilidad desde la carretera principal para el municipio de Sacapulas (Figura 3) la cual se constituyó en el eje de análisis de las unidades. El área de alta visibilidad con mayor extensión se ubica en zonas montañosas correspondientes a la Unidad 2. Estas zonas montañosas son visibles desde varias partes del recorrido hacia el poblado de Sacapulas. Además de

Tabla 3
 Cuento de elementos antrópicos significativos en unidades de paisaje

Unidad	Nivel Visibilidad	Templos	Sitios Arqueológicos
1	Visible	9	
	Poco visible	3	
2	Muy visible	5	
	Visible	7	
	Poco visible	5	
3	Muy visible	2	
	Visible	1	
	Poco visible	2	1
4	Visible	1	
	Poco visible	6	4
5	Muy visible	1	

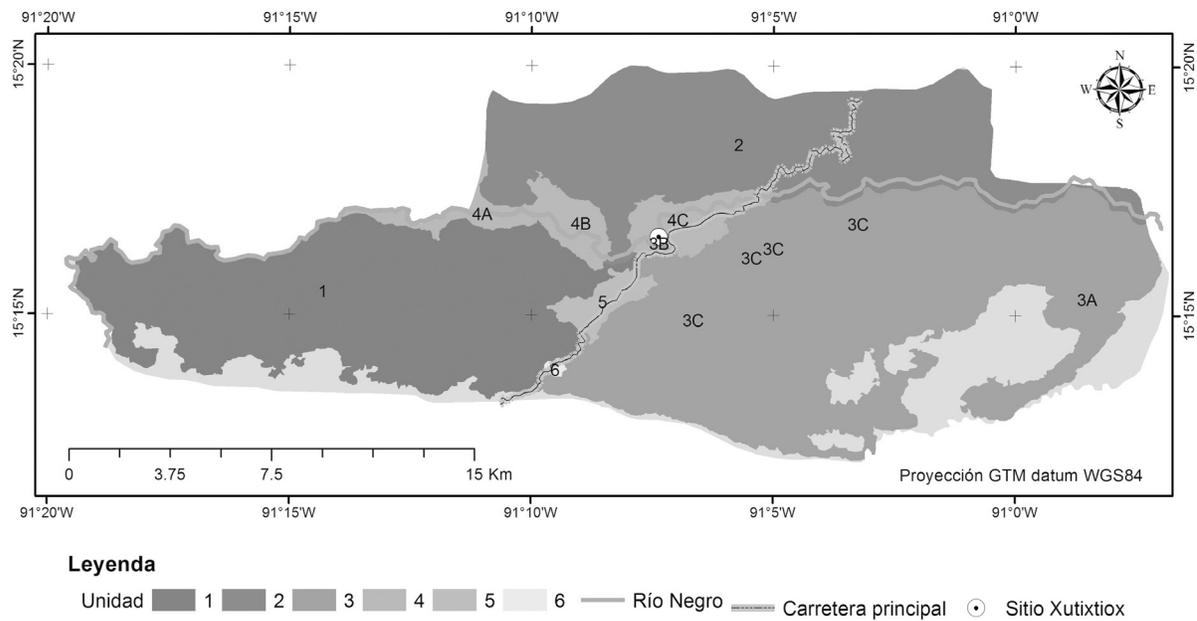


Figura 2. Unidades de paisaje para el municipio de Sacapulas. Cada unidad representa un color y las subunidades se representan con letras (A-C).

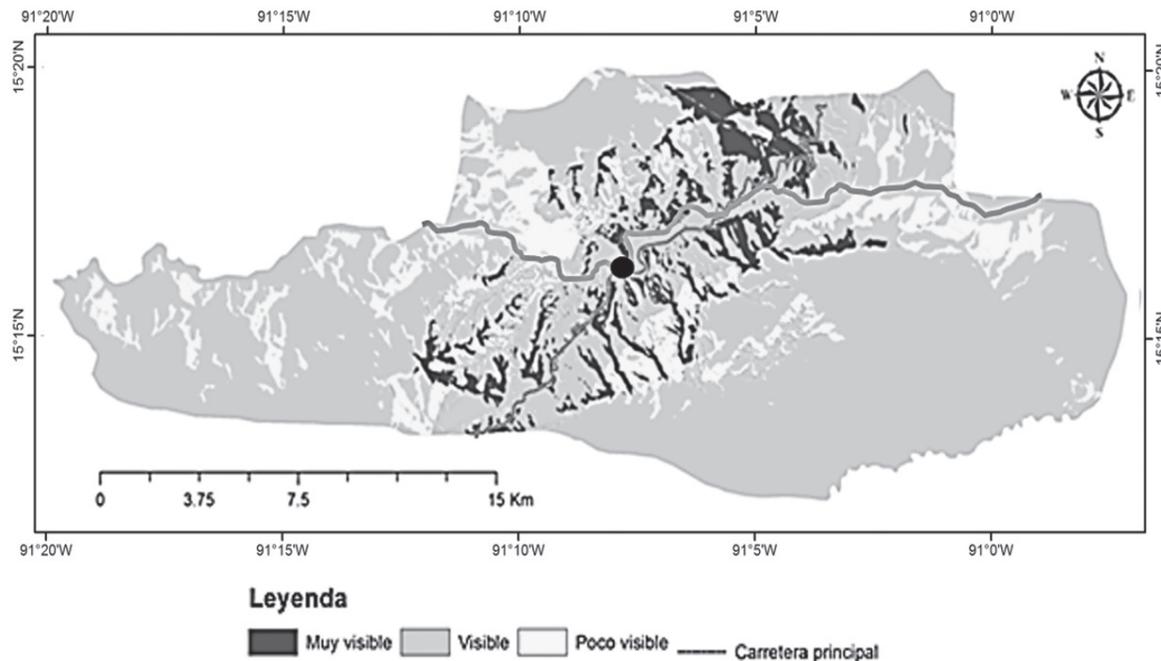


Figura 3. Visibilidad desde la carretera principal para el municipio de Sacapulas.

los elementos residenciales se georreferenciaron los visibles de tipo religioso y arqueológico. En las unidades ambientales uno y dos existen una mayor cantidad de templos y alcanzaron mayor nivel de valor por singularidad por estar en polígonos clasificados como visibles o muy visibles (Tabla 3). La valoración de singularidad por existencia de sitios arqueológicos en las unidades fue baja, ya que la mayoría no son visibles desde el eje de referencia y solo se sabe que están ubicados en todas las unidades de análisis, excepto el sitio arqueológico representativo por excelencia y cuyo asentamiento natural es pronunciadamente visible en la unidad 3, la ciudad fortaleza postclásica de Chutixtiox, rodeada por el río y por pronunciadas pendientes en tres de sus lados, forma un cerro de marcada notoriedad. En el lugar se realizan ceremonias de la religión ancestral.

Nivel 2. Análisis psicosemiótico.

El contraste entre las respuestas "Me gusta" y "No me gusta" obtuvo una proporción 0.3 - siendo las proporciones resultantes 0.6 y 0.3, respectivamente, para 50 (96%) de las 52 imágenes muestra (Figura 4).

Solo a partir de las primeras se pudo elaborar el perfil (de potencialidad), dada la homogeneidad de sus

características (Tabla 4), con intervalos de confianza IC 95% [0.52, 0.58]. Las proporciones más importantes fueron: Preferencia por el color cian grisáceo, medio oscuro; por el paisaje natural, con una frecuencia absoluta de 95 (96%), $p = .96$ IC 95% [0.88, >1], punto focal de las imágenes con una frecuencia absoluta de 86 (90%), $p = .9$ IC 95% [0.82, 0.98] de elección y a nivel general con una frecuencia absoluta de 77 (80%), $p = 0.8$ IC 95% [0.72;0.88]; frecuencia absoluta de 53 (55%), $p = 0.55$ IC 95% [0.47, 0.63] de predilección por las líneas de fuerza inclinadas, respecto a la frecuencia absoluta de 38 (40%), $p = 0.4$ IC 95% [0.32; 0.48] de la horizontalidad de lectura visual esperada en un paisaje. La preferencia por los altos contrastes de luz con una frecuencia absoluta de 53 (55%), $p = 0.55$ IC 95% [0.47;0.63]. La mayoría de elementos descriptibles como paisaje en la mitad inferior del plano de visión. Las visuales preferidas por la muestra son aquellas con relieve menos inclinado, con una mayor amplitud visual y que integran varios planos visuales, estando el observador situado en un área plana. El observador prefiere que lo que ve tenga riqueza de relieve y con riqueza de elementos naturales incluyendo pendientes fuertes de medianos y altos contrastes de luz. Lo que más prefirieron está entre cuatro y cinco planos de profundidad con tendencia a cuatro. Las tensiones dominantes por líneas

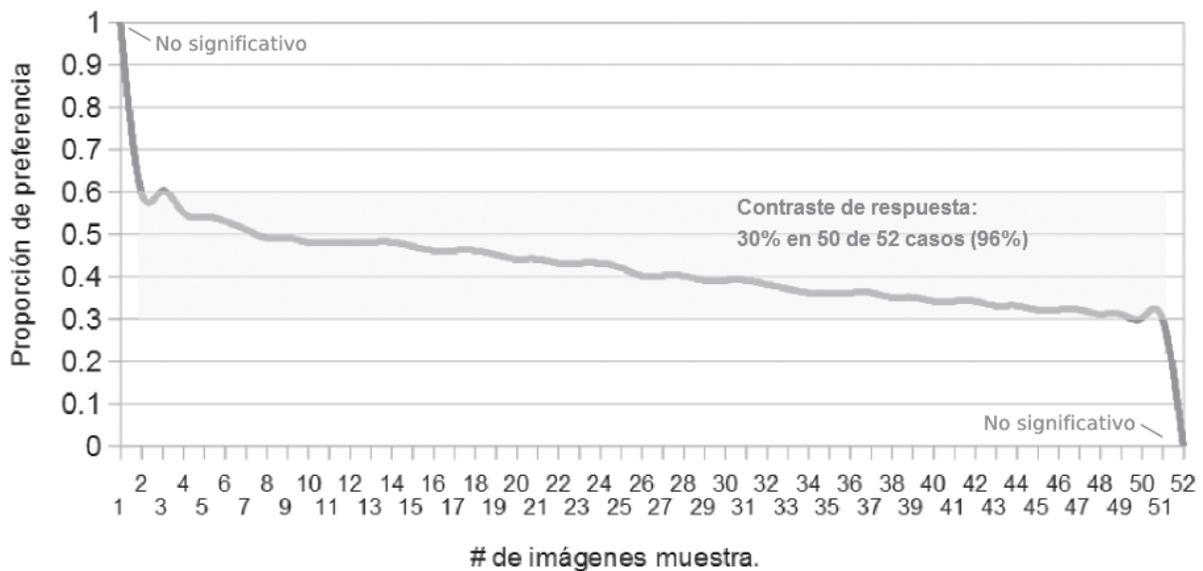


Figura 4. Proporción de preferencia de imágenes muestra.

Tabla 4

Análisis de cromático, a partir de histograma Cielab, para imágenes valoradas como paisaje

Color	Media (Desv. estándar)	Varianza	Coefficiente de variabilidad
L	61 (14)	196	0.23
a	-3 (9)	81	3
b	-8 (5.66)	32	0.71

Nota. Color L, de 0 a 100: obscuridad a claridad perceptuales, respectivamente. Color a, de -128 a +128: verde a rojo perceptuales, respectivamente. Color b, de -128 a +128: azul a amarillo perceptuales, respectivamente. Equivalencias en sistema HSB, donde H=Hue (Matiz), S=Saturation (Saturación), B=Brightness (Brillo): H=207° (Cíán), S=17% (Grisáceo), B=64% (Obscuro-medio)

de perspectiva y formas irregulares, fueron de 49 (51%), $p = 0.51$ IC95% [0.43;0.59] y 43 (45%), $p = .45$ IC 95% = [0.37;0.53] respectivamente. La heterogeneidad de la evidencia cuantitativa de las variables psicosemióticas, invalidaron la construcción del perfil de vulnerabilidad. Sin embargo, se identificó 50 (52%), $p = .52$ IC 95% [0.44; 0.6] de rechazo por la deforestación, erosión y sinónimos. Además, una proporción de 37 (38%), $p = 0.38$ IC 95% [0.3;0.46] de menosprecio por la presencia de contaminación. Para los informantes, se refiere a basura, principalmente. Las respuestas de los profesiona-

les fueron escasas, por el bajo número de especialistas en el tema y también muy variables, desestimando su valor como resultado.

Nivel 3. Elementos primarios de la percepción para la toma de decisión.

Estimación de la calidad visual intrínseca. De acuerdo a la metodología propuesta se estimó el índice para las unidades de paisaje visibles desde la carretera

principal (Figura 3). Las áreas de mayor calidad están dominadas por zonas montañosas con cobertura de bosque de pino-encino ubicadas en las Unidades 1, 2 y 3 (Figura 2). La subunidad 3B correspondiente al cerro donde ubica el sitio arqueológico Chutixtiox también presenta una alta calidad visual intrínseca. Es decir que posee alta valoración en los factores vegetación y uso del suelo, agua superficial, incidencia antrópica entre otros. Análisis de elementos antrópicos significativos (Nivel 3). Las unidades que más elementos antrópicos relacionados a la tradición arquitectónica presentan en polígonos con alta visibilidad son: 4, 2, 5 y 3 respectivamente. Como polígonos con visibilidad están las unidades: 4, 2, 3 y 1. Se puede ver como en cuanto a contener elementos antrópicos las unidades más importantes son las unidades 4, 2 y 1 pues aparecen las primeras dos en los primeros lugares y la 1 que aparece en los tres siempre a diferencia de otras que solo aparecen en uno o dos clasificaciones.

Con base en la estimación realizada las áreas con mayor fragilidad visual corresponden a zonas montañosas en las Unidades 1, 2 y 3, zonas de menor pendiente en partes altas en las Unidades 5 y 6, así como zonas

asociadas al río Negro que son visibles desde la carretera en la Unidad 4 (Figura 5).

Discusión

Nivel 1. Elementos primarios de la percepción.

Una parte importante de los resultados se presentan como cartografía, por su fácil acceso a los técnicos de las instituciones y comunidades, relacionados al tema y, de quienes se espera el uso de los mismos, distinto de otras herramientas en formatos escritos o en tablas como los planes de desarrollo municipales (Secretaría General de Planificación Nacional & Consejo Municipal de Desarrollo de Cuicuilco, 2010). Sacapulas tiene una importante cantidad de elementos habitacionales antrópicos de la tradición local y regional vernácula. Desde el punto de vista de la disciplina de la arquitectura y el ordenamiento territorial es importante preservar su existencia no solo como valor de identidad de las comunidades locales sino como un elemento único por su combinación con el entorno paisajístico,

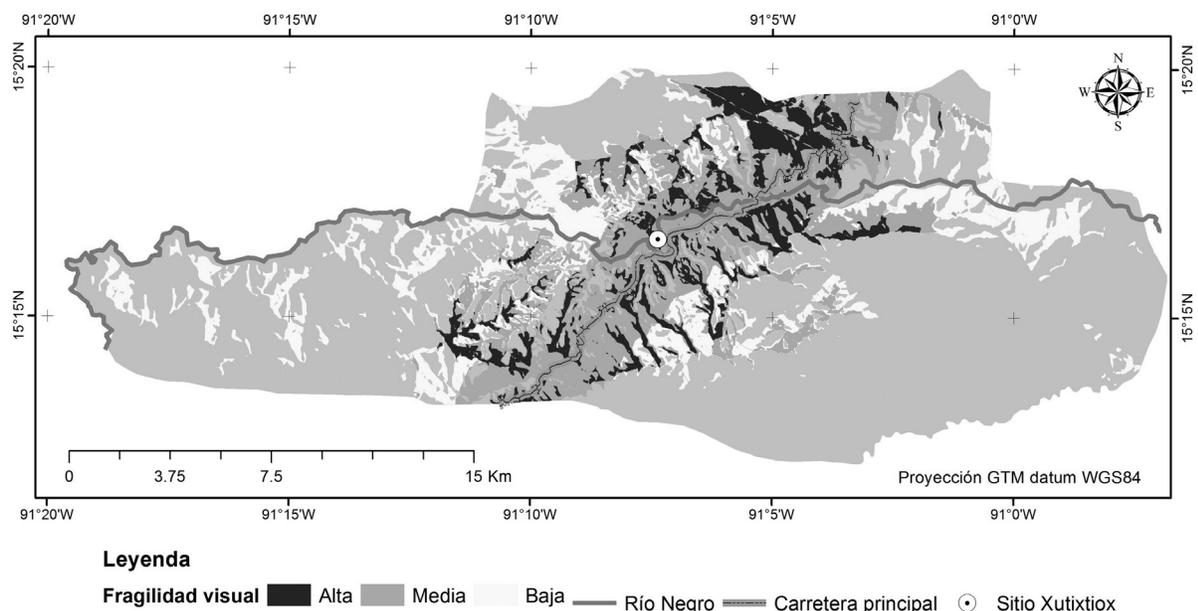


Figura 5. Índice de fragilidad visual

combinación que, según algunos autores debe ser total e integral (Másmela, 2010).

La cantidad de elementos habitacionales recientes y actuales que se adapta de diversas maneras a las características de la tradición arquitectónica local es significativa ya que cuenta con 4,019 de 4,346 viviendas (Tabla 2) por lo que el paisaje a pesar del limitado nivel de desarrollo humano que implica rezago en diversos sectores como se menciona en su Informe Anual 2012 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD, 2012), presenta un alto nivel de unidad tanto en técnica constructiva como en el aspecto formal, recurso paisajístico con el que otras regiones ya no cuentan.

El geoposicionamiento de los elementos antrópicos es un paso valioso en la consideración del paisaje, debido a sus elementos tangibles, cuantificables y localizables. Estos son importantes, no sólo por su utilidad habitacional para los pobladores, sino por representar la interpretación social del entorno, a través de soluciones técnicas, interpretaciones formales y distribuciones espaciales. Es decir, permiten el reconocimiento de las características del grupo social por medio de sus rasgos. El alto porcentaje de elementos antrópicos pertenecientes o relacionados a una tradición arquitectónica puede interpretarse como una oportunidad de gestión a causa

de unidades que deben ser valoradas dentro de la larga lista de municipios del país, donde el haberlos perdido ha significado la desvalorización paisajística. La pérdida de grandes grupos representativos contenedores de valores culturales debe ser detectada por las distintas ciencias y disciplinas. Basta ver como entornos con calidades tradicionales de arquitectura han sido protegidas y han significado desarrollo humano y económico para sus comunidades (Cano, 2006).

Nivel 2. Elementos primarios de la percepción elaborados para el diagnóstico.

En cuanto a los resultados obtenidos en este nivel podemos decir que la valoración dada a los elementos antrópicos *in situ* por personas locales y técnicos del equipo enriqueció los resultados y su análisis. Sin embargo, no siempre la diferencia entre las opiniones, permitieron elaborar conclusiones polarizadas. Por ejemplo, el 0.3 de contraste entre las preferencias y las no preferencias de los paisajes no permitió elaborar conclusiones significativas para el posterior Nivel 3: toma de decisiones. De acuerdo con lo anterior, tampoco el perfil de características de potencialidad paisa-

Tabla 5
Proporción (p) de componentes alfabéticos visuales, para imágenes valoradas como paisaje

Componente	f	%	Componente	f	%	Componente	f	%	Componente	f	%
CV1	92	96	LF5	0	0	PD2	1	1	3DA3	2	2
CV2	0	0	LF6	0	0	PD3	0	0	VL1	19	20
CV3	4	4	PP1	0	0	PD4	0	0	VL2	24	25
PF1	86	90	PP2	1	1	PD5	0	0	VL3	53	55
PF2	0	0	PP3	19	20	PD6	79	82	MA1	0	0
PF3	1	1	PP4	24	25	3DN1	25	26	MA2	0	0
LF1	38	40	PP5	29	30	3DN2	58	60	MN1	0	0
LF2	0	0	PP6	14	15	3DN3	13	14	MN2	0	0
LF3	53	55	PP7	0	0	3DA1	11	11	TG1	0	0
LF4	5	5	PD1	8	8	3DA2	9	9	TG2	0	0

Nota. Nomenclatura: CV#, contenido visual; PF#, punto focal; LF#, líneas de fuerza; PP#, planos de profundidad; PD#, planos de detalle visibles; 3DN#, textura natural; 3DA#, textura artificial; VL#, volumen; MA#, movimiento artificial; MN#, movimiento natural; TG#, tipografía en escena.

Tabla 6
Proporción (p) de aspectos compositivos visuales, para imágenes valoradas como paisaje

Componente	f	%	Componente	f	%	Componente	f	%	Componente	f	%
XY1	92	96	SM1	0	0	TN1	1	1	TN5	2	2
XY2	0	0	SM2	0	0	TN2	0	0	TN6	19	20
XY3	4	4	RA1	0	0	TN3	0	0			
XY4	86	90	RA2	1	1	TN4	0	0			

Nota. Nomenclatura: XY#, peso cartesiano; SM#, simetría; RA#, regla de aire; RN#, tensión

jístico (Tablas 5 y 6) tendría valor significativo para la interpretación, a pesar de la cantidad de variables independientes que contiene. Sin embargo, como una matriz innovadora, sí es importante metodológicamente y se recomienda aplicarla en estudios futuros para que motive a la exploración y el mejoramiento de los mismos.

Los resultados a partir de las respuestas abiertas de porqué gustaron o no las imágenes seleccionadas por los encuestados, indican la apreciación de la naturaleza en los paisajes, entre ellos el paisaje forestal y libre de contaminación, refiriéndose principalmente a basura expuesta (Figuras 6 y 7).

Este resultado tiene varias explicaciones: (a) La interiorización del paisaje verde en los juicios de valor positivos de la gente, dada las características de “lugareños” de la mayoría de la población informante. (b) La posible conexión de los elementos naturales con el inconsciente colectivo de la población a través del arquetipo de la madre, citado por Jung (1959), que hace referencia a la necesidad innata del ser humano de estar aferrado a algo, y que daría lugar a la resignificación de los componentes del entorno natural inmediato como entes poderosos, dadores, preservadores y/o protectores de la vida. “...el pueblo sacapulteco tiene la creencia de que en la montaña habitan los espíritus, esto ha sido transmitido de nuestros abuelos”, relató J. Vásquez (comunicación personal, 2016), promotor cultural. Esta descripción sustenta esa explicación dicotómica entre lo atractivo y lo terrible de la figura maternal que ama y reprende al mismo tiempo: atracción y temor en una sola figura. (c) El éxito de las campañas de comunicación que a través de los años se han sumado al bombardeo psicológico masivo de reforestar, no talar, cuidar el ambiente, sembrar árboles, entre otras.

El deterioro ambiental es una crisis mundial que casi ha convertido al árbol en el arquetipo moderno de la salvación del planeta, como catalizador del agua,

oxígeno, biodiversidad y salud de los suelos, necesarios para la preservación de la vida. Las campañas de comunicación que han sensibilizado al respecto, también han mal informado acerca de otras formas de conservación de la vida, también naturales. Un ejemplo de estas campañas es la que lanzara la Organización No Gubernamental Alternativa en Peru en el 2010: 10 000 compromisos por el agua. Analizando la preferencia de imágenes con bosques de color verde, resalta el valor por los bosques de pino-encino, en contraste con el de los bosques secos que presentan tonalidades opacas y una estructura vertical de menor altura. El desconocimiento de la riqueza natural de los bosques secos puede influir en que estos no sean apreciados positivamente de la misma manera que otros ecosistemas. En el estudio de Véliz y Méndez (2008) se documentaron 287 especies pertenecientes a 73 familias de plantas, para este ecosistema en el área de estudio, incluyendo a los arbustos *Verbesina guatemalensis* Donn. Sm. y *Zexmenia phyllocephala* (Hemsl.) Standl & Steyerl, especies endémicas de las regiones semiáridas de Guatemala.

La calidad visual depende de la capacidad de cada elemento para diferenciarse dentro de otros. La proporción de 0.55 de preferencia por paisajes con altos contraste de luz reafirman esto como “potencial paisajístico”, provocando los mejores avistamientos en horas más cercanas al crepúsculo y al ocaso; contrario a las horas cercanas al medio día (12:00 h.) cuando la volumetría de los elementos lucirá aplanada. A mayor contraste, mayor tensión perceptual y más probabilidad agrado y mejor apreciación de la tridimensionalidad del espacio. Dicha tensión se reforzará en lugares con líneas de perspectiva y formas irregulares evidentes (0.51 y 0.45).

El dominio de pesos visuales en la mitad inferior del área de visión podría ser obvio por ser paisaje el objeto de estudio. Sin embargo, la omisión de la descripción del cielo en las respuestas en favor y en contra

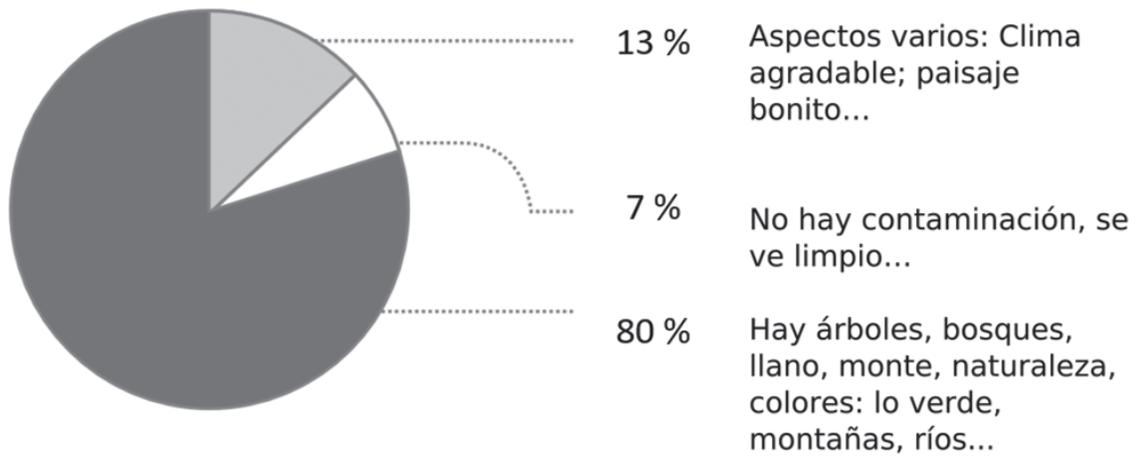


Figura 6. Porcentaje de cualificadores de potencialidades del paisaje.

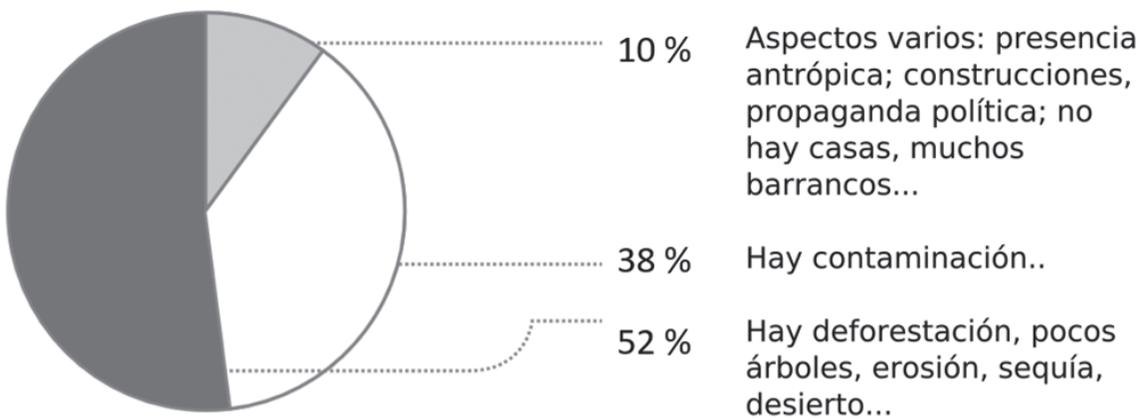
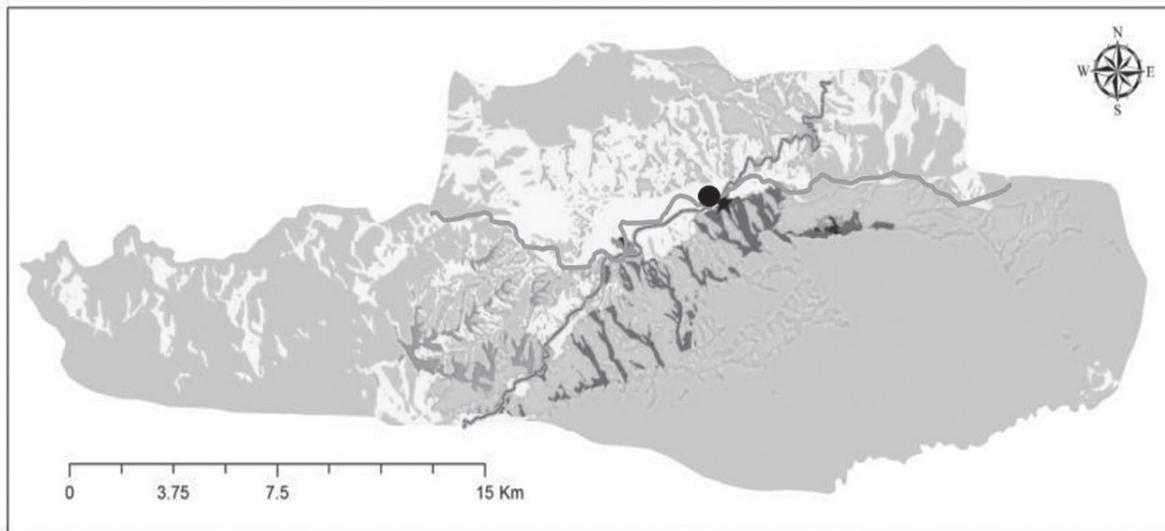


Figura 7. Porcentaje de cualificadores de vulnerabilidades del paisaje.

resalta que no se percibe visualmente como elemento estético, atencionalmente.

La simetría visual fue casi nula, con un insignificante apareamiento al recorrer visualmente las imágenes horizontalmente, de poco valor para la discusión. Las visuales preferidas son aquellas con relieve menos inclinado, con mayor amplitud visual y con varios planos visuales, siempre que el observador esté en un área plana. El observador prefiere ver la riqueza del relieve y

de elementos naturales incluyendo laderas de montañas con juegos de luz y sombra. Lo que más prefirieron está entre cuatro y cinco planos de profundidad con tendencia a cuatro. La fotografía que se ve en la Figura 8 carece de valor relacionarla a un punto exacto en el territorio y para la toma de decisiones. También para elaborar conclusiones contundentes respecto a la no preferencia debido a la presencia de propaganda política (*Guatemaltecos se unen y piden la renuncia del presidente*, 2015). La presencia de propaganda del



Leyenda

Calidad intrínseca Baja Media-baja Media Media-alta Alta Carretera Sacapulas

Figura 8. Índice de calidad visual intrínseca por unidad de paisaje.



Figura 9. Baranda de puente con aplicación de colores y emblemas de progaganda con fondo depaisaje característico sacapulteco que integra al rio Negro, símbolo del lugar..

partido oficial puede llegar a sesgar la opinión de los informantes.

Para valorar la calidad del paisaje se obtuvieron resultados para las seis unidades por medio de matrices. Estos resultados, al igual que los de la fragilidad visual no representaron ninguna contradicción entre los parámetros usados y factores culturales locales, situación que favoreció la metodología aplicada. Todos estos elementos están relacionados en el campo de la estética ambiental, dentro del proceso o programas en los que este estudio se enmarca (Álvaro, Garrido, & Torregrosa, 1996). Los resultados obtenidos al aplicar el método debido a que en Sacapulas, la comunidad define a las montañas y a los puntos elevados del territorio como lugares donde habitan los espíritus (J. Vázquez, comunicación personal, junio 2015) y fuerzas sobrenaturales muy respetadas, lo cual implica una valoración hacia el relieve pronunciado, por lo cual no modificaron los parámetros originales planteados por la metodología en puntos básicos como aquellos que indican que un relieve con elevaciones tiene más valor que uno plano. Al contrario, parece converger, por eso no hay necesidad de aclarar los resultados de las valoraciones en ese sentido: las montañas.

Así mismo para la etnia sacapulteca han sido lugares preservados para la recarga hídrica por lo que han evitado su ocupación, sin embargo, esta visión no ha sido respetada por nuevos habitantes pertenecientes a otras etnias, específicamente la etnia quiché, llegados en décadas recientes. Para fines de este estudio, por ejemplo, los sacapultecos valoran también la cobertura vegetal y la variedad de la misma, así como la presencia de cuerpos de agua y la cantidad en la que se encuentra, esto para mencionar y valorar las condiciones locales en que se da el estudio. Los análisis de visibilidad aquí son un elemento básico a tomar en cuenta en la consideración visual del paisaje y su manejo estratégico, donde un sector evidente es el turístico, sin embargo, lo es también para otros no tan evidentes por plantear los diferentes grados de visibilidad y por ende de capacidad de acogida que tienen la visualización del entorno. Con dicho análisis los tomadores de decisiones y la comunidad en general cuentan con los puntos exactos del territorio o del paisaje, desplegados en material una cartografía espacialmente explícita. Esto permitirá actuar tomando en cuenta las características del entorno exactamente ubicadas consultables en los documentos cartográficos. Esto se hace en otros países ya como una práctica bien establecida y que beneficia los procesos de toma de decisiones e intervenciones en el paisaje. (Gómez, 2012). La valoración más elevada dada a las

unidades 5 y 4 se debe a la cercanía de cuerpos de agua a dichas unidades en donde la presencia del río Negro es cercana y facilita muchas de las actividades necesarias para la vida al mismo tiempo que crea un entorno más verde que se expresa en la presencia de elementos vegetales como el bosque de galería y mosaicos de cultivos, debiendo recordarse que la característica de presencia vegetal forestal fue uno de los aspectos más valorados en el estudio psico semiótico, además de haber sido 2015 un año de sequía (ONU, 2015).

Nivel 3. Elementos primarios de la percepción para la toma de decisión:

Elementos antrópicos habitacionales: Los cálculos por medio de ordenador han arrojado un nivel de calidad intrínseca (Figura 8) constituido por otros análisis los cuales han sido confirmados por las observaciones de la población.

El elemento vegetal es uno de los más importantes para el sostenimiento de la calidad que ahora arrojan los datos. La calidad calculada para el nivel de intervención humana dentro del paisaje debe verse como un dato que cambiará debido a la necesidad de la población de acceder a soluciones habitacionales y alta tasa de natalidad del lugar, las cuales implican el aumento de cobertura de otra serie de infraestructura. El municipio tuvo un 35.94 contra un 24.5 para la República (Instituto Nacional de Estadística, 2015). Con solo estos dos aspectos comentados ya se puede prever una variación lógica de la calidad visual en el territorio. Si el uso del paisaje se limitara a visualizarlo no se tendría mayor degradación, pero ni siquiera usos amigables o de bajo impacto como el turismo pueden ser considerados tan inocuos y por otro lado la urbanización, una actividad en constante crecimiento, es una de las actividades humanas que más dañan el territorio después de la minería a cielo abierto como lo deja ver Preul (2001).

En la localidad existe un elevado manejo de publicidad por parte de empresas, grupos e instituciones, situación constante que rebasa las coyunturas como el período electoral que se estaba dando durante el desarrollo de la investigación. En tal sentido, es importante para futuras investigaciones, determinar el nivel de valor o antivalor que la gente provee a dicha publicidad. Deberán incluirse otros análisis para valoración de focos de basura, presencia de animales domésticos, salvajes o vectores; estado de la infraestructura urbana y domiciliar; presencia de torres o antenas repetido-

ras de frecuencias, cableado eléctrico, drenajes u otros sistemas expuestos visualmente. Es evidente que los mecanismos atencionales del ser humano hacen intangibles los elementos de cada composición que carecen de interés o utilidad en el momento de la lectura de un paisaje. Estos mecanismos de “ceguera por desatención”, como los llaman Kolb y Whishaw (2006), se activan cuando la atención está focalizada en otra tarea priorizada por su importancia, simbolismo o utilidad. Por ejemplo, la captación de elementos que gustan de una escena sucede mientras se omiten perceptualmente otros “sin importancia”, como las infraestructuras urbanas. La Figura 9 ilustra este fenómeno.

Esta escena ocupó el tercer lugar de preferencia, a pesar de tener en primer plano la baranda de concreto de un puente pintado con propaganda. Dicho esto, ya sea por legislación o por la ventaja del funcionamiento de la atención humana o tantos procesos cognitivos más, el paisaje demanda protección real, por lo que los hallazgos deben incorporarse a la planificación territorial local en cuanto sea posible, antes de perder vigencia.

Lo más importante son las conclusiones que puedan repercutir en decisiones políticas en instancias como la reunión del Consejo Internacional de Museos (ICOM), en Milán, Italia, llevada a cabo en julio de 2016, donde se tratan temas como el paisaje cultural, tema vigente en Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) o en instancias locales como el Ministerio de Cultura y Deportes de Guatemala, en donde pueden hacerse declaraciones de región como paisaje cultural: una declaratoria oficial de protección dentro de la legislación de patrimonio y en alguna unidad técnica en de la municipalidad de Sacapulas, en la Facultad de Agronomía, para que se involucre más con las unidades técnicas de las municipalidades, para que conozcan el potencial de sus municipios (Porras, Comunicación personal, octubre 2015):

Por lo anterior es urgente una Ley de Ordenamiento Territorial resaltando la importancia de este tipo de estudios como insumos para las instituciones y tomadores de decisiones que tengan incidencia en la valoración, reglamentación y cuidado el paisaje. Dicha ley debería incluir indicadores sobre (a) vegetación y uso del suelo, (b) agua superficial, (c) incidencia antrópica y (d) singularidad. Lo anterior es importante sobre todo en cuanto a potenciales de uso de suelo si se tiene identificado en todas las unidades el potencial de la actividad turística debido a la carretera de baja velocidad con importantes puntos emisores de visuales. Existen

actividades que son evidentemente aconsejables por su bajo impacto en el entorno como: hospedaje, servicios de guía, senderismo peatonal y ciclístico, observación de aves y mamíferos endémicos, observación del bosque seco que posee cactáceas, además las unidades 1, 2 y 3 tienen potencial para manejo forestal siempre y cuando este sea consecuente con las condiciones locales. El turismo comunitario es una de las principales actividades aconsejadas, ya que, tanto por la parte de arquitectura como por la parte de la biología encuentran aquí un importante remanente de elementos con potencial en los diferentes capitales de desarrollo. Se debe tener en cuenta que El Quiché, es uno de los departamentos con más bajo índice de desarrollo humano en Guatemala (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2012).

Como se mencionó al principio, las consideraciones de lo paisajístico en estos últimos años pasan por la atención al aspecto de la gestión, sin el cual resultados de investigaciones o legislación no podrían articularse con la práctica. En este importante aspecto entonces se puede decir que los resultados de este estudio cumplen con el aspecto planteado en la carta Iberoamericana del Paisaje (Unesco, 2012) en los aspectos como documentar el paisaje y sus vulnerabilidades a través de una rigurosa recopilación accesible. En cuanto a esto, se debe decir que aquí se logró proporcionarla de manera atractiva por medio de la cartografía de un GIS, generando herramientas de diagnóstico, desarrollo y evaluación que integra la visión técnica con el sentir de las comunidades. También se debe decir que se han aplicado instrumentos de análisis bajo los criterios de visibilidad y sostenibilidad para que los tomadores de decisiones puedan incidir en el nivel de desarrollo de la población, integrando estos resultados en la práctica del ordenamiento territorial consecuente con valores geomorfológicos, medio ambientales, bióticos, sociales y culturales que sufren agresiones constantemente a veces simplemente por la inexistencia de los más básicos planes de intervención. Como menciona dicha carta, es necesario contar con las miradas especializadas para la conservación y la erradicación de la pobreza.

En este estudio participaron actores locales que buscan la integración de acciones públicas que incluyan su visión, cooperantes, diversas instituciones, actores sociales insertos en la gestión de paisajes, como municipalidad y universidad para compartir responsabilidades y apoyos. La visión de los actores locales es importante pues integra la relación histórica y actual del grupo social la cual muchas veces no está incluida

en metodologías foráneas o técnicas. En la metodología, se tomó en cuenta la sostenibilidad para plantear la vulnerabilidad como determinante del paisaje. Se valoraron los patrimonios paisajísticos culturales y naturales para la toma de decisiones, dando importancia a la gestión independiente de los ciclos electorales, y así garantizar su permanencia y estabilidad. Se entendió la globalización como un agente reductor de elementos de identidad, y ya que esta se expande, es importante la protección del paisaje cultural. Para la sostenibilidad, se resaltó la importancia de la planificación, así como la generación de indicadores para monitoreo de cambios. Por tal motivo, es vital el compromiso de los actores sociales. Como los tomadores de decisiones locales tanto públicos como privados, es decir profesionales de la planificación en municipalidades y ministerios, desarrolladores de turismo o de las cámaras que aglutinan empresas etc.

Por último, los resultados de este trabajo atienden a lo planteado en el II Encuentro Iberoamericano del Paisaje (Unesco, 2012), que reconoce al paisaje como importante para el desarrollo integral y sostenible de la población, mejora de su calidad de vida y reforzamiento de su identidad con los antecedentes de las cartas Latinoamericanas del paisaje, Carta Argentina del Paisaje, Carta Costarricense del Paisaje, Carta Mexicana del Paisaje, Carta Brasileña del Paisaje.

Agradecimientos

Esta investigación fue cofinanciada por Digi-Uasc-2015, Proyecto: 4.8.63.227.

Referencias

- Arc Map (versión 10) [Software de computación]. California : ESRI.
- Aguilera, I., Batista, Y. Bastola, S., & Rojas, L. (2016). Impacto visual generado por la explotación minera en el yacimiento Punta Gorda, Moa. *Minería y Geología*, 32, 144.
- Álvaro, J. L., Garrido, L., & Torregrosa, J. R. (1996). *Psicología social aplicada*. Madrid: McGraw Hill.
- Alternativa. (2010). Campaña 10,000 compromisos por el agua. Recuperado de <https://10000compromisosoporelagua.wordpress.com/>
- Briceño, M., Contreras, W., & Owen, M. (2012). Atributos eco-estéticos del paisaje urbano. *Luna Azul*, 34, 26-49.
- Bollo Manent, M., Hernández Santana, J. R., & Méndez Linares, A. P. (2010). Evaluación de potencialidades naturales en el ordenamiento ecológico territorial: Noroeste del Estado de Chiapas, México. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 53, 191-218
- Cano, N. (2006). Paisaje y desarrollo sostenible. El ejemplo de la implantación de la agenda 21 en las zonas rurales de Bizcaia. *Kobie Antropología Cultura*, 12, 71-86.
- Environmental Systems Research Institute. (2012). *ArcGIS: Release 10.1*. Redlands, California: Autor.
- Ferraro, R., & Zulaica, L. (2011). Potencialidades y limitaciones ambientales en el área de interfase urbana-rural de la ciudad de Mar del Plata (provincia de Buenos Aires, Argentina): Una contribución al ordenamiento territorial. *Revista Geográfica de América Central*, (Número Especial EGAL), 1-19.
- Guatemaltecos se unen y piden la renuncia del Presidente. *Prensa Libre*. Recuperado de <http://www.prensalibre.com/guatemala/politica/mas-de-100-mil-guatemaltecos-piden-la-renuncia-de-perez-molina>
- Google. (s.f.). [dirección de Google Maps para ??,??]. Recuperado de August 4, 2015, de <https://goo.gl/maps/ILt8O>
- Gómez, A. (2012). El paisaje: Diseño de una metodología para su análisis, planificación e inclusión en los procesos de toma de decisiones (Tesis de doctorado). Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/13532/2/ALEJANDRO_GOMEZ_VILLARINO_2.pdf
- Instituto Nacional de Estadística. (2015). República de Guatemala: Estadísticas demográficas y vitales 2014. Guatemala: Autor
- Jung, C. G. (1959). Volume 9.1: The Archetypes of the collective unconscious. En C. G. Jung, *Obra completa*. 1934-1954. Recuperado de <https://archive.org/stream/collectedworksof91cgju#page/n3/mode/2up>
- Kolb, B., & Wishaw, I. (2006). *Neuropsicología humana*. Madrid: Médica Panamericana.
- La O, J. A., Salinas, E., & Licea, J. E. (2012). Apli-

- cación del diagnóstico geocológico del paisaje en la gestión del turismo litoral. Caso Destino Turístico Litoral Norte de Holguín, Cuba. *Investigaciones Turísticas*, 3, 1-18.
- Marín-Yaseli, M., & Nogués-Bravo, D. (2001). La potencialidad turística del medio natural en El Lic de las sierras ibéricas riojanas mediante evaluación multicriterio. *Zubia Monográfico*, 13, 227-240.
- Másmela, P. (2010). *El paisaje como elemento de ordenación territorial. Un análisis de paisaje desde su enfoque visual en el borde centro oriental de Medellín, Colombia* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Arquitectura, Medellín.
- Paz, M., Escribano, R., López, R., & Sánchez, P. (2005). *Cartografía del paisaje de la comunidad autónoma de La Rioja*. España: Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de <http://www.larioja.org/territorio/es/ordenacion-territorio-urbanismo/paisaje/estudio-cartografia-paisaje-enciclopedia-pag29>
- Preul, H. C. (2001). Control de contaminación del agua. En J. Spiegel, & L. Y. Maystre (Eds.), *Control de la contaminación ambiental* (55.26-55.38). Madrid: Ministerio Trabajo.
- Priego, A., Bocco, G., Mendoza, M., & Garrido, A. (2008). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes: Fundamentos y métodos* (Serie Planeación Territorial). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2012). *Informe Desarrollo Humano sobre Guatemala*. Guatemala: Autor.
- Sánchez, D. (2007). Nuevos retos de la planificación territorial y desarrollo sostenible en México: Una perspectiva comparada. *Convergencia*, (47), 320.
- Secretaría General de Planificación Nacional & Consejo Municipal de Desarrollo de Cuicuilco. (2010). *Plan desarrollo municipal Cuicuilco, Huehuetenango*. Guatemala: Autor
- Silva Pérez, R. (2014). Caracterización de paisajes en pequeñas y medianas ciudades. Propuesta metodológica aplicada a Constantina (Sierra Norte de Sevilla). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 64, 297-319.
- Véliz, M., & Méndez, C. (2008). *Análisis comparativo de la diversidad florística y endemismos de la zona semiárida de Guatemala* (FODECYT No. 2006-27). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad Ciencias Químicas y Farmacia.

Demencia en enfermos renales crónicos mayores de 55 años en Guatemala: prevalencia y factores asociados

Dementia in patients with chronic kidney disease older than 55 years in Guatemala: prevalence and associated factors

Amarilys Alarcón-Calderón*, Carmen de Tercero, Rodrigo Aguilar, Melany Tablas, Ismar López-Murales, Emma Montejo-Camposeco.

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: ama.alarcon@gmail.com

Recibido: 16 de febrero 2017 / Revisión: 05 de junio 2017 / Aceptado: 02 de octubre 2017

Resumen

La demencia es un desorden que se caracteriza por un deterioro progresivo que limita la funcionalidad del individuo. Se han postulado varios factores de riesgo independientes para su desarrollo, entre ellos la enfermedad renal crónica. Se realizó un estudio transversal en 328 participantes mayores de 55 años, para determinar la prevalencia de demencia y los factores asociados en pacientes con enfermedad renal crónica. La función cognitiva de los participantes fue evaluada con la prueba cognitiva Montreal y el cuestionario de actividad funcional de Pfeffer. Se obtuvieron datos acerca de comorbilidades, valores de hemoglobina, creatinina sérica, índice de masa corporal y presión arterial. Se realizó un análisis descriptivo de la muestra, estimación de la prevalencia de demencia y determinación de la asociación de factores de riesgo con el desarrollo de demencia por medio de regresión logística. El 16.6% de los sujetos fueron clasificados con demencia, IC 95% [12.82, 21.11] y 47.0% con deterioro cognitivo leve, IC 95% [41.54, 52.51]. Se encontró asociación positiva entre demencia y edad (OR 1.10, IC 95% [1.05, 1.15], $p < .001$), diabetes (OR 3.25, IC 95% [1.62, 6.50], $p = .001$), y antecedente de trauma craneoencefálico (OR 3.28, IC 95% [1.18, 9.09], $p = .022$). La asociación fue negativa con hemoglobina (OR 0.71, IC 95% [0.58, 0.88], $p = .002$) y tabaquismo (OR 0.31, IC 95% [0.13, 0.78], $p = .012$).

Palabras claves: Disfunción cognitiva, diálisis peritoneal, diálisis renal, fallo renal crónico, función ejecutiva

Abstract

Dementia is a disorder characterized by progressive cognitive impairment, which limits the functionality of the affected individuals. Several independent risk factors have been postulated for its development, including chronic kidney disease. A cross-sectional design was performed in 328 subjects over 55 years old to determine the prevalence of dementia and associated risk factors in patients with chronic kidney disease. Two tests were administered to evaluate cognitive function: Montreal Cognitive Assessment and Pfeffer Functional Activities Questionnaire. Data of comorbidities, hemoglobin, serum creatinine, body mass index and blood pressure was collected. A descriptive analysis of the sample was performed, prevalence of dementia was estimated and associated factors were analyzed with a logistic regression model. 16.6% of subjects were classified as demented, whereas 47.0% had mild cognitive impairment. Significant association was found between: dementia and age (OR 1.10 CI 95% [1.05,1.15], $p < .001$), hemoglobin (OR .71 [.58, .88], $p = .002$, diabetes (OR 3.25 [1.62,6.50], $p = .001$), smoking (OR .31 [.13, .78], $p = .012$) and traumatic brain injury (OR 3.28 [1.18, 9.09], $p = .022$).

Keywords: Cognitive impairment, peritoneal dialysis, hemodialysis, chronic renal disease, executive function



Introducción

La enfermedad renal crónica (ERC) se define como una tasa de filtrado glomerular menor a 60 mL/min por 1.73 m² o daño renal durante tres o más meses (National Kidney Foundation, 2002). Es un problema creciente a nivel mundial, con una prevalencia estimada de hasta 13%. En los últimos años, el número de enfermos renales crónicos ha ido en aumento, lo cual es una consecuencia y un reflejo del cambio de perfil epidemiológico de la población. El 20% de los pacientes con ERC terminal provienen de países en vías de desarrollo, donde se espera un aumento desproporcionado de casos (Jha et al., 2013).

En el 2013 se reconoció la ERC como un problema significativo de salud pública en Centroamérica que requiere acciones urgentes (Pan American Health Organization, 2013). En Guatemala, esta enfermedad cobra cada vez más importancia. En el 2014, la prevalencia de ERC fue de 5.4 por cada 100,000 habitantes con un incremento del 52% en comparación con la prevalencia reportada en el 2008 (Centro Nacional de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, 2015). Según los datos de la Unidad Nacional de Atención al Enfermo Renal Crónico (Unaerc), en ese mismo año se recibieron 1,653 pacientes nuevos (2015).

Además de los factores de riesgo tradicionales para el desarrollo de ERC (diabetes, hipertensión arterial), en Guatemala y otros países de Centroamérica se ha descrito la nefropatía mesoamericana. Esta se presenta en pacientes jóvenes agricultores de las áreas costeras, de sexo masculino. La ocurrencia de este tipo de nefropatía causa que el perfil epidemiológico de los pacientes con ERC sea distinto a otros países (Correa-Rotter, Wesseling, & Johnson, 2014; Laux, Barnoya, Guerrero, & Rothstein, 2015).

La evidencia epidemiológica sugiere que los pacientes con ERC tienen un mayor riesgo de desarrollar desórdenes neurológicos y demencia. Esta relación se explica en parte por las características anatómicas compartidas entre el riñón y el cerebro, así como la susceptibilidad a lesiones micro vasculares. Los pacientes con ERC tienen lesiones isquémicas subclínicas a nivel cerebral, lo que explica en parte el deterioro cognitivo (Etgen, 2015; Shen, Ruan, Yu, & Sun, 2016). Sin embargo, la enfermedad renal crónica se asocia a demencia independientemente del daño a la microvasculatura (Yamamoto et al., 2011).

Se han propuesto hipótesis sobre los mecanismos directos en los que la ERC afecta la función y morfología cerebral, y por ende la cognición. Además, la dis-

función renal provoca la acumulación de toxinas neurotóxicas (Bugnicourt, Godefroy, Chillon, Choukroun, & Massy, 2013). La evidencia sugiere que la modalidad de tratamiento de la ERC terminal (diálisis peritoneal y hemodiálisis) puede tener consecuencias en la cognición (Lin et al., 2015; Wolfgram, Szabo, Murray, & Whittle, 2015).

En comparación con las personas que tienen la misma edad, los pacientes que padecen de ERC, principalmente en su etapa final, tienen una prevalencia mayor de alteraciones cognitivas y una caída más rápida de sus funciones cognitivas, fenómeno que se apoya en muchos de los factores de riesgo que tienen los enfermos renales crónicos (Lin et al., 2015). La presencia de demencia ha sido asociada a una mayor tasa de complicaciones y mortalidad en esta población (Wolfgram et al., 2015).

En Guatemala, no se ha estudiado la demencia en pacientes con ERC terminal. Por lo anterior, se realizó un estudio transversal con el objetivo de estimar la prevalencia de demencia utilizando pruebas neurocognitivas y determinar factores asociados en pacientes con ERC por medio de un modelo de regresión logística.

Materiales y métodos

Sujetos de estudio

Pacientes con ERC, mayores de 55 años, con al menos dos meses de estar bajo tratamiento con hemodiálisis o con diálisis peritoneal en Unaerc, durante los meses de febrero a mayo de 2016. Los pacientes con alteración del estado de alerta o dificultades para interactuar con el medio fueron excluidos.

Metodología

Se realizó una investigación con enfoque cuantitativo de diseño transversal en una muestra de 328 participantes. La muestra fue calculada para población infinita, con una prevalencia esperada de 30 y precisión deseada de 5%, con una confianza del 95%. Se seleccionó a los participantes por medio de muestreo sistemático, con los listados de pacientes citados a consulta externa como marco muestral. Se registraron las características demográficas de los mismos (sexo, edad, años de escolaridad y lugar de procedencia).

Se realizó a los sujetos de estudio la Prueba Cognitiva Montreal (Tiffin-Richards et al., 2014) en su versión en español (MoCA-S) (Gil, Ruiz, Gil, Romero, & Pretelt, 2015). Seguidamente se realizó el cuestionario

de actividades funcionales de Pfeffer (FAQ), adaptado al español (Quiroga, Albala, & Klaasen, 2004). Esta prueba sirve para evaluar la capacidad de los individuos para realizar actividades de la vida cotidiana, basándose en respuestas de informantes, por lo general familiares o personas que vivan con los pacientes.

Luego se procedió a la toma de presión arterial con esfigmomanómetro aneroide, y de medidas antropométricas (peso, talla, y cálculo de índice de masa corporal [IMC]) para evaluar la presencia de obesidad (IMC mayor o igual a 30 kg/m²).

Posteriormente se revisaron los expedientes clínicos de los sujetos de estudio y se obtuvieron los datos de tipo de terapia renal sustitutiva, antecedentes de: diabetes, hipercolesterolemia, hipertensión arterial, tabaquismo, alcoholismo, trauma craneoencefálico; valores más recientes de hemoglobina y creatinina sérica.

Clasificación

La demencia se caracteriza por deterioro en la cognición que disminuye la funcionalidad de los individuos (Asociación Americana de Psiquiatría, 2013). La cognición se evaluó con la prueba MoCA-S y la funcionalidad con el FAQ. Tomando en cuenta ambos criterios, se clasificó a los participantes tres grupos, dependiendo de los resultados obtenidos: cognición normal (ambos resultados normales), deterioro cognitivo leve (MoCA-S anormal y FAQ normal) y demencia (ambas pruebas anormales).

Análisis de datos

Se hizo un análisis descriptivo de la muestra (media y desviación estándar para las variables cuantitativas; proporciones para las variables cualitativas), con el software EpiInfo versión 7.1.5.2. Para las variables alcoholismo, diabetes, hipercolesterolemia, hipertensión arterial, obesidad, tabaquismo y antecedente de trauma craneoencefálico, se determinó su asociación como posibles factores de riesgo de demencia. Se estimaron las respectivas razones de posibilidades (*odds ratio [OR]*) por medio de un modelo de regresión logística, con intervalos de confianza del 95%.

Consideraciones éticas

Inicialmente se realizó el proceso de consentimiento informado con todos los participantes del estudio, así como de un familiar que los acompañaba,

por la vulnerabilidad de la población de estudio. El protocolo de investigación fue evaluado y aprobado por el Comité de Bioética de Investigación en Salud de la Universidad de San Carlos de Guatemala, así como por autoridades de Unaerc.

Resultados

Se obtuvieron datos de 328 participantes de los cuales 253 (77.1%) recibían terapia renal sustitutiva con diálisis peritoneal y 75 (22.9%) con hemodiálisis. De los participantes el 54.3% era de sexo femenino y el 45.7% de sexo masculino, la media (desviación estándar) de edad de los participantes fue de 63 (7.0) años y la escolaridad fue de 3.9 (3.7) años (Tabla 1). El 16.6%, IC 95% [12.8, 21.1] de los participantes fueron clasificados con demencia (n = 54) y el 47.0%, IC 95% [41.5, 52.5] como deterioro cognitivo leve (n = 153).

El análisis ajustado mediante un modelo de regresión logística mostró asociación significativa entre

Tabla 1
Características clínicas y epidemiológicas de los participantes

Característica	Estadístico
Edad (años)	63.4 (7.0) ^a
Sexo	
Femenino	178 (54.3%) ^b
Masculino	150 (45.7%) ^b
Escolaridad (años)	3.89 (3.7) ^a
Modalidad de tratamiento	
Diálisis peritoneal	253 (77.1%) ^b
Hemodiálisis	75 (22.9%) ^b
Antecedentes	
Diabetes mellitus	176 (53.7%) ^b
Alcoholismo	99 (30.2%) ^b
Tabaquismo	80 (24.4%) ^b
Presión arterial diastólica (mmHg)	79.2 (14.0) ^a
Presión arterial sistólica (mmHg)	136.06 (23.92) ^a
Índice de masa corporal	25.02 (3.77) ^c
Hemoglobina (mg/dl)	6.98 (2.48) ^c
Creatinina sérica (mg/dl)	9.82 (1.73) ^c

Nota. ^aLos resultados se presentan como el promedio (desviación estándar) (n = 328), ^bNúmero de observaciones (porcentaje), ^cEl promedio (desviación estándar) (n = 327).

demencia y edad, hemoglobina, diabetes, tabaquismo y antecedente de trauma craneoencefálico. Se encontró asociación positiva con edad, diabetes y antecedente de trauma craneoencefálico y asociación negativa con el tabaquismo y los valores de hemoglobina. No se encontró diferencia entre el grupo con modalidad de diálisis peritoneal y hemodiálisis. Al analizar por separado a los pacientes con diabetes y a los no diabéticos tampoco hubo diferencia entre ambas modalidades de tratamiento.

Las razones de posibilidades calculadas para las variables de exposición y significancia estadística, se resumen en la Tabla 2. La prueba de Hosmer-Lemeshow arrojó un valor de 11.514 ($p = .174$), el valor de -2Log fue de 47.009 ($p < .001$), por lo que el modelo logístico calculado es significativo.

Discusión

El deterioro cognitivo y funcional es uno de los síndromes geriátricos que ocurren con más frecuencia en pacientes con ERC que en el resto de la población (Golebiowski, Augustyniak-Bartosik, Weyde, & Klinger, 2016). La evidencia disponible indica que la

enfermedad crónica constituye un factor de riesgo independiente para el desarrollo de alteraciones cognitivas (Etgen, Chonchol, Frstl, & Sander, 2012).

Se ha reportado prevalencia alta de deterioro cognitivo y demencia en la población con ERC (Murray, 2008; Pereira, Weiner, Scott, & Sarnak, 2005). Uno de los estudios pioneros en la relación de esta enfermedad con demencia mostró una prevalencia del 80% en pacientes con hemodiálisis crónica, basándose en criterios del *Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales III* y pruebas cognitivas (Fazekas et al., 1995). Estudios posteriores muestran prevalencia de deterioro cognitivo entre el 16 y 60% de la población con ERC (Kurella & Yaffe, 2011; Sehgal, Grey, DeOreo, & Whitehouse, 1997). La prevalencia de deterioro cognitivo severo se ha reportado entre el 8 y 37% (Murray, 2008; Sehgal et al., 1997).

En uno de los estudios más recientes, Foster y colaboradores (2016) reportan que los pacientes con ERC en etapas 4 y 5 presentaban deterioro cognitivo en un 61%, evaluado mediante la prueba MoCa. Por otra parte, a nivel latinoamericano, se estudió recientemente en Colombia la prevalencia de deterioro cognitivo en enfermos renales crónicos en etapas 3 y 4, con una pre-

Tabla 2

Factores de riesgo asociados a demencia, según modelo de regresión logística

Variable	OR [(IC 95%)]	<i>p</i>
Edad	1.10 [1.05, 1.15]	< .001
Escolaridad	0.92 [0.83, -1.01]	.080
Presión diastólica	0.99 [0.96, -1.02]	.512
Presión sistólica	1.01 [0.99, -1.02]	.411
Hemoglobina	0.71 [0.58, -0.88]	.002
Creatinina sérica	1.10 [0.96, -1.26]	.167
Tratamiento con hemodiálisis	1.07 [0.49, -2.33]	.871
Hipercolesterolemia	0.66 [0.19, -2.29]	.512
Diabetes	3.25 [1.62, - 6.5]	.001
Tabaquismo	0.31 [0.13, - 0.78]	.012
Alcoholismo	1.27 [0.56, -2.84]	.566
Antecedente de trauma craneoencefálico	3.28 [1.18, -9.09]	.022
Obesidad	0.95 [0.30, -2.97]	.924

valencia del 51% y deterioro severo o moderado en el 15% (Rodríguez-Angarita, Sanabria-Arenas, Diego, & Jaramillo, 2016). En Brasil se encontró una prevalencia de deterioro cognitivo del 73.6% (Paraizo et al., 2016), en pacientes con prediálisis.

En el presente estudio se encontraron valores de prevalencia de deterioro cognitivo similares, sin embargo, la variabilidad tan amplia entre estudios podría corresponder a distintas formas de evaluar y clasificar el deterioro cognitivo y la demencia, así como a sus diversos criterios de inclusión (algunos evalúan pacientes en etapas tempranas de la enfermedad renal crónica, mientras que otros consideran únicamente pacientes en etapa terminal, como en este estudio).

La edad constituye el factor de riesgo más importante para la demencia. Los estudios han encontrado que la incidencia de la demencia aumenta con la edad aún después de los 85 años (Larson, 2015). Como se esperaba según la evidencia disponible, el estudio identificó la edad como factor asociado a la demencia. A mayor edad, mayor probabilidad de demencia. Sin embargo, el efecto de la edad no fue tan grande como se esperaba, ya que el *OR* fue de 1.099. Es necesario mencionar que la edad media (63.41) fue menor que en otros estudios. Si se hubiera encontrado mayor dispersión por edad, es posible que la asociación hubiera sido más fuerte.

Se ha planteado que podría existir una diferencia de riesgo de demencia según la modalidad de diálisis (hemodiálisis versus diálisis peritoneal). En el caso de los pacientes con tratamiento de diálisis peritoneal, existen datos que sugieren que la prevalencia de deterioro cognitivo es distinta a la de los pacientes con hemodiálisis (Wolcott et al., 1988; Wolfram et al., 2015). Varios estudios sugieren que la hemodiálisis representa un mayor factor de riesgo (Tilki, Akpolat, Tunali, Kara, & Onar, 2004).

Contrario a esos hallazgos, un estudio prospectivo basado en la población no mostró un riesgo más elevado en los pacientes que reciben hemodiálisis en comparación con los pacientes en tratamiento con diálisis peritoneal (Lin et al., 2015), hallazgos similares a los encontrados en el presente estudio, en el cual no se evidenció asociación estadísticamente significativa entre la modalidad de tratamiento sustitutivo y la demencia. Sin embargo, un factor a considerar en el análisis es el tiempo en el que los pacientes han estado con una modalidad de tratamiento y si previamente habían tenido otra modalidad de tratamiento. El tiempo desde el inicio de diálisis parece ser un factor de riesgo

importante para el deterioro cognitivo en los pacientes con ERC (Madero, Gul, & Sarnak, 2008).

En concordancia con lo reportado anteriormente, este estudio mostró asociación entre diabetes y demencia. Una revisión sistemática (Biessels, Staekenborg, Brunner, Brayne, & Scheltens, 2006) que evaluó 14 estudios longitudinales mostró que la incidencia de demencia (cualquier tipo) era más alta en pacientes con diabetes. Paraizo y colaboradores (2016) encontraron asociación entre ambas variables en pacientes enfermos renales crónicos. Los mecanismos sugeridos son alteraciones vasculares y alteraciones en el metabolismo de la glucosa, insulina y amiloide. La hipertensión arterial podría ser un mecanismo intermedio. Sin embargo, en este estudio la hipertensión no mostró asociación con la demencia.

También se encontró relación entre la demencia y antecedente de trauma craneoencefálico. La relación causal entre un único evento de trauma craneoencefálico y el riesgo de demencia no está bien establecida. La evidencia indica que los traumas leves que ocurren en personas mayores de 65 años y los traumas moderados o severos incrementan significativamente el riesgo de desarrollar demencia (Gardner et al., 2014). Sin embargo, el efecto de trauma ocurrido en edades tempranas no se conoce a ciencia cierta. El presente estudio tomó en cuenta todos los antecedentes de trauma craneoencefálico, sin importar la edad que tenía el participante al ocurrir el evento ni la severidad del trauma.

La población con ERC se encuentra propensa al desarrollo de anemia, por la falta de producción de eritropoyetina. La mayor parte de los participantes del estudio tuvieron valores bajos de hemoglobina, en rangos de anemia, con un valor medio de 9.82 mg/dL. Las revisiones sistemáticas publicadas muestran una probable asociación entre la anemia y la función cognitiva, particularmente con funciones ejecutivas (Andro, Le Squere, Estivin, & Gentric, 2013; Kurella et al., 2016; Peters et al., 2008). En concordancia con lo reportado en otros estudios, se identificó una asociación negativa de los niveles de hemoglobina con demencia. A niveles más altos de hemoglobina hay una menor probabilidad de tener demencia y viceversa.

El tabaquismo fue identificado por el modelo de regresión logística con asociación negativa con demencia. Estudios preliminares muestran información conflictiva respecto al tema. Algunos estudios muestran un efecto protector, pero los meta análisis más recientes indican que existe mayor riesgo de demencia al fumar (Anstey, von Sanden, Salim, & O'Kearney,

2007; Larson, 2015; van de Vorst et al., 2016; Zhong, Wang, Zhang, Guo, & Zhao, 2015). El posible efecto protector podría explicarse por el efecto de la nicotina en los receptores nicotínicos a nivel del sistema nervioso central. Sin embargo, el tabaco tiene más efectos deletéreos que beneficiosos, entre ellos el riesgo cardiovascular. Un importante aspecto a considerar es que posiblemente los fumadores mueren antes por otras causas y no llegan a desarrollar demencia. Bajo ninguna circunstancia es válida la recomendación de fumar para prevenir la demencia.

Es necesario mencionar las limitaciones potenciales del estudio. En primer lugar, por ser un estudio de diseño transversal, no es posible establecer relaciones de causa y efecto, únicamente posibles relaciones de asociación. Se podría argumentar que algunos resultados observados son por causalidad inversa. Por último, el diagnóstico de demencia incluye un componente de progresión en el tiempo que no fue evaluado. Por lo anterior, es necesario realizar estudios prospectivos que sí permitan el análisis causal. Por otra parte, existen otras variables que no fueron tomadas en cuenta en el estudio. Por ejemplo, factores genéticos, como el alelo épsilon 4 de la apolipoproteína E o marcadores de inflamación, como la hiperhomocisteinemia, que la literatura identifica como factores de riesgo para la demencia (Gorelick et al., 2011; Laws, Hone, Gandy, & Martins, 2003; Murray et al., 2006; Larson, 2015). Otro ejemplo es el antecedente de evento cerebrovascular que también se ha descrito como un factor de riesgo en este tipo de pacientes (Kavanagh, Schiller, Saxena, Thomas, & Kurella, 2015).

Otro factor que no se consideró fue la calidad de la diálisis que estaban recibiendo los pacientes. El único indicador de uremia utilizado fue el valor de creatinina sérica, el cual no mostró asociación con la demencia. Además, no se incluyó en el análisis el tiempo desde el diagnóstico de la ERC, tiempo de tratamiento de diálisis peritoneal o hemodiálisis, ni el tiempo de presentar las comorbilidades. En este estudio solamente se incluyeron pacientes con ERC terminal, por lo que sólo se tomó en cuenta un extremo del espectro de la enfermedad.

Se puede concluir que existe una alta prevalencia de demencia y deterioro cognitivo en la población de pacientes con ERC terminal y se determinaron los factores asociados (edad, valores bajos de hemoglobina, diabetes y antecedente de trauma craneoencefálico). Sin embargo, es necesario hacer estudios prospectivos para identificar correctamente los factores de riesgo en esta población.

Agradecimientos

Esta investigación fue cofinanciada por Digi-Usac-2016, Proyecto: 4.8.63.1.84. Agradecemos a Hilda Valencia de Abril, a Federico Nave por su asesoría en el diseño metodológico y análisis estadístico de la investigación y al personal médico y administrativo de Unaerc por el apoyo brindado para la realización de la investigación, en especial a Carlos Bethancourt Monzón.

Referencias

- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5* (5th. ed.). Washington, D. C.: Autor.
- Andro, M., Le Squere, P., Estivin, S., & Gentric, A. (2013). Anaemia and cognitive performances in the elderly: A systematic review. *European Journal of Neurology*, 20(9), 1234-1240. doi:10.1111/ene.12175
- Anstey, K. J., Von Sanden, C., Salim, A., & O'Kearney, R. (2007). Smoking as a risk factor for dementia and cognitive decline: A meta-analysis of prospective studies. *American Journal of Epidemiology*, 166(4), 367-378. doi:10.1093/aje/kwm116
- Asociación Americana de Psiquiatría (2013). *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales* (5a. Ed). Arlington,VA.: American Psychiatric Publishing
- Biessels, G. J., Staekenborg, S., Brunner, E., Brayne, C., & Scheltens, P. (2006). Risk of dementia in diabetes mellitus: A systematic review. *Lancet Neurology*, 5(1), 64-74. doi:10.1016/S1474-4422(05)70284-2
- Bugnicourt, J.-M., Godefroy, O., Chillon, J.-M., Choukroun, G., & Massy, Z. A. (2013). Cognitive disorders and dementia in CKD: The neglected kidney-brain axis. *Journal of the American Society of Nephrology*, 24(3), 353-363. doi:10.1681/ASN.2012050536
- Centro Nacional de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2015). *Enfermedad renal crónica situación epidemiológica 2008-2015*. Ciudad de Guatemala. Recuperado de http://epidemiologia.mspas.gob.gt/files/Enfermedad_Renal_Cronica_2015.pdf

- Correa-Rotter, R., Wesseling, C., & Johnson, R. J. (2014). CKD of unknown origin in Central America: The case for a mesoamerican nephropathy. *American Journal of Kidney Diseases*, 63(3), 506-520. <http://doi.org/10.1053/j.ajkd.2013.10.062>
- Etgen, T. (2015). Kidney disease as a determinant of cognitive decline and dementia. *Alzheimer's Research & Therapy*, 7(1), 29. doi:10.1186/s13195-015-0115-4
- Etgen, T., Chonchol, M., Frstl, H., & Sander, D. (2012). Chronic kidney disease and cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Nephrology*, 35(5), 474-482. doi:10.1159/000338135
- Fazekas, G., Fazekas, F., Schmidt, R., Kapeller, P., Offenbacher, H., & Krejs, G. J. (1995). Brain MRI findings and cognitive impairment in patients undergoing chronic hemodialysis treatment. *Journal of the Neurological Sciences*, 134(1-2), 83-88.
- Foster, R., Walker, S., Brar, R., Hiebert, B., Komenda, P., Rigatto, C., ... Tangri, N. (2016). Cognitive impairment in advanced chronic kidney disease: The Canadian Frailty Observation and Interventions Trial. *American Journal of Nephrology*, 44(6), 473-480. doi:10.1159/000450837
- Gardner, R. C., Burke, J. F., Nettiksimmons, J., Kaup, A., Barnes, D. E., & Yaffe, K. (2014). Dementia risk after traumatic brain injury vs nonbrain trauma. *JAMA Neurology*, 71(12), 1490. doi:10.1001/jamaneurol.2014.2668
- Gil, L., Ruiz, C., Gil, F., Romero, S. J., & Pretelt, F. (2015). Validation of the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) in Spanish as a screening tool for mild cognitive impairment and mild dementia in patients over 65 years old in Bogota, Colombia. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 30(6), 655-662. doi:10.1002/gps.4199
- Golebiowski, T., Augustyniak-Bartosik, H., Weyde, W., & Klinger, M. (2016). Geriatric syndromes in patients with chronic kidney disease. *Postępy Higieny I Medycyny Doswiadczonej (Online)*, 70(0), 581-589. doi:10.5604/17322693.1204562
- Gorelick, P. B., Scuteri, A., Black, S. E., Decarli, C., Greenberg, S. M., Iadecola, C., ... Seshadri, S. (2011). Vascular contributions to cognitive impairment and dementia: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*, 42(9), 2672-2713. doi:10.1161/STR.0b013e3182299496
- Jha, V., Garcia-Garcia, G., Iseki, K., Li, Z., Naicker, S., Plattner, B., ... Yang, C. W. (2013). Chronic kidney disease: Global dimension and perspectives. *Lancet*, 382(9888), 260-272. doi:10.1016/S0140-6736(13)60687-X
- Kavanagh, N. T., Schiller, B., Saxena, A. B., Thomas, I. C., & Kurella, M. (2015). Prevalence and correlates of functional dependence among maintenance dialysis patients. *Hemodialysis International*, 19(4), 593-600. doi:10.1111/hdi.12286
- Kurella, M., Vittinghoff, E., Yang, J., Go, A. S., Seliger, S. L., Kusek, J. W., ... Yaffe, K. (2016). Anemia and risk for cognitive decline in chronic kidney disease. *BMC Nephrology*, 17(1), 13. doi:10.1186/s12882-016-0226-6
- Kurella Tamura, M., & Yaffe, K. (2011). Dementia and cognitive impairment in ESRD: diagnostic and therapeutic strategies. *Kidney International*, 79(1), 14-22. doi:10.1038/ki.2010.336
- Larson, E. B. (2015). Risk factors for cognitive decline and dementia. En S. T. DeKosky & J.L. Wiltedink(Eds.), *UpToDate*. Recuperado de https://www.uptodate.com/contents/risk-factors-for-cognitive-decline-and-dementia?source=search_result&search=risk%20factors%20cognitive%20decline&selectedTitle=1~150
- Laux, T. S., Barnoya, J., Guerrero, D. R., & Rothstein, M. (2015). Dialysis enrollment patterns in Guatemala: evidence of the chronic kidney disease of non-traditional causes epidemic in Mesoamerica. *BMC Nephrology*, 16(1), 54. doi:10.1186/s12882-015-0049-x
- Laws, S. M., Hone, E., Gandy, S., & Martins, R. N. (2003). Expanding the association between the APOE gene and the risk of Alzheimer's disease: Possible roles for APOE promoter polymorphisms and alterations in APOE transcription. *Journal of Neurochemistry*, 84(6), 1215-1236. doi:10.1046/j.1471-4159.2003.01615.x
- Lin, Y.-T., Wu, P.-H., Kuo, M.-C., Chen, C.-S., Chiu, Y.-W., Yang, Y.-H., ... Chen, H.-C. (2015). Comparison of dementia risk between end

- stage renal disease patients with hemodialysis and peritoneal dialysis - a population based study. *Scientific Reports*, 5, 8224. doi:10.1038/srep08224
- Madero, M., Gul, A., & Sarnak, M. J. (2008). Cognitive function in chronic kidney disease. *Seminars in Dialysis*, 21(8), 29-37. doi:10.1111/j.1525-139X.2007.00384.x
- Murray, A. M. (2008). Cognitive impairment in the aging dialysis and chronic kidney disease populations: An occult burden. *Advances in Chronic Kidney Disease*, 15(2), 123-132. doi:10.1053/j.ackd.2008.01.010
- Murray, A. M., Tupper, D. E., Knopman, D. S., Gilbertson, D. T., Pederson, S. L., Li, S., ... Kane, R. L. (2006). Cognitive impairment in hemodialysis patients is common. *Neurology*, 67(2), 216-223. doi:10.1212/01.wnl.0000225182.15532.40
- National Kidney Foundation. (2002). K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Chronic Kidney Disease: Evaluation, classification and stratification. *American Journal of Kidney Diseases*, 39, S1-S266
- Pan American Health Organization, World Health Organization (17-21 June 2013). Resolution CE152.R14 Chronic Kidney Disease in Agricultural Communities in Central America, En 152nd Session of the Executive Committee. Washington, D.C. Recuperado de <http://iris.paho.org/xmlui/bitstream/handle/123456789/4786/CE152-R14-e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paraizo, M. de A., Almeida, A. L., Pires, L. A., Abrita, R. S., Crivellari, M. H., Pereira, B. dos S., ... Bastos, M. G. (2016). Montreal Cognitive Assessment (MoCA) screening mild cognitive impairment in patients with chronic kidney disease (CKD) pre-dialysis. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*, 38(1), 31-41. doi:10.5935/0101-2800.20160006
- Pereira, A. A., Weiner, D. E., Scott, T., & Sarnak, M. J. (2005). Cognitive function in dialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 45(3), 448-462. doi:10.1053/j.ajkd.2004.10.024
- Peters, R., Burch, L., Warner, J., Beckett, N., Poulter, R., & Bulpitt, C. (2008). Haemoglobin, anaemia, dementia and cognitive decline in the elderly, a systematic review. *BMC Geriatrics*, 8, 18. doi:10.1186/1471-2318-8-18
- Quiroga, L., P., Albala B., C., & Klaasen P., G. (2004). Validación de un test de tamizaje para el diagnóstico de demencia asociada a edad, en Chile. *Revista Médica de Chile*, 132(4), 467-478. doi:10.4067/S0034-98872004000400009
- Rodríguez-Angarita, C. E., Sanabria-Arenas, R. M., Diego, J., & Jaramillo, V. (2016). Cognitive impairment and depression in a population of patients with chronic kidney disease in Colombia: A prevalence study. *Canadian Journal of Kidney Health and Disease*, 3, 26. doi:10.1186/s40697-016-0116-7
- Sehgal, A. R., Grey, S. F., DeOreo, P. B., & Whitehouse, P. J. (1997). Prevalence, recognition, and implications of mental impairment among hemodialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 30(1), 41-49. doi:10.1016/S0272-6386(97)90563-1
- Shen, Z., Ruan, Q., Yu, Z., & Sun, Z. (2016). Chronic kidney disease-related physical frailty and cognitive impairment: A systemic review. *Geriatrics and Gerontology International*, 17(4), 529-544. doi:10.1111/ggi.12758
- Tiffin-Richards, F. E., Costa, A. S., Holschbach, B., Frank, R. D., Vassiliadou, A., Krüger, T., ... Reetz, K. (2014). The Montreal Cognitive Assessment (MoCA) - A sensitive screening instrument for detecting cognitive impairment in chronic hemodialysis patients. *PLoS One*, 9(10), e106700. doi:10.1371/journal.pone.0106700
- Tilki, H. E., Akpolat, T., Tunali, G., Kara, A., & Onar, M. K. (2004). Effects of haemodialysis and continuous ambulatory peritoneal dialysis on P300 cognitive potentials in uraemic patients. *Upsala Journal of Medical Sciences*, 109(1), 43-48. doi:10.3109/2000-1967-109
- Unidad Nacional de Atención al Enfermo Renal Crónico. (2015). Pacientes nuevos por programa año 2016 y 2017.. Recuperado de <http://unaerc.gob.gt/estadisticas/pacientes-nuevos/>
- van de Vorst, I. E., Koek, H. L., De Vries, R., Bots, M. L., Reitsma, J. B., & Vaartjes, I. (2016). Effect of vascular risk factors and diseases on mortality in

- individuals with dementia: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 64(1), 37-46. doi:10.1111/jgs.13835
- Wolcott, D. L., Wellisch, D. K., Marsh, J. T., Schaeffer, J., Landsverk, J., & Nissenon, A. R. (1988). Relationship of dialysis modality and other factors to cognitive function in chronic dialysis patients. *American Journal of Kidney Diseases*, 12(4), 275-284. doi:10.1016/S0272-6386(88)80220-8
- Wolfgram, D. F., Szabo, A., Murray, A. M., & Whittle, J. (2015). Risk of dementia in peritoneal dialysis patients compared with hemodialysis patients. *Peritoneal Dialysis International*, 35(2), 189-198. doi:10.3747/pdi.2014.00213
- Yamamoto, Y., Ohara, T., Nagakane, Y., Tanaka, E., Morii, F., Koizumi, T., & Akiguchi, I. (2011). Chronic kidney disease, 24-h blood pressure and small vessel diseases are independently associated with cognitive impairment in lacunar infarct patients. *Hypertension Research*, 34(12), 1276-1282. doi:10.1038/hr.2011.118
- Zhong, G., Wang, Y., Zhang, Y., Guo, J. J., & Zhao, Y. (2015). Smoking is associated with an increased risk of dementia: A meta-analysis of prospective cohort studies with investigation of potential effect modifiers. *PLoS One*, 10(3), 1-23. doi:10.1371/journal.pone.0118333

Inhibición de los efectos coagulante, fosfolipasa A₂ y proteolítico del veneno de *Bothrops asper* por plantas usadas tradicionalmente en Centroamérica

Inhibition of the coagulant, phospholipase A₂ and proteolytic effects of Bothrops asper venom by plants traditionally used in Central America

Patricia Saravia-Otten^{1*}, Rosario Hernández¹, Nereida Marroquín², Gabriela García¹, Max Mérida², Sully Cruz², Nohemí Orozco³, Armando Cáceres⁴, José M. Gutiérrez⁵

¹Escuela de Química Biológica, ²Escuela de Química Farmacéutica, y ³Escuela de Química, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, ⁴Laboratorio de Investigación de Productos Naturales Farmaya, Guatemala, ⁵Instituto Clodomiro Picado, Facultad de Microbiología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

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

Recibido: 23 de marzo 2017 / Revisión: 28 de abril 2017 / Aceptado: 30 de octubre 2017

Resumen

Existen pocos estudios científicos que demuestren el valor terapéutico de las plantas usadas en la medicina tradicional centroamericana para tratar el envenenamiento ofídico. En este estudio se evaluó la capacidad de los extractos etanólicos de nueve plantas de uso etnomédico en Centroamérica (*Acacia hindsii*, *Aristolochia maxima*, *Bursera simaruba*, *Cissampelos pareira*, *Eryngium foetidum*, *Hamelia patens*, *Pimenta dioica*, *Piper peltatum* y *Sansevieria hyacinthoides*) para inhibir el efecto coagulante del veneno de *Bothrops asper*. Tres de ellas (*B. simaruba*, *E. foetidum* y *P. dioica*) también fueron evaluadas en cuanto a su capacidad inhibitoria de los efectos fosfolipasa A₂ (PLA₂) y proteolítico del veneno. Las plantas fueron colectadas en Guatemala, secadas, extraídas con etanol y los efectos inhibitorios evaluados in vitro después de preincubar concentraciones variables de extracto con concentraciones fijas de veneno. Los resultados demostraron que ninguno de los extractos logró inhibir los efectos coagulante y PLA₂, pero los extractos clorofilados de *P. dioica* y *E. foetidum* inhibieron efectivamente la actividad proteolítica del veneno. El tamizaje fitoquímico, mediante ensayos macro y semimicrométricos de cromatografía en capa fina, demostró la presencia de metabolitos secundarios reportados con actividad anti-proteolítica (flavonoides, antocianinas, catequinas y taninos) en la composición química de los extractos de *E. foetidum* y *P. dioica*. Su efecto sobre el veneno se evaluó mediante electroforesis SDS-PAGE, demostrándose que no está mediado por degradación proteolítica de los componentes del veneno. El aislamiento y caracterización específica de sus metabolitos secundarios en futuros estudios, permitirá determinar el mecanismo de acción inhibitoria ejercido por estos extractos.

Palabras claves: Plantas antiofídicas, antidotos, Guatemala, mordedura de serpiente, envenenamiento ofídico

Abstract

Medicinal plants have been traditionally used in Central America to treat snakebite envenomations, however, very few scientific studies aimed to demonstrate their efficacy and safety have been performed. In this study, ethanolic extracts of nine plants used in the region by traditional healers in snakebite cases (*Acacia hindsii*, *Aristolochia maxima*, *Bursera simaruba*, *Cissampelos pareira*, *Eryngium foetidum*, *Hamelia patens*, *Pimenta dioica*, *Piper peltatum* and *Sansevieria hyacinthoides*) were evaluated for their ability to inhibit the coagulant effect induced by the venom of the snake *Bothrops asper*. Three of these extracts (*B. simaruba*, *E. foetidum* and *P. dioica*) were also evaluated for their inhibitory effect on the phospholipase A₂ (PLA₂) and proteolytic activities of the venom. Plants were collected in Guatemala, dried, extracted with ethanol, and their inhibitory effects were evaluated in vitro after pre-incubation of several amounts of each extract with a challenge concentration of venom. Results showed that none of the extracts inhibited the coagulant and PLA₂ effects; however, chlorophyllated extracts of *E. foetidum* and *P. dioica* effectively inhibited the proteolytic activity of the venom. Phytochemical analysis of these extracts, conducted by macrometric assays and semimicroanalysis by thin layer chromatography, identified secondary metabolites (flavones, anthocyanins, catequines and tannins) whose anti-proteolytic activities have been widely reported. SDS-PAGE analysis demonstrated that the mechanism of inhibition is not related to proteolytic degradation of the venom proteins by the plant extracts. Further studies are needed to isolate and identify the active venom inhibitory compounds of these plants, aimed to understand their mechanism of action.

Key words: Antiophidic plants, traditional medicine, Guatemala, snakebite, antidotes



Introducción

Se ha estimado que en Centroamérica ocurren aproximadamente 5,500 casos anuales de mordedura de serpiente (Gutiérrez, 2014). Sin embargo, el problema podría ser mayor, ya que el accidente ofídico sucede más frecuentemente en áreas rurales, alejadas de los centros de salud, por lo que un número indeterminado de víctimas no es registrado (Giovannini & Howes, 2017). Los casos más serios de envenenamiento se producen por mordedura de serpientes de la familia Viperidae, especialmente *Bothrops asper*, siendo los más afectados jóvenes trabajadores agrícolas que son mordidos mientras desempeñan sus labores (Gutiérrez, 2014).

Los envenenamientos por *B. asper* se caracterizan por una serie de alteraciones locales que aparecen rápidamente en el sitio de la mordedura, como edema, hemorragia, mionecrosis y dermonecrosis (Gutiérrez, Rucavado, Chaves, Díaz, & Escalante, 2009b), así como alteraciones sistémicas caracterizadas por coagulopatía, hemorragia, choque cardiovascular y en casos severos la muerte (Gutiérrez, Escalante, & Rucavado, 2009a). Frecuentemente se observan alteraciones en la hemostasia, que dan lugar a trombocitopenia, desfibrin(ogen)ación y coagulación intravascular diseminada (Rucavado et al., 2005). Los componentes del veneno responsables de estos efectos locales y sistémicos son las metaloproteinasas dependientes de zinc (*snake venom metalloproteinases*, SVMPs), las fosfolipasa A₂ (PLA₂) (Angulo & Lomonte, 2009) y en menor proporción las serina proteinasas (Gutiérrez, 2002).

La administración temprana de antivenenos, o sueros antiofídicos, es el tratamiento validado para el manejo del envenenamiento ofídico, sin embargo, su uso presenta dificultades en áreas rurales, especialmente en regiones donde los servicios de salud no cubren la totalidad de la población o están alejados de los lugares donde ocurren las mordeduras por serpientes (Gutiérrez, 2010). Esta situación, aunada a aspectos culturales, incide en que gran parte de la población afectada en Latinoamérica busque la ayuda de curanderos para tratar la mordedura de serpiente con antídotos preparados con plantas de acuerdo a sus recetas tradicionales. Estos pueden ser aplicados en forma de toma de infusiones o jugos, o bien, como baños y emplastos sobre el área afectada (Coe & Anderson, 2005; Hay, 2002; Otero et al., 2000). En la medicina tradicional centroamericana se ha reportado el uso de 208 especies vegetales para

el tratamiento de la mordedura de serpiente; sin embargo, existen muy pocos estudios que hayan evaluado, de manera rigurosa, su eficacia para inhibir los efectos del envenenamiento ofídico, de tal forma que puedan usarse de forma eficaz y segura por los afectados (Giovannini & Howes, 2017).

Este estudio es la continuación de un trabajo previo (Saravia-Otten et al., 2015), en el cual se demostró que, de los extractos etanólicos de seis plantas de uso etnomédico en Guatemala (*Acacia hindsii* Benth, *Aristolochia maxima* Jacq., *Cissampelos pareira* L., *Hamelia patens* Jacq., *Piper peltatum* L. y *Sansevieria hyacinthoides* Druce), solamente el de *S. hyacinthoides* posee alguna capacidad inhibitoria (< 25%) del efecto PLA₂ del veneno de *B. asper*. Asimismo, únicamente los extractos de *P. peltatum* y *C. pareira* inhibieron pobremente (< 50%) el efecto proteolítico del veneno. Debido a que las dos pruebas de tamizaje utilizadas en el estudio anterior evalúan únicamente la capacidad de los extractos vegetales para inhibir las principales toxinas del veneno responsables de los efectos locales, en el presente estudio se evaluó la capacidad de las seis plantas para inhibir el efecto coagulante (potencialmente desfibrin(ogen)ante) del veneno. Para ampliar el número de plantas en estudio, se incluyeron tres especies (*Eryngium foetidum* L., *Pimenta dioica* (L.) Merr y *Bursera simaruba* (L.) Sarg) seleccionadas por uso etnomédico para el tratamiento de mordedura de serpiente en Centroamérica (Castro et al., 1999; Coe & Anderson, 2005; Hay, 2002). Los extractos etanólicos de estas tres plantas también fueron tamizados en cuanto a su capacidad para inhibir los efectos PLA₂ y proteolítico del veneno.

Se realizó un análisis fitoquímico preliminar de los extractos de todas las especies, con el objetivo de correlacionar la presencia de metabolitos secundarios con las bioactividades detectadas. Además, para evaluar si el mecanismo de acción inhibitoria de estos extractos estaba mediado por la degradación proteolítica de las principales proteínas del veneno, se realizó un análisis por electroforesis SDS-PAGE.

Materiales y métodos

Selección y colecta de especies vegetales

El proceso de selección y colecta de *A. hindsii*, *A. maxima*, *C. pareira*, *H. patens*, *P. peltatum* y *S. hyacinthoides* se describe en Saravia-Otten y colaboradores (2015). Adicionalmente se seleccionaron tres especies

usadas en Centroamérica para el tratamiento de mordedura de serpiente (*B. simaruba*, *E. foetidum* y *P. dioica*) según su disponibilidad, abundancia y capacidad de recolección en Guatemala. La colecta se realizó con base en un muestreo estratificado, preferencial y por conveniencia en lugares donde se tienen las especies

bajo cultivo o por manejo, en regiones del país en donde el accidente ofídico es frecuente (Tabla 1 y Figura 1). La recolección, embalaje y transporte se realizó conforme a los principios de las buenas prácticas de colecta y el proceso conforme a las técnicas convencionales de secado y molienda.

Tabla 1
Datos de recolección de las plantas del proyecto

Familia / Especie (número de registro) ^a	Nombre común	Parte colectada	Lugar de colecta Coordenadas Altitud
Burseraceae / <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (CFEH ^a 1386)	Palo jiote	Corteza	Ecoparcela el Kakawatal, Samayac, Suchitepéquez N 14° 33' 08.4"; O 091° 28' 02.8" 453 m.snm ^b
Apiaceae / <i>Eryngium foetidum</i> L. (CFEH 1387)	Samat	Hojas	Aldea Plan Grande Quehueche, Livingston, Izabal N 15° 50' 02.6"; O 088° 49' 02.1" 85 m.snm ^b
Myrtaceae / <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. (CFEH 1388)	Pimienta gorda	Hojas	Comunidad de Barra Lámpara, Livingston, Izabal N 15° 46' 56.76"; O 088° 47' 29.94" 13 m.snm ^b

Nota. ^aCFEH: *Cemat Farmaya ethnobotanical herbarium*. ^bm.snm: metros sobre el nivel del mar.

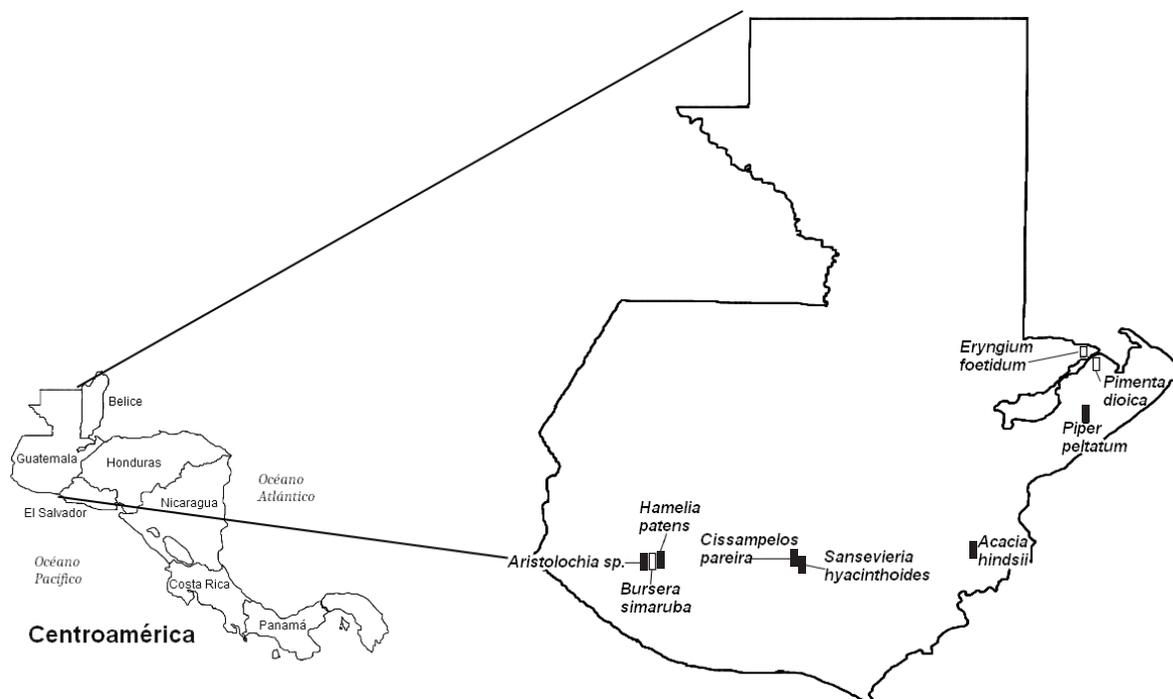


Figura 1. Lugares de colecta en Guatemala de las nueve especies vegetales evaluadas en el proyecto. Los rectángulos negros indican las regiones en las cuales se colectaron las especies vegetales reportadas en Saravia-Otten y colaboradores (2015) y los rectángulos blancos las de las especies colectadas en el presente estudio.

Obtención de extractos vegetales

Se prepararon extractos etanólicos por percolación continua a partir de 200 g de material vegetal según Kuklinski (2000) y el Ministerio de Sanidad y Consumo (2002). Cada extracto concentrado se transfirió a un cristalizador, se colocó en una desecadora para eliminar el disolvente restante, se pesó y se determinó el porcentaje de rendimiento, tomando en cuenta el peso final del extracto seco dividido el material vegetal pesado multiplicado por 100.

Desclorofilación de extractos vegetales

Se utilizó la metodología descrita por Coll y Bowden (1986) y Fernandes y colaboradores (1997) con algunas modificaciones. Se pesaron 10 g de extracto seco y se disolvieron en 300 ml de metanol frío, se filtró al vacío para eliminar partículas. Se agregó 100 ml de agua destilada fría y se dejó reposar 15-20 min en frío. Se filtró al vacío en una columna empacada de celite empleando una mezcla de metanol:agua (1:1) para favorecer el proceso. El filtrado se fraccionó en una ampolla de decantación con tres lavados de 100 ml cada uno con hexano; luego se realizaron tres lavados con diclorometano de 100 ml cada uno. La mezcla metanol:agua (desclorofilada) que quedó en la ampolla fue filtrada sobre sulfato de sodio anhidro. Cada una de las tres fracciones fue secada, pesada y almacenada en congelación (-20°C) hasta su uso.

Veneno de *B. asper*

Se utilizó una mezcla de veneno colectado en el serpiente del Instituto Clodomiro Picado, Universidad de Costa Rica, el cual fue obtenido a partir de no menos de 40 especímenes adultos provenientes de la región del Pacífico de Costa Rica. La mezcla de veneno fue centrifugada, liofilizada y almacenada a -20°C hasta su uso. Estudios previos realizados por Saravia y colaboradores (2001b), demostraron que el perfil toxicológico del veneno de las serpientes de Costa Rica, es similar al de las especies guatemaltecas.

Disolución de extractos vegetales

Los extractos vegetales etanólicos, de consistencia viscosa grado miel, se disolvieron en una solución tampón de fosfatos (PBS) pH 7.2 utilizando 1-10%

(v/v) de Tween-80 como emulsionante, según el procedimiento reportado por Saravia-Otten y colaboradores (2015). Cada disolución fue identificada, distribuida en alícuotas y almacenada en congelación (-20°C) hasta su uso.

Tamizaje fitoquímico preliminar

Se determinó la presencia de taninos en los extractos etanólicos mediante la técnica macrométrica de tubos descrita por Kuklinski (2000). La presencia de flavonoides, antocianinas y catequinas fue determinada por medio de cromatografía en capa fina sobre una cromatoplaque de silicagel 60 F₂₅₄ de acuerdo a la metodología descrita en Ministerio de Sanidad y Consumo (2002) y Wagner y Bladt (1996); los estándares fueron quercetina, rutina, ácido clorogénico e hiperósido. Las cumarinas se determinaron también por cromatografía en capa fina sobre una cromatoplaque de silicagel 60 F₂₅₄ según el método descrito por Lock (1994), utilizando estándares de ácido p-cumárico y cumarina.

Determinación de las concentraciones de reto (CR) de veneno

Para las pruebas de inhibición de la actividad proteolítica y PLA₂ se utilizaron como CR 1.25 y 0.03 µg/µl de veneno, respectivamente (Saravia-Otten et al., 2015). Para establecer la CR de veneno para las pruebas de inhibición de la actividad coagulante, inicialmente se estableció la Dosis Coagulante Mínima-Plasma (DCM-P, cantidad de veneno que induce coagulación del plasma citratado en 60 s) utilizando el ensayo de concentración-actividad descrito por Theakston y Reid (1983). La CR (2.15 x 10⁻³ µg/µl) se preparó con la cantidad de veneno equivalente a dos DCM-P (Gené, Roy, Rojas, Gutiérrez, & Cerdas, 1989).

Actividades intrínsecas de los extractos determinadas por ensayos de concentración-actividad

Antes de enfrentar el veneno con los extractos vegetales se evaluaron las actividades intrínsecas de cada uno, utilizando ensayos de concentración-actividad, con el fin de determinar los niveles de extracto que podrían utilizarse sin provocar dichos efectos, que invalidarían los resultados de las pruebas de inhibición.

Actividad coagulante y anticoagulante intrínseca

Se evaluó utilizando plasma humano citratado según el método de [Theakston y Reid \(1983\)](#). El plasma se preincubó a 37°C por 3 min, luego se enfrentó a diferentes concentraciones de los extractos vegetales (0.05-0.86 µg/µl) manteniendo las mezclas en incubación y se determinó el tiempo de coagulación con un cronómetro. Como control negativo (0% de actividad) se utilizó PBS, el control positivo fue una solución de trombina (2.7 UNIH/ml). Debido a que algunos extractos vegetales pueden presentar efecto anticoagulante intrínseco, se realizó una curva concentración-actividad incubando por 30 min a 37°C una concentración fija de trombina (2.7 UNIH/ml) con las mismas concentraciones de extractos evaluadas en la prueba de coagulación intrínseca (0.05-0.86 µg/µl). Posteriormente cada una de las mezclas se agregó a plasma humano citratado preincubado por 3 min a 37°C, y se determinó el tiempo de coagulación con un cronómetro, manteniendo las mezclas en incubación. Como control de coagulación se utilizó una mezcla de trombina (2.7 UNIH/ml) incubada con PBS y como control de no coagulación se usó solo PBS ([Saravia, Cáceres, Velásquez, & Lara, 2001a](#)). En ambas pruebas se reportaron como anticoagulantes aquellas concentraciones de extracto que no presentaron formación de un coágulo evidente luego de 60 min de incubación una vez que se agregó la mezcla conteniendo trombina.

Actividad PLA₂ intrínseca

Se evaluó mediante el ensayo de titulación que utiliza fosfatidilcolina de yema de huevo como sustrato descrito por [Dole \(1956\)](#) con las modificaciones realizadas por [Gutiérrez, Lomonte, Chaves, Moreno y Cerdas \(1986\)](#). El sustrato se incubó con diversas concentraciones de los extractos vegetales (0.78-12.5 µg/µl) a 37°C. Los ácidos grasos liberados se extrajeron con una mezcla de heptano: H₂O: H₂SO₄ y se titularon con NaOH. La actividad se expresó como µeq/mg/min. Como control negativo se utilizó PBS (0% de actividad) y como control positivo la CR de veneno (0.03 µg/µl) establecida previamente.

Actividad proteolítica intrínseca

Debido a que el color verde intenso de los extractos vegetales podría interferir con la prueba colorimétrica de proteólisis descrita por [Wang, Shih y Huang](#)

(2004), se analizaron los extractos vegetales con y sin clorofila para evaluar si la eliminación de este pigmento mejoraba la discriminación de la prueba. Se determinó el espectro de absorción de cada uno y se evaluó la capacidad proteolítica de los extractos sobre azocaseína como se describe en [Saravia-Otten y colaboradores \(2015\)](#). Como blanco de reactivos se utilizó PBS-Tween 80, el control positivo fue la CR de veneno (1.25 µg/µl) y el control negativo contenía PBS. La interferencia del color de los extractos se eliminó con un control interno para cada concentración con la solución tampón de trabajo sin azocaseína y cada una de las concentraciones del extracto evaluado. La actividad proteolítica de cada extracto se calculó restando al valor de absorbancia de cada concentración ensayada de extracto (3.9-62.5 µg/µl), la absorbancia de su control interno y del blanco de reactivos. La actividad proteolítica del control positivo (100% de actividad) se determinó restando la absorbancia del control negativo (0% de actividad) al valor de absorbancia del tubo que contenía la CR de veneno.

Pruebas de inhibición

Se utilizó el ensayo de preincubación descrito por [Gutiérrez y colaboradores \(1990\)](#), el cual consiste en incubar la CR del veneno con concentraciones variables del extracto. Para los ensayos de inhibición de las actividades PLA₂ y coagulante, las CR se enfrentaron a los extractos a razón veneno:extracto (p:p) de 1:400 hasta 1:25. Para los ensayos de inhibición de la actividad proteolítica se utilizaron razones de veneno:extracto (p:p) de 1:50 hasta 1:3.125. Estas relaciones se seleccionaron en base a estudios previos ([Saravia et al., 2001a](#); [Saravia-Otten et al., 2015](#)). Para cada experimento se prepararon los controles correspondientes, según la metodología previamente descrita para los ensayos de concentración-actividad; las mezclas y controles se incubaron por 30 min a 37°C, al cabo de los cuales se estudió la actividad neutralizante de cada efecto empleando el ensayo de concentración-actividad. En los casos en los que hubo inhibición se calculó la concentración efectiva media del extracto (CE₅₀, concentración de extracto capaz de inhibir el 50% del efecto estudiado). Los resultados de los experimentos de inhibición se expresaron en términos porcentuales donde el 100% correspondió a la inhibición total del efecto evaluado y el 0% a un efecto de igual magnitud al inducido por el veneno solo.

Electroforesis en geles de poliacrilamida (SDS-PAGE)

Los extractos que demostraron capacidad neutralizante de alguno de los efectos estudiados fueron incubados a 37°C por 30 min con el veneno en proporción 1:20 (veneno:extracto, p:p). Luego se cargaron 10 µl de cada una de las mezclas en un gel de poliacrilamida al 12% y la electroforesis se corrió en condiciones reducidas a 150 V por 1 h (Laemmli, 1970). Las proteínas se tiñeron con azul brillante de Coomassie. Se comparó el patrón electroforético del veneno frente al patrón de las mezclas veneno:extracto.

Diseño y análisis estadístico

Para la determinación de actividades de extractos vegetales se realizó un diseño de bloques no aleatorizados. Los tratamientos correspondieron a las concentraciones de extracto evaluadas en las pruebas de actividad intrínseca y a las relaciones veneno:extracto en las pruebas de inhibición. Los ensayos se realizaron en tres días diferentes (bloques), con cinco réplicas por ensayo por conveniencia, para un total de quince lecturas. Los resultados de la actividad coagulante intrínseca y de inhibición del efecto coagulante del veneno se evaluaron por la prueba de hipótesis binomial, con un nivel de significancia de $\alpha = .05$. Los resultados de las actividades proteolítica y PLA₂ intrínsecas se evaluaron por un análisis de varianza de dos vías (Andeva) de cada tratamiento frente al control negativo (PBS), con un nivel de significancia $\alpha = .05$. Cuando este análisis demostró que existían diferencias significativas, se realizó la prueba de comparaciones de Dunnett de cada tratamiento frente al control negativo (PBS).

El análisis de las pruebas de inhibición de los efectos proteolíticos y PLA₂ del veneno se realizó mediante un análisis de regresión de la curva concentración-actividad para determinar el mejor modelo de ajuste, con un nivel de significancia de $\alpha = .05$. Con base en este modelo, se calculó para cada extracto la CE₅₀ con un intervalo de confianza del 95%. Para la determinación de la actividad proteolítica de extractos vegetales sobre proteínas del veneno, se realizó un análisis descriptivo del patrón electroforético de las mezclas veneno:extracto, en comparación con el patrón observado en el veneno solo.

Resultados

Recolección, secado y obtención de extractos etanólicos de las plantas.

De cada planta (*B. simaruba*, *E. foetidum* y *P. dioica*) se colectó la parte que se utiliza en el tratamiento popular de la mordedura de serpiente, según revisión de literatura (Castro et al., 1999; Coe & Anderson, 2005; Hay, 2002). Se depositó una muestra en el Herbario CFEH del Laboratorio de Productos Naturales Farmaya y se le asignó un número de registro (Tabla 1). El material seco se extrajo con etanol, obteniéndose rendimientos del 15-69%.

Actividades coagulante y anticoagulante intrínsecas de las plantas y pruebas de inhibición

Se determinaron las actividades coagulante y anticoagulante intrínsecas sobre plasma citratado de los extractos etanólicos de las nueve plantas del proyecto, demostrándose que ninguno de los extractos presentaba actividades intrínsecas significativamente diferentes a las presentadas por los controles negativos ($p > .05$). Asimismo, en los ensayos de inhibición realizados utilizando las relaciones de CR:extracto establecidas para este estudio, se demostró que ninguno de los extractos neutralizó el efecto coagulante del veneno ($p < .001$) (datos no mostrados).

Actividad PLA₂ intrínseca de las plantas y pruebas de inhibición

La actividad PLA₂ intrínseca se determinó incubando diferentes concentraciones de cada extracto con el sustrato, y se comparó con la presentada por el control negativo. Se demostró que el extracto de *B. simaruba* presenta actividad PLA₂ intrínseca a todas las concentraciones estudiadas, siendo la más alta (12.5 µg/µl) la que mostró mayor actividad (4.2%, IC 95% [1.97, 6.47]). Aunque la actividad intrínseca mostrada por esta planta no fue significativamente diferente a la actividad del control negativo ($p = .076$), según los criterios de inclusión establecidos en el estudio, este extracto no fue analizado en las pruebas de inhibición (datos no mostrados). Al analizarse la capacidad inhibitoria del extracto de *P. dioica*, se encontró que ninguna de las concentraciones enfrentadas al veneno inhibió efectivamente

el efecto PLA₂ ($p = .624$). De igual manera, las concentraciones del extracto de *E. foetidum* enfrentados al veneno, carecieron de capacidad inhibitoria (datos no mostrados).

Actividad proteolítica intrínseca de las plantas y pruebas de inhibición

Se demostró que los extractos clorofilados y desclorofilados de *B. simaruba* presentaban una actividad proteolítica intrínseca significativamente mayor a la del control negativo ($p < .05$) a todas las concentraciones estudiadas (datos no mostrados), por lo que no se evaluaron en las pruebas de inhibición.

Por otro lado, ninguno de los extractos de *P. dioica* o *E. foetidum* presentaron actividad proteolítica intrínseca significativa ($p > .05$) cuando se compararon con el control negativo. Como se muestra en la Tabla 2, por medio de un análisis de regresión lineal de los

resultados obtenidos en las pruebas de inhibición del efecto proteolítico del veneno, se calcularon las ecuaciones que mejor describen el comportamiento de los datos de las curvas de concentración-actividad de cada uno de los extractos ($p < .001$). En el caso de los extractos con clorofila de *P. dioica* y *E. foetidum*, el análisis de regresión lineal también mostró un coeficiente de determinación (r^2) superior a .9, indicando que el comportamiento de los datos era lineal. Los resultados obtenidos mostraron que ambos extractos inhibieron efectivamente el efecto proteolítico del veneno a las relaciones veneno:planta ensayadas, ya que se obtuvieron valores de CE₅₀ de 44.20 µg/µl, IC 95% [40.55, 48.23] de *P. dioica* y 62.18 µg/µl, IC 95% [55.52, 69.92] de *E. foetidum* (Tabla 2). En la misma Tabla, se muestra que los extractos sin clorofila de estas dos plantas no alcanzaron la CE₅₀ a las concentraciones evaluadas en el estudio. En este caso, el análisis de regresión demostró que, aunque la ecuación calculada para la prueba con

Tabla 2
Capacidad de los extractos etanólicos del estudio para inhibir el efecto proteolítico del veneno de *B. asper*

Extracto etanólico	Neutralización actividad proteolítica del veneno				
	Ecuación ^a	r^{2b}	p^c	IC 95% ^d	CE ₅₀ [IC 95%] ^e
<i>P. dioica</i> con clorofila	$y = 1.219x - 3.854$	.956	< .001	Límite inferior: $y = 1.280x - 1.885$ Límite superior: $y = 1.157x - 5.824$	44.20 [40.55, 48.23]
<i>P. dioica</i> sin clorofila	$y = 0.088x + 5.790$	.263	< .001	Límite inferior: $y = 0.122x + 6.896$ Límite superior: $y = 0.053x + 4.683$	503.73 [353.11, 847.66]
<i>E. foetidum</i> con clorofila	$y = 0.681x + 7.679$	.904	< .001	Límite inferior: $y = 0.732x + 9.343$ Límite superior: $y = 0.629x + 6.014$	62.18 [55.52, 69.92]
<i>E. foetidum</i> sin clorofila	$y = 0.475x + 3.525$	.831	< .001	Límite inferior: $y = 0.525x + 5.138$ Límite superior: $y = 0.425x + 1.912$	97.87 [85.48, 113.19]

Nota. Los resultados de los ensayos de inhibición del efecto proteolítico del veneno se evaluaron mediante un análisis de regresión lineal de las curvas de concentración-actividad con un nivel de significancia de $\alpha = .05$. ^aEcuación que representa el modelo de regresión lineal que mejor describe el comportamiento de los resultados obtenidos. ^bCoficiente de determinación. ^cModelo lineal de regresión significativo a un nivel de .05. ^dEcuaciones que delimitan el intervalo de confianza al 95% de la ecuación del modelo de regresión lineal. ^eConcentración efectiva media expresada en µg de extracto/µl, entre corchetes se muestran los valores de los intervalos de confianza.

el extracto desclorofilado de *P. dioica* era significativa ($p < .001$), el coeficiente de determinación era muy bajo ($r^2 = .262$), por lo que la CE_{50} calculada ($503.73 \mu\text{g}/\mu\text{l}$, IC 95% [353.11, 847.66]) no es necesariamente representativa del valor real, lo cual se refleja en la amplitud de los intervalos de confianza. Por otro lado, la ecuación derivada del análisis del extracto desclorofilado de *E. foetidum* también fue significativa ($p < .001$), y aunque su coeficiente de determinación ($r^2 = .831$) fue inferior a .9, puede considerarse que el comportamiento de los datos guarda una mejor linealidad que en el caso de *P. dioica*. Según el modelo, su CE_{50} fue de $97.87 \mu\text{g}/\mu\text{l}$, IC 95% [85.48, 113.19], un valor cercano al del extracto con clorofila. Los extractos clorofilados de *P. dioica* y *E. foetidum* lograron la inhibición del 71.48% IC 95% [65.98, 76.99] y 49.28% IC 95% [47.14, 51.42] del efecto del veneno respectivamente, cuando se utilizaron en la relación veneno: extracto más alta (1:50 p:p), mientras que el extractos desclorofilados, evaluados en la misma proporción veneno:extracto, inhibieron solamente el 10.7% IC 95% [9.52, 11.88] y 33.45% IC 95% [29.98, 36.92] del efecto, respectivamente (datos no mostrados).

Análisis electroforético

El análisis por electroforesis SDS-PAGE del veneno de *B. asper* demostró la presencia de las bandas características del veneno de especímenes adultos de la región del Pacífico de Costa Rica, las cuales corresponden a proteínas de masas moleculares relativas entre 14 y 70 kDa (Alape-Girón et al., 2009). Cuando el veneno fue preincubado con los extractos de las plantas que demostraron actividad neutralizante del efecto proteolítico (*P. dioica* y *E. foetidum*), el patrón de bandas no mostró cambios en las mezclas veneno:planta en comparación con el patrón del control de veneno solo (Figura 2). No se detectaron bandas de proteínas en los extractos vegetales (datos no mostrados).

Tamizaje fitoquímico

Todas las especies vegetales del estudio presentaron flavonoides, antocianinas, catequinas en su composición química, los taninos estuvieron presentes en cuatro de ellas (*B. simaruba*, *E. foetidum*, *H. patens* y *P. dioica*), mientras que las cumarinas se detectaron en *A. maxima* (corteza), *B. simaruba*, *C. pareira*, *H. patens* y *P. peltatum* (Tabla 3).

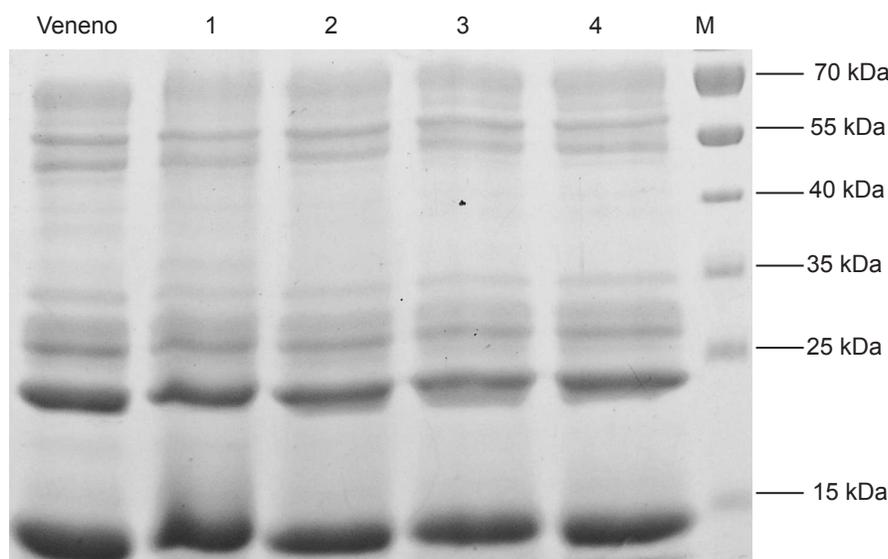


Figura 2. Electroforesis SDS-PAGE del veneno de *Bothrops asper* crudo y preincubado con extractos vegetales. El veneno se preincubó con extractos etanólicos en proporciones veneno:extracto (1:20 p:p) a 37°C por 30 min. En un gel de poliacrilamida al 12% se cargaron en cada pozo $10 \mu\text{l}$ de cada mezcla conteniendo: *Pimenta dioica* con (1) y sin clorofila (2); *Eryngium foetidum* con (3) y sin clorofila (4). Como control se cargó veneno solo (veneno). Marcador de peso molecular (M). La electroforesis se corrió en condiciones reductoras a 150 V por 1 h.

Tabla 3
Tamizaje fitoquímico de las plantas del estudio

Extracto etanólico	Flavonoides, catequinas y antocianinas ^a	Taninos ^b	Cumarinas ^c
<i>A. hindsii</i> (corteza)	+ ^d	- ^d	-
<i>A. maxima</i> (hojas)	+	-	-
<i>A. maxima</i> (corteza)	+	-	+
<i>B. simaruba</i> (corteza)	+	+	+
<i>C. pareira</i> (raíz)	+	-	+
<i>E. foetidum</i> (hojas)	+	+	-
<i>H. patens</i> (hojas)	+	+	+
<i>P. dioica</i> (hojas)	+	+	-
<i>P. peltatum</i> (hojas)	+	-	+
<i>S. hyacinthoides</i> (hojas)	+	-	-

Nota. ^aLa presencia de flavonoides y antocianinas se evaluó en los extractos etanólicos mediante cromatografía en capa fina, revelador de productos naturales y polietilenglicol. ^bLos taninos se determinaron mediante técnicas macrométricas de tubos por reacción de formación de precipitado. ^cLa detección de cumarinas se realizó mediante cromatografía en capa fina con revelador KOH 5%. ^dSe reporta la presencia (+) o ausencia (-) de los metabolitos estudiados.

Discusión

El complejo cuadro clínico desencadenado por la mordedura de *B. asper* es el resultado de la acción de varios componentes del veneno. Las PLA₂s son las principales responsables de la mionecrosis producida por el veneno, la cual produce pérdida del tejido muscular; además, sus acciones farmacológicas incluyen la inducción de edema, anticoagulación in vitro y citotoxicidad (Angulo & Lomonte, 2009). Las SVMPS son responsables de la hemorragia local y sistémica que caracteriza el envenenamiento; además inducen mionecrosis, edema, dermonecrosis, desfibrinogénesis secundaria al consumo de factores de coagulación y fibrino(geno)lisis (Gutiérrez, Rucavado, & Escalante, 2010). Las serina proteinasas tienen acción principalmente sobre proteínas de la cascada de la coagulación, tales como la de tipo trombina sobre el fibrinógeno, activación del plasminógeno, fibrinogénesis, inducción de la agregación plaquetaria e hipotensión. La acción combinada sobre la hemostasia de las serina proteinasas tipo trombina y metaloproteinasa con actividad activadora de protrombina del veneno de *B. asper* resulta en la formación de microtrombos, con agotamiento de fibrinógeno plasmático (desfibrin(ogen)ación) y degradación de fibrina (Rucavado et al., 2005).

Por ello, la búsqueda de compuestos naturales efectivos para el tratamiento del envenenamiento inducido por las serpientes *Bothrops* se ha enfocado en aquellos que logren la inhibición de los principales componentes del veneno de forma rápida y segura (Carvalho et al., 2013; Santhosh et al., 2013). Los extractos vegetales pueden contener varios compuestos químicos capaces de inhibir los efectos tóxicos de los venenos de serpiente por acción directa, tales como inhibidores enzimáticos, quelantes, inactivadores químicos o inmunomoduladores (Mors, do Nascimento, Ruppelt, & Alvares, 2000). También se ha sugerido que pueden producir inactivación del veneno por proteólisis directa (Mourão et al., 2014; Núñez et al., 2004). Por esta razón, en este estudio se realizaron pruebas para determinar la presencia de flavonoides, antocianinas, catequinas, taninos y cumarinas en los extractos etanólicos de las especies vegetales, con el objetivo de correlacionar la presencia de dichos metabolitos con las bioactividades presentadas.

Los bioensayos demostraron que ninguno de los extractos (*A. hindsii*, *A. maxima*, *B. simaruba*, *C. pareira*, *E. foetidum*, *H. patens*, *P. dioica*, *P. peltatum* y *S. hyacinthoides*) presentó actividad coagulante y/o anticoagulante intrínseca a las concentraciones evaluadas. Estos resultados difieren de los obtenidos en un estudio

anterior realizado con plantas guatemaltecas (Saravia et al., 2001a), en donde los extractos acuosos y etanólicos de *D. contrajerva* demostraron actividad coagulante intrínseca, y los acuosos de *N. lobata* y *E. odoratum* actividad anticoagulante intrínseca. Sin embargo, las concentraciones de extractos utilizadas fueron mayores (0.1-5 mg) a las utilizadas en este estudio, por lo que existe la posibilidad de que el efecto intrínseco de las plantas sobre la hemostasia sea dependiente de la concentración (Houghton & Skari, 1994). Esta noción podría ser sustentada además por el hecho de que los extractos de *A. maxima* (corteza), *B. simaruba*, *C. pareira*, *H. patens* y *P. peltatum* posean cumarinas además de flavonoides en su composición química, pero no demostraron actividad anticoagulante. Los flavonoides están comúnmente asociados con cumarinas y además han demostrado efectos antiplaquetario y anticoagulante (Ryu et al., 2013).

Asimismo, ninguno de los extractos mostró capacidad inhibitoria del efecto coagulante a las proporciones veneno: extracto (p:p) evaluadas. Aunque estas proporciones resultaron efectivas anteriormente con plantas nativas de Guatemala (Saravia et al., 2001a), debe considerarse que otros estudios han reportado el uso de concentraciones más altas de extractos vegetales para la inhibición del efecto coagulante (Houghton & Skari, 1994; Patiño et al., 2012). Esto sugiere nuevamente que la capacidad inhibitoria pudiera ser dependiente de la concentración del extracto, pero deberá evaluarse, en futuros estudios, que las concentraciones que resulten efectivas en ensayos *in vitro* sean biológicamente relevantes y de uso seguro para los afectados.

La inhibición del efecto coagulante del veneno se ha atribuido a la presencia de flavonoides, ya que tienen una amplia gama de bioactividades, entre ellas la de inhibir la actividad enzimática de serina proteinasas como trombina, plasmina y tripsina, posiblemente mediante un acoplamiento molecular que induce el bloqueo del sitio activo de la enzima (Jedinák, Maliar, Grančai, & Nagy 2006). Además, se ha descrito que las cumarinas pueden inhibir serina proteinasas (Pochet, Frédérick, & Masereel, 2004). Aunque el análisis fitoquímico demostró la presencia de estos metabolitos en las especies del estudio, los resultados obtenidos sugieren que posiblemente su concentración sea insuficiente para inhibir las toxinas del veneno, ya que se utilizaron concentraciones relativamente bajas del extracto en estos experimentos. Podría considerarse también que el etanol no permitió la extracción total de estos metabolitos, ya que algunos estudios han demostrado que la mayor

cantidad de flavonoides y polifenoles generalmente son extraídos con acetona (Singh, Singh, Banu, & Salim, 2013).

Existen reportes de plantas y moléculas activas que inhiben efectivamente las PLA₂s miotóxicas de los venenos de algunas serpientes de la familia Viperidae (Carvalho et al., 2013). Los metabolitos a los cuales se les ha atribuido su actividad son principalmente compuestos fenólicos, esteroideos y terpenoides (Santosh et al., 2013; Soares et al., 2005). Si bien ha sido propuesta una inhibición competitiva por parte de estos compuestos hacia las enzimas mencionadas (Lättig et al., 2007), también podría pensarse en un mecanismo de inhibición por la formación de complejos inactivos entre la enzima y los compuestos en mención, o bien por la quelación del Ca²⁺ requerido por las PLA₂s para su ciclo catalítico. Es posible sugerir que los compuestos polifenólicos pueden precipitar proteínas y formar complejos con metales como el Ca²⁺ lo cual explicaría la disminución en la actividad PLA₂ (Leanpolchareanchai, Pithayanukul, Bavovada, & Saparpakorn, 2009). En Colombia y Costa Rica se han descrito plantas con acción inhibitoria de la actividad PLA₂ del veneno de *B. asper* y de miotoxinas PLA₂ aisladas, como es el caso de *Piper umbellatum* L. y *P. peltatum* L. (Lomonte, León, Angulo, Rucavado, & Núñez, 2009). En el presente estudio se demostró que el extracto de *B. simaruba* presentó actividad PLA₂ intrínseca a todas las concentraciones evaluadas y que los extractos de *P. dioica* y *E. foetidum* no inhibieron el efecto PLA₂ del veneno. Aunque la presencia de los compuestos fenólicos en los extractos sugeriría alguna actividad anti PLA₂, estos resultados son similares a los obtenidos anteriormente en el estudio de plantas guatemaltecas, en donde no se logró detectar inhibición efectiva de esta actividad (Saravia et al., 2001a; Saravia-Otten et al., 2015). Estos hallazgos sugieren que variaciones en el lugar y época de colecta, factores ambientales como humedad, temperatura y suelo, así como el estado fenológico de la planta, hayan influido en la cantidad de metabolitos presentes en los especímenes estudiados (Ramakrishna & Ravinshankar, 2011).

Debido a la importancia del efecto proteolítico de las SVMs en la producción de la hemorragia local y sistémica que caracteriza el envenenamiento, así como en otros efectos fisiopatológicos, se evaluó la capacidad de los extractos etanólicos de *P. dioica* y *E. foetidum* (con y sin clorofila) para inhibir este efecto *in vitro*. Los resultados de las pruebas de inhibición demostraron que los extractos con clorofila de *P. dioica* (CE₅₀ = 44.20 µg/µl) y *E. foetidum* (CE₅₀ = 62.18 µg/µl)

inhibieron efectivamente la actividad del veneno a las concentraciones ensayadas en el estudio, mientras que sus extractos desclorofilados demostraron tener menor potencia, particularmente el de *P. dioica*.

En Costa Rica, el estudio realizado por [Castro y colaboradores \(1999\)](#) identificó la presencia de catequinas, flavonas, antocianinas y taninos condensadas en los extractos vegetales que inhibieron efectivamente la hemorragia local inducida en ratones por la inyección de veneno de *B. asper*. La habilidad neutralizante del efecto hemorrágico en ese y otros estudios ([Mouroao et al., 2014](#); [Santhosh et al., 2013](#)) se ha asociado principalmente a la presencia de flavonoides, los cuales podrían quelar el átomo de zinc requerido para que las metaloproteinasas ejerzan su acción hemorrágica. Los resultados obtenidos con el extracto etanólico clorofilado de *P. dioica* de Guatemala correlacionan con los hallazgos de [Castro y colaboradores \(1999\)](#), en donde se reportó que los extractos de *P. dioica* inhiben completamente la hemorragia local. Se demostró además en el presente estudio, que los componentes de los extractos vegetales de *P. dioica* y *E. foetidum* no tenían efecto proteolítico sobre las proteínas del veneno. Estos resultados sugieren entonces que la capacidad neutralizante de la proteólisis evidenciada por los extractos de *P. dioica* y *E. foetidum*, podría deberse a la presencia de los metabolitos secundarios reportados con bioactividad antiproteolítica (flavonoides, antocianinas, catequinas y taninos) en su composición, y que el mecanismo de inhibición posiblemente sea mediado por la quelación de zinc. Asimismo, que la pérdida de bioactividad observada en los extractos desclorofilados, puede atribuirse a la pérdida de moléculas lipofílicas activas durante el proceso de desclorofilación, tales como los terpenoides, saponinas y esteroides.

La actividad proteolítica intrínseca de los extractos de *B. simaruba*, la cual podría potenciar la actividad proteolítica del veneno, no correlacionó con hallazgos previos, ya que su actividad antihemorrágica in vivo fue demostrada por [Castro y colaboradores \(1999\)](#). [Coe y Anderson \(2005\)](#) reportan además que la decocción de corteza o toda la planta de *B. simaruba* es utilizada de forma oral para tratar los efectos secundarios del envenenamiento por mordedura de serpientes en la región este de Nicaragua, en donde *B. asper* es abundante. Además de considerarse los factores de variación mencionados anteriormente para explicar estas diferencias entre estudios, debe tomarse en cuenta que los antídotos tradicionales se preparan con mezclas complejas de plantas ([Giovannini & Howes, 2017](#)), en las que podría

producirse sinergia entre sus compuestos bioactivos ([Ahmad & Aqil, 2007](#)).

En conclusión, se demostró que los extractos de *P. dioica* y *E. foetidum* inhiben efectivamente el efecto proteolítico del veneno de *B. asper*. Aunque se identificaron metabolitos secundarios que podrían estar relacionados con su capacidad inhibitoria, el aislamiento de estos compuestos requiere más estudios, pues solo así se podrá determinar el mecanismo directo por el cual se ven inhibidas las actividades que ocasiona el veneno. De igual forma, la evaluación de los extractos acuoso y acetónico de las plantas de este estudio podrían arrojar información más exacta sobre su capacidad para inhibir el efecto coagulante del veneno, ya que los extractos completos presentan en su composición química los metabolitos secundarios necesarios para inhibir serinasa y metaloproteinasas. Aunque ninguna de las plantas guatemaltecas evaluadas demostró capacidad inhibitoria del efecto PLA₂ del veneno, es necesario realizar más estudios científicos para determinar su verdadero valor terapéutico, ya que, al utilizarse en combinación con otras plantas, según la forma tradicional de preparación de los antídotos, podría potenciarse su acción.

Agradecimientos

Agradecemos a Libny Pernillo, Federico Nave y Balmore Valladares por su valiosa colaboración, así como al Instituto Clodomiro Picado (Universidad de Costa Rica) por haber suministrado el veneno de *B. asper* utilizado en este trabajo. Esta investigación fue cofinanciada por la Digi-Usac-2016, Proyecto: 4.8.63.1.82.

Referencias

- Ahmad, I., & Aqil, F. (2007). In vitro efficacy of bioactive extracts of 15 medicinal plants against ES βL-producing multidrug-resistance enteric bacteria. *Microbiological Research*, 162(3), 264-275. doi:10.1016/j.micres.2006.06.010
- Alape-Girón, A., Flores-Díaz, M., Sanz, L., Madrigal, M., Escolano, J., Sasa, M., & Calvette, J. (2009). Studies on the venom proteome of *Bothrops asper*: Perspectives and applications. *Toxicon*, 54(7), 938-948. doi:10.1016/j.toxicon.2009.06.011
- Angulo, Y., & Lomonte, B. (2009). Biochemistry and toxicology of toxins purified from the venom of the snake *Bothrops asper*. *Toxicon*, 54(7), 949-957. doi:10.1016/j.toxicon.2008.12.014

- Carvalho, B. M. A., Santos, J. D. L., Xavier, B. M., Almeida, J. R., Resende, L. M., Martins, W., ... Marchi-Salvador, D. P. (2013). Snake venom PLA₂s inhibitors isolated from Brazilian plants: Synthetic and natural molecules. *BioMed Research International*, 2013,153045. doi: 10.1155/2013/153045
- Castro, O., Gutiérrez, J. M., Barrios, M., Castro, I., Romero M., & Umaña, E. (1999). Neutralización del efecto hemorrágico inducido por veneno de *Bothrops asper* (Serpentes: Viperidae) por extractos de plantas tropicales. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 605-616.
- Coe, F. G., & Anderson, G. J. (2005). Snakebite ethnopharmacopoeia of eastern Nicaragua. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 303-323. doi: 10.1016/jep.2004.09.026
- Coll, J., & Bowden, B. (1986). The application of vacuum liquid chromatography to the separation of terpene mixtures. *Journal of Natural Products*, 49(5), 934-936.
- Dole, V. P. (1956). A relation between non-esterified fatty acids in plasma and the metabolism of glucose. *Journal of Clinical Investigation*, 35, 150-154. doi:10.1021/np50047a033
- Fernandes, A. M., Prado, A. L., Barata, L. E. S., Paulo M. Q., Azevedo, N. R., & Ferri P. H. (1997). A method to separate lignoid from *Virola* leaves. *Phytochemical Analysis*, 8(1), 18-21.
- Gené, J. A., Roy, A., Rojas, G., Gutiérrez, J. M., & Cerdas, L. (1989). Comparative study on coagulant, defibrinating, fibrinolytic and fibrinogenolytic activities of Costa Rican crotaline snake venoms and their neutralization by a polyvalent antivenom. *Toxicon*, 27(8), 841-848. doi:10.1016/0041-0101(89)90096-2
- Giovannini, P., & Howes, M. -J. R. (2017). Medicinal plants used to treat snakebite in Central America: Review and assessment of scientific evidence. *Journal of Ethnopharmacology*, 199, 240-256. doi: 10.1016/j.jep.2017.02.011
- Gutiérrez, J. M. (2002). Comprendiendo los venenos de serpientes: 50 años de investigaciones en América Latina. *Revista de Biología Tropical*, 50, 377-394.
- Gutiérrez, J. M. (2010). Snakebite envenomation in Central America. En S. Mackessy (Ed.), *Handbook of Venoms and Toxins of Reptiles* (pp. 492-505). Boca Raton: CRC Press.
- Gutiérrez, J. M. (2014). Current challenges for confronting the public health problem of snakebite envenoming in Central America. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 20(7). doi:10.1186/1678-9199-20-7
- Gutiérrez, J. M., Escalante, T., & Rucavado, A. (2009a). Experimental pathophysiology of systemic alterations induced by *Bothrops asper* snake venom. *Toxicon*, 54(7), 976-987. doi:10.1016/j.toxicon.2009.01.039.
- Gutiérrez, J. M., Lomonte, B., Chaves, F., Moreno, E., & Cerdas, L. (1986). Pharmacological activities of a toxic phospholipase A isolated from the venom of the snake *Bothrops asper*. *Comparative Biochemistry and Physiology C*, 84(1), 159-164.
- Gutiérrez, J. M., Rojas, G., Lomonte, B., Gené, J. A., Chaves, F., Alvarado, J., & Rojas, E. (1990). Standardization of assays for testing the neutralizing ability of antivenoms. *Toxicon*, 28(10), 1127-1129. doi:10.1016/0041-0101(90)90110-S
- Gutiérrez, J. M., Rucavado, A., Chaves, F., Díaz, C., & Escalante, T. (2009b). Experimental pathology of local tissue damage induced by *Bothrops asper* snake venom. *Toxicon*, 54(7), 958-975. doi:10.1016/j.toxicon.2009.01.038
- Gutiérrez, J. M., Rucavado, A., & Escalante, T. (2010). Snake venom metalloproteinases: Biological roles and participation in the pathophysiology of envenomation. En S. P. Mackessy (Ed.), *Handbook of venoms and toxins of reptiles* (pp. 115-138). Boca Raton: CRC Press.
- Hay, J. O. (2002). Estudio etnofarmacológico de plantas utilizadas en la medicina tradicional para el tratamiento de leishmaniasis cutánea, del paludismo y de la mordedura de serpientes, en tres departamentos de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Service de Coopération au Développement, Institut de Recherche pour le Développement.

- Houghton, P. J., & Skari, M. P. (1994). The effect on blood clotting of some west African plants used against snakebite. *Journal of Ethnopharmacology*, 44(2), 99-108. doi:10.1016/0378-8741(94)90075-2
- Jedinák, A., Maliar, T., Gran čai, D., & Nagy, M. (2006). Inhibition activities of natural products on serine proteases. *Phytotherapy Research*, 20, 214-217. doi:10.1002/ptr.1836
- Kuklinski, C. (2000). *Farmacognosia. Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural*. Barcelona: Omega.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227, 680-685. doi:10.1038/227680a0
- Lättig, J., Böhl, M., Fischer, P., Tischer, S., Tietböhl, C., Menschikowski, M., ... Pisabarro, M. T. (2007). Mechanism of inhibition of human secretory phospholipase A2 by flavonoids: Rationale for lead design. *Journal of Computer-Aided Molecular Design*, 21(8), 473-483. doi:10.1007/s10822-007-9129-8
- Leanpolchareanchai, J., Pithayanukul, P., Bavovada, R., & Saparpakorn, P. (2009). Molecular docking studies and anti-enzymatic activities of *Thai mango* seed kernel extract against snake venoms. *Molecules*, 14(4), 1404-1422. doi:10.3390/molecules14041404
- Lock, O. (1994). *Investigación Fitoquímica* (2ª. ed.). Lima, Perú: Fondo Editorial.
- Lomonte, B., León, G., Angulo, Y., Rucavado, A., & Núñez, V. (2009). Neutralization of *Bothrops asper* venom by antibodies, natural products and synthetic drugs: Contributions to understanding snakebite envenomings and their treatment. *Toxicon*, 54(7), 1012-1028. doi:10.1016/j.toxicon.2009.03.015
- Ministerio de Sanidad y Consumo, Agencia Española de Medicamentos. (2002). *Real Farmacopea Española* (2ª. ed.). Madrid: Boletín Oficial del Estado
- Mors, W. B., do Nascimento, M. C., Ruppelt Pereira, B. M., & Alvares Pereira, N. (2000). Plant natural products active against snake bite – the molecular approach. *Phytochemistry*, 55(6), 627-642. doi:10.1016/S0031-9422(00)00229-6
- Mourão, V., Serra, A. N., Veras, R. H., Varjao, J. L., Almeida, J. D., Luckwu, R., ... Dos-Santos, M. C. (2014). A comparison of the ability of *Bellucia dichotoma* Cogn. (Melastomataceae) extract to inhibit the local effects of *Bothrops atrox* venom when pre-incubated and when used according to traditional methods. *Toxicon*, 85, 59-68. doi:10.1016/j.toxicon.2014.04.009
- Núñez, V., Otero, R., Barona, J., Saldarriaga, M., Osorio, R. G., Fonnegra, R., A., ... Quintana, J. C. (2004). Neutralization of the edema-forming, defibrinating and coagulant effects of *Bothrops asper* venom by extracts of plants used by healers in Colombia. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37(7), 969-977. doi:10.1590/S0100-879X2004000700005
- Otero, R., Fonnegra, R., Jiménez, S. L., Núñez, V., Evans, N., Alzate, S. P., ... Vélez, H. N. (2000). Snakebites and ethnobotany in the northwest region of Colombia Part I: Traditional use of plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 71(3), 493-504.
- Patiño, A. C., López, J., Aristizábal, M., Quintana, J. C., & Benjumea, D. (2012). Efecto inhibitorio de extractos de *Renealmia alpina* Rottb. Maas (*Zingiberaceae*) sobre el veneno de *Bothrops asper* (mapaná). *Biomédica*, 32(3), 365-374. doi:10.7705/biomedica.v32i3.591
- Pochet, L., Frédérick, R., & Masereel, B. (2004). Coumarin and isocoumarin as serine protease inhibitors. *Current Pharmaceutical Design*, 10(30), 3781-3796. doi:10.2174/1381612043382684
- Ramakrishna, A., & Ravishankar, G. A. (2011). Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plants. *Plant Signaling & Behavior*, 6(11), 1720-1731. doi:10.4161/psb.6.11.17613
- Rucavado, A., Soto, M., Escalante, T., Loria, G. D., Armi, R., & Gutiérrez, J. M. (2005). Thrombocytopenia and platelet hypoaggregation induced by *Bothrops asper* snake venom. Toxins involved and their contribution to metalloproteinase-induced pulmonary hemorrhage. *Thrombosis and Haemostasis*, 94(1), 123-131. doi:10.1160/TH05-02-0112
- Ryu, R., Jung, U. J., Kim, H. J., Lee, W., Bae, J. S., Park, Y. B., & Choi, M. S. (2013). Anticoagulant

- and antiplatelet activities of *Artemisia princeps* Pampanini and its bioactive components. *Preventive Nutrition and Food Science*, 18(3), 181-187. doi:10.3746/pnf.2013.18.3.181
- Santhosh, M. S., Hemshekhar, M., Sunitha, K., Thushara, R. M., Jnaneshwari, S., Kemparaju, K., & Girish, K. S. (2013). Snake venom induced local toxicities: Plant secondary metabolites as an auxiliary therapy. *Mini Reviews in Medical Chemistry*, 13, 106-123. doi:10.2174/1389557511307010106
- Saravia-Otten, P., Hernández, R., Gutiérrez, J. M., Mérida, M., & Cáceres, A. (2015). Evaluación de la capacidad neutralizante de extractos de plantas de uso popular en Guatemala como antidotos para el envenenamiento por la mordedura de *Bothrops asper*. *Ciencia, Tecnología y Salud*, 2(2), 25-37.
- Saravia, P., Cáceres, A., Velásquez, R., & Lara, O. (2001a) *Plantas con actividad antiofídica en Guatemala. I. Identificación y evaluación de su capacidad neutralizante* (FODECYT No. 47-99). Guatemala: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Saravia, P., Rojas, E., Escalante, T., Arce, V., Chaves, E., Velásquez, R., ... Gutiérrez, J. M. (2001b). The venom of *Bothrops asper* from Guatemala: Toxic activities and neutralization by antivenoms. *Toxicon*, 39(2-3), 401-405. doi: 10.1016/50041-0101(00)00122.7
- Singh, S., Singh, D. R., Banu, S., & Salim, K. M. (2013). Determination of bioactives and antioxidant activity in *Eryngium foetidum* L.: A traditional culinary and medicinal herb. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B. Biological Sciences*, 83(3), 453-460. doi:10.1007/s40011-012-0141-y
- Soares, A. M., Tieli, F. K., Marcussi, S., Lourenço, M. V., Januário, A. H., Sampaio, S. V., ... Pereira, P. S. (2005). Medicinal plants with inhibitory properties against snake venoms. *Current Medicinal Chemistry*, 12(22), 2625-2641.
- Theakston, R. D. G., & Reid, H. A. (1983). Development of a simple standard assay procedures for the characterization of snake venoms. *Bulletin of World Health Organization*, 61(6), 949-956.
- Wang, W.-J., Shih C.-H., & Huang, T.-F. (2004). A novel P-I class metalloproteinase with broad substrate-cleaving activity, agkislysin, from *Agkistrodon acutus* venom. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 324, 224-230. doi:10.1016/j.bbrc.2004.09.031
- Wagner, H. & Bladt, S. (1996). *Plant Drug Analysis*. Berlin: Springer Verlag.

Prevalencia de la infección por *Helicobacter pylori* en la población que asistió a las clínicas de Aprofam durante 2006-2011

Prevalence of Helicobacter pylori infection among the population attending Aprofam clinics during 2006-2011

Yesenia A. Díaz¹, Jorge L. de León², Lesbia. E. Rivera³, Vivian L. Matta^{1*}

¹ Escuela de Química Biológica e ²Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala y

³Asociación pro Bienestar de la Familia (Aprofam), Guatemala

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

Recibido: 24 de noviembre 2016 / Revisión: 14 de noviembre 2017 / Aceptado: 22 de noviembre 2017

Resumen

Se determinó la prevalencia de la infección por *Helicobacter pylori* en la población que acudió a 10 centros departamentales de Aprofam durante 2006-2011, la que se analizó por género, edad y etnia. La prevalencia se determinó como tasa ajustada y los datos se analizaron con las características socioeconómicas de cada región. De 10,075 registros de pacientes se encontró una prevalencia del 66.83%, obteniéndose la mayor en la población ladina (54.79%), en el género femenino (53.07%) y en el grupo de edad comprendido entre los 20 a 39 años (18.35%). Se encontró asociación significativa entre la presencia de infección y la etnia ($p = .001$) y entre el género e infección ($p < .05$). La mayor tasa de infección se encontró en los departamentos de Guatemala (77.25%), Quezaltenango (74.80%) e Izabal (72.79%). La tasa ajustada por cada departamento se comparó con la distribución de la pobreza, encontrando una correspondencia con los departamentos de Alta Verapaz, Chimaltenango y Jutiapa. Posteriormente se correlacionó con los índices de desarrollo humano (IDH) de salud, educación y de ingreso, encontrándose una relación inversa no significativa entre el IDH de salud y la tasa de infección ($r = -.047, p > .025$).

Palabras claves: Factores de riesgo, índice de desarrollo humano, epidemiología, tasa ajustada

Abstract

The prevalence of *Helicobacter pylori* infection in the population who attended 10 departmental centers of Aprofam during 2006 -2011 was determined and analyzed by gender, age and ethnicity. For each center, the prevalence of *H. pylori* infection as adjusted rate was calculated and analyzed within the socioeconomic characteristics of each region. A total of 10,075 patient records were included and the overall prevalence of infection found was 66.83%, being the highest prevalence among the ladino population (54.79%), females (53.07%) and the group aged from 20 to 39 years (18.35 %). A statistically significant association between the presence of infection and ethnicity ($p = .001$) and also with gender (< 0.05) was found. The highest rate of infection was found in the departments of Guatemala (77.25%), Quezaltenango (74.80%) and Izabal (72.79%). The adjusted rate for each department was related to poverty distribution finding a coincidence with Alta Verapaz, Chimaltenango and Jutiapa. No significance was found in the correlation with human development index (HDI) of health, education and income only an inverse relationship between the HDI-health and infection rate ($r = -.047, p > .025$).

Keywords: Confidence interval, risk factors, epidemiology, human rate of development, adjusted rate



Introducción

Marshall y Warren en 1982 aislaron un bacilo curvado o en espiral de biopsias de la mucosa gástrica intacta de pacientes con diagnóstico de gastritis activa y úlcera duodenal o gástrica, la que inicialmente fue llamada *Campylobacter pyloridis* (Marshall & Warren, 1984). Sin embargo, más adelante por los resultados de los estudios bioquímicos y genéticos se le denominó *Campylobacter pylori*, el que cambió después a *Helicobacter pylori*, siendo este su nombre actual (Goodwin & Armstrong, 1990).

A partir de esa fecha, el interés científico por *H. pylori* se ha multiplicado y según datos obtenidos en el 2015, 4.4 billones de individuos a nivel mundial son positivos para *H. pylori* (Hooi et al., 2017) por lo que se le considera como uno de los patógenos más comunes en el mundo (Khalifa, Sharaf, & Aziz, 2010). En los países industrializados de Norte América y Oceanía la prevalencia de la infección ha disminuido de tal forma que presentan las prevalencias más bajas, 37.1% y 24.4% respectivamente, al contrario de los países en desarrollo o recién industrializados de África, Latinoamérica y Asia donde su prevalencia ha aumentado, reportándose 79.1, 63.4 y 54.7% respectivamente, principalmente por el nivel de urbanización, sanitación, acceso al agua potable y condiciones socioeconómicas (Hooi et al., 2017, Pounder & Ng, 1995). El período de adquisición de la infección es generalmente durante la infancia (Taylor & Blaser, 1991) y se ha asociado con el desarrollo de gastritis, úlceras pépticas, cáncer gástrico y linfoma tipo MALT, patologías que se producen por la colonización del estómago y el proceso inflamatorio crónico (Romo & Coria, 2008), lo que la hace un problema de salud muy importante.

En Guatemala, varios estudios realizados desde 1998 han permitido establecer que la infección está presente desde los primeros años de vida y se ha reportado que los niños de 0-3 años presentan una prevalencia del 33% la cual va aumentando con el tiempo (Afre & Flores, 2004). En la población adulta se han realizado varios estudios y la prevalencia reportada oscila entre el 29.73-72.19% (Alonzo et al., 2009; Cifuentes, Silvestre, Lange, & Matta, 2012; Dowsett et al., 1999; Lange et al., 2011; Moreira, 1998; Orozco et al., 2011; World Gastroenterology Organization (WGO), 2010), los que en su mayoría se han realizado en la población que habita en la ciudad capital y de diferentes condiciones socioeconómicas, lo cual explica el amplio rango de positividad encontrado.

La infección se ha asociado a indicadores socioeconómicos, especialmente una condición socioeconómica baja, ingesta de alimentos fuera del hogar, desnutrición, hacinamiento familiar, promiscuidad, falta de drenajes, poca disponibilidad de agua potable y malos hábitos higiénicos, por lo que se ha considerado como un indicador de pobreza (Eusebi, Zagari, & Bazzoli, 2014).

Los estudios realizados en Guatemala hasta la fecha han sido en su mayoría en población que reside en el área de la capital y para ampliar el conocimiento de la infección en el país, se realizó este estudio a fin de establecer la prevalencia de la infección en pacientes que acudieron a 10 centros departamentales de la Asociación Pro Bienestar de La Familia (Aprofam), de diferentes grupos etarios, étnicos, de género y condiciones socioeconómicas de la población de la capital. Aprofam es una institución privada, no lucrativa, fundada legalmente en 1964 que tiene como objetivo prestar servicios integrales de salud, con calidad y equidad de género, con prioridad en la salud sexual y reproductiva, dirigida a personas de escasos recursos en todo el país (Aprofam, n.d.).

Se determinó la prevalencia de la infección por *H. pylori* como tasa ajustada y los datos obtenidos se analizaron tomando en cuenta las características socioeconómicas de cada región.

Materiales y métodos

Muestra

La muestra se conformó por los registros únicos de pacientes que acudieron a realizarse el diagnóstico de *H. pylori* en sangre en 10 sedes departamentales de Aprofam durante el periodo 2006-2011. Las sedes se encuentran en las siguientes regiones de Guatemala: Metropolitana (Guatemala), Central (Escuintla y Chimaltenango), Norte (Alta Verapaz), Sur Occidental (Quezaltenango y San Marcos), Sur Oriental (Jutiapa), Nor Occidental (Huehuetenango) y Nor Oriental (Izabal, Zacapa).

Metodología

Los datos demográficos (edad, sexo, lugar de origen y etnia) de los pacientes se obtuvieron del Programa Sistema Gerencial de Clínicas y los resultados de anticuerpos IgG anti-*H. pylori* del programa Solución Integral (red de manejo de laboratorios departamentales),

ambos de Aprofam, para lo cual se contó con la autorización respectiva. La determinación de anticuerpos IgG se realizó por el método de ELISA con reactivos marca Human®, y los resultados se expresaron como Positivo o Negativo, siguiendo las instrucciones del fabricante. Los registros que se incluyeron fueron únicos para cada paciente, es decir no hubo duplicados.

Análisis estadístico

Se realizó por estadística descriptiva, en la cual se determinó la prevalencia de anticuerpos de cada sede y esta se analizó por género, edad y etnia, Se utilizó la prueba de Ji cuadrado para la búsqueda de asociaciones entre la presencia de anticuerpos IgG anti-*H. pylori* y los factores de riesgo anteriores, para lo cual se estableció un nivel de significancia de $p < .05$ y se estimó los intervalos de confianza del 95%.

Por medio del programa EPI-DAT 6.0 se determinaron las tasas ajustadas utilizando el método estadístico directo, con un intervalo de confianza del 95%. Para ello se utilizó la población de la sede de Guatemala reportada para el año 2010 por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), la cual fue utilizada como el denominador y permitió así minimizar el efecto por la composición poblacional. El análisis se realizó por rango de edad y con el programa EPI-DAT

6.0 se calculó la tasa ajustada de cada departamento, posteriormente las tasas obtenidas se compararon entre sí. Los datos de cada sede fueron comparados con los índices de desarrollo de salud, educación y económico de cada departamento establecidos por el PNUD para el mismo año (PNUD, s.f.).

Se correlacionó la tasa de infección obtenida en cada departamento con sus índices de desarrollo humano reportado para la cual se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson, evaluándose a dos colas a un nivel de significancia de .025.

Resultados

Se incluyó un total de 10,075 registros de pacientes que asistieron a las sedes de Aprofam a realizarse la determinación de anticuerpos IgG anti-*H. pylori* durante el período 2006 al 2011. La distribución por género fue de 8,141 mujeres (80.80%) y 1,934 hombres (19.20%), con un rango de edad de 0 a 91 años. La prevalencia de anticuerpos IgG anti-*H. pylori* en el total de la población estudiada fue de 66.83% IC 95% obteniéndose la mayor prevalencia en el género femenino con 53.07% mientras que en el masculino se encontró 13.80%, encontrándose que existe diferencia significativa entre ambos géneros ($p < .05$) (Tablas 1 y 2).

Los centros con más positividad fueron el departamento de Guatemala (77.24%), Quezaltenango

Tabla 1

Distribución de los pacientes del estudio por positividad a anticuerpos IgG anti-H pylori, género y centro de Aprofam

Centro de	Hombres				Mujeres				Total	
	Positivos	%	Negativos	%	Positivos	%	Negativos	%	Positivo	%
Aprofam	345	17.65	25	1.28	1165	59.59	420	21.48	1510	77.24
Quetzaltenango	172	13.26	34	2.95	677	58.67	252	21.84	849	74.80
Izabal	45	15.90	7	2.47	161	56.89	70	24.73	206	72.79
Huehuetenango	169	25.96	39	5.99	283	43.47	160	24.58	452	69.43
San Marcos	67	10.82	31	5.01	341	55.09	180	29.08	408	65.91
Zacapa	46	11.62	20	5.05	212	53.54	118	29.80	258	65.15
Escuintla	131	10.64	78	6.34	642	52.15	358	29.08	773	63.94
Chimaltenango	116	10.01	68	5.87	595	51.34	380	32.79	711	61.35
Alta Verapaz	196	11.36	104	6.03	857	49.65	569	32.97	1053	61.01
Jutiapa	99	10.99	142	15.76	414	45.95	287	31.85	513	54.46
Total	1386	13.80	548	5.44	5347	53.07	2794	27.73	6733	66.83

Tabla 2
Distribución de los pacientes del estudio según positividad al *H. pylori* y género

	Anticuerpos IgG anti- <i>Helicobacter pylori</i>						
	Negativo		Positivo			Total	
	Número	%	Número	%	IC 95%	Número	%
Masculino	548	28.33	1,386	71.67	[69.59, 73.66]	1,934	19.20
Femenino	27,94	34.32	5,347	65.68	[64.63, 66.71]	8,141	80.80

(74.8%) e Izabal (72.79%), mientras que Jutiapa presentó la menor positividad con 54.46%

Con relación a la edad, se encontró una mayor prevalencia de infección en el rango comprendido entre 20 a 39 años con un pico entre los 25 a 29 años. Es importante señalar que se observó positividad desde los primeros años de vida (Figura 1). En cuanto a la distribución de la muestra según etnia, los grupos mayoritarios fueron la población ladina con 5,520 (54.79%) seguido de la indígena con 4,495 (44.61%).

De 44 (0.44%) pacientes no fue posible obtener información. En la Tabla 3 se presenta la distribución de la población con relación a la positividad de la infección y etnia, encontrando que la etnia ladina fue la que presentó una mayor positividad con 68.12%, seguido por la etnia indígena con 65.29%. Se obtuvo una asociación significativa entre la etnia y la positividad a *H. pylori* ($p = .001$).

Posteriormente, se calcularon las tasas de infección ajustadas de cada sede, encontrando que el depar-

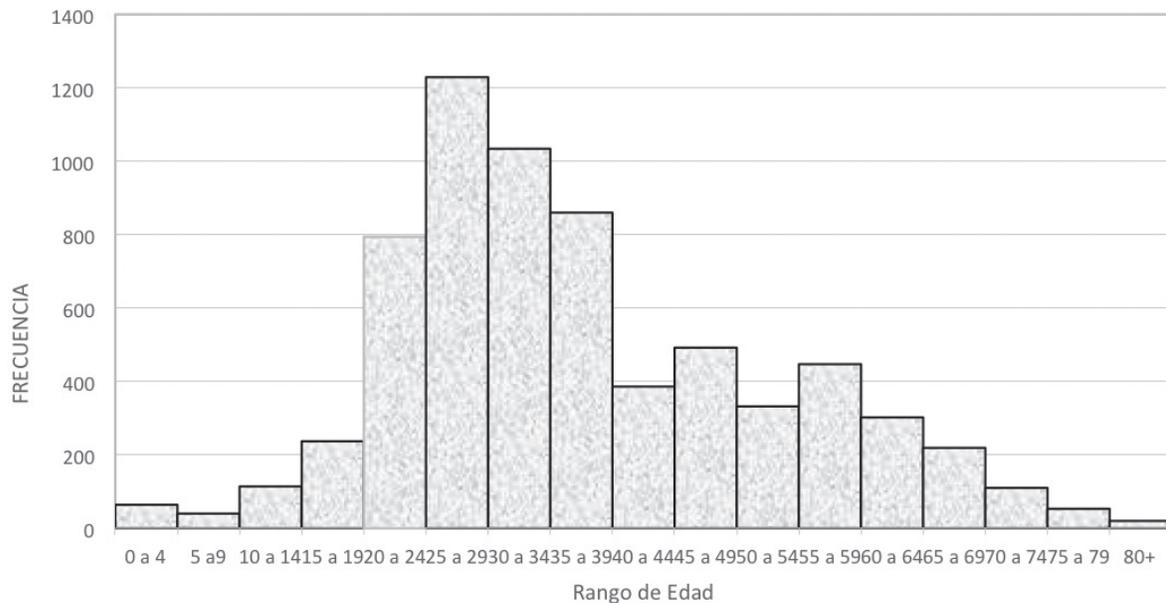


Figura 1. Frecuencia de infección de *H. pylori* según el rango de edad (0 – 91 años).

Tabla 3
Distribución de los pacientes del estudio según positividad al *H. pylori* y etnia

Etnia	Anticuerpos IgG anti- <i>Helicobacter pylori</i>						Significancia P
	Negativo		Positivo		Total		
	Número	%	Número	%	Número	%	
Ladino	1,760	31.48	3760	68.15	5,520	54.79	
Indígena	1,560	34.68	2935	65.32	4,495	44.61	
Desconocido	12	25.00	32	75.00	44	0.44	
Moreno	10	56.25	6	43.75	16	0.16	

Nota. Los valores p corresponden a Ji cuadrado, se consideró una asociación significativa si $p = 0.001$

Tabla 4
Índice de desarrollo en salud, educación, ingresos y tasa ajustada por infección por *H. pylori* en las sedes de Aprofam

Departamento	Infección por <i>H. pylori</i>		Índice de Desarrollo Humano		
	Tasa ajustada	IC 95%	Salud	Educación	Ingreso
Chimaltenango	15.63	[14.49, 16.83]	0.745	0.719	0.629
Jutiapa	14.58	[13.31, 15.96]	0.652	0.589	0.560
Zacapa	13.57	[11.94, 15.36]	0.722	0.672	0.628
Quezaltenango	13.51	[12.60, 14.46]	0.858	0.827	0.667
Escuintla	12.19	[11.34, 13.08]	0.571	0.739	0.631
Alta Verapaz	6.06	[12.90, 14.59]	0.726	0.513	0.553
Izabal	6.06	[5.26, 6.96]	0.752	0.729	0.631
San Marcos	5.45	[4.93, 6.02]	0.863	0.749	0.625
Huehuetenango	4.52	[4.11 - 4.97]	0.888	0.760	0.621

tamento con menor tasa de infección fue Huehuetenango con 4.52 y Chimaltenango la mayor con 15.63 (Tabla 4). Para determinar si existe una relación entre la pobreza y la positividad a la infección, se comparó el mapa de la distribución de pobreza en Guatemala con el de infección de *H. pylori* obtenida en este estudio, para lo cual los departamentos fueron agrupados según la tasa de infección obtenida (Figura 2), observando

una correspondencia únicamente en los departamentos de Alta Verapaz, Chimaltenango y Jutiapa (Instituto Nacional de Estadística [INE], 2011).

A continuación se obtuvo el índice de desarrollo humano (IDH) de los indicadores de salud, educación e ingreso de cada uno de los departamentos (PNUD, s.f.). Como puede observarse los valores de IDH en salud en Huehuetenango (0.888) y San Marcos (0.863)

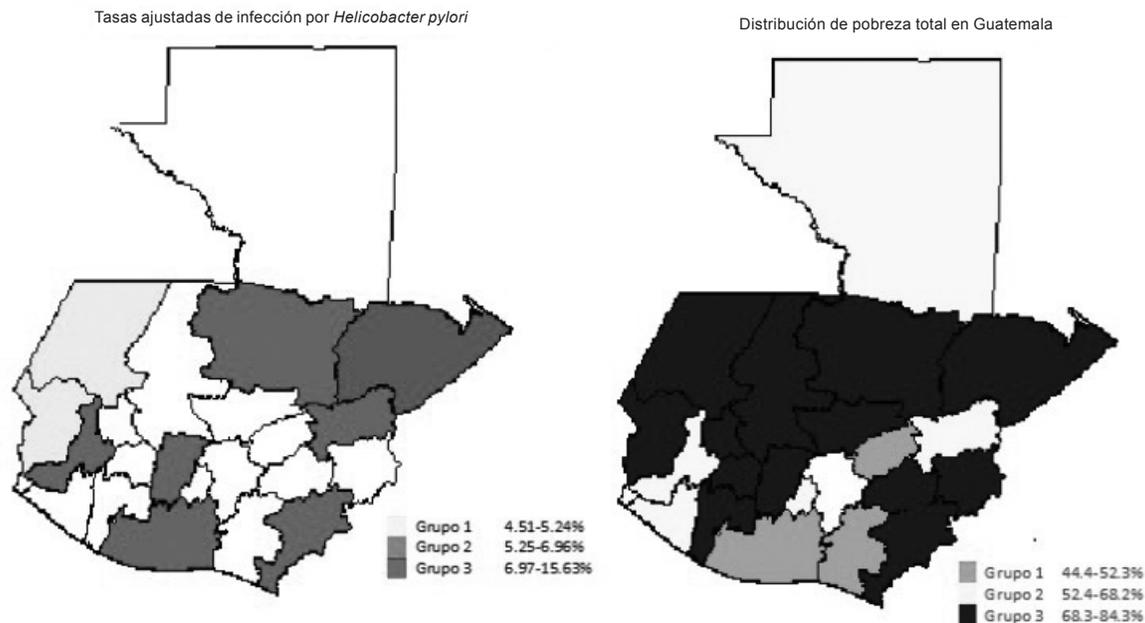


Figura 2. Distribución de las tasas de la infección por *H. pylori* en las distintas sedes de Aprofam y de la pobreza en Guatemala

son los más altos y son los departamentos en los que se encontró menor tasa de infección (4.51 y 5.44, respectivamente). El valor más alto de IDH de educación (0.827) y de ingresos (0.667) se encontró en Quetzaltenango, sin embargo, la tasa de infección encontrada fue alta (13.50).

Para poder realizar un mejor análisis entre los índices de desarrollo humano y la tasa de infección, se realizó una correlación entre las tasas de infección de cada departamento y sus índices de desarrollo humano. El valor *r* encontrado entre la tasa ajustada y el índice de salud es de $- .4724$, para el índice de educación de $.0289$ y para el índice de ingreso $.1454$, lo que indica que ninguna fue significativa ($p > .25$). Sin embargo, es importante señalar que se encontró una relación inversa entre el IDH de salud y la tasa de infección.

Discusión

Desde 1998 se han realizado varios estudios sobre la infección por *H. pylori* en Guatemala, sin embargo, éstos en su mayoría han incluido población que reside en el área de la capital. Es por ello que se realizó este estudio con el fin de conocer la prevalencia de la infección en otros departamentos del país con diferentes

grupos etarios, étnicos, género y diferentes condiciones socioeconómicas.

Se incluyó a la población que acudió a los centros de Aprofam que están situados en 10 departamentos y cada registro correspondió a un paciente por lo que no hubo duplicados.

Se encontró una prevalencia del 66.83% de anticuerpos IgG anti-*H. pylori* en un periodo de cinco años (2006-2011), es decir más de la mitad de la población está infectada con la bacteria. Esta prevalencia es bastante similar a la reportada por otros estudios en Guatemala, entre ellos Cifuentes y colaboradores (72.19%), Moreira (60%) y WGO (51%) y otros realizados en México, América Central y América del Sur (70-90%) en países que probablemente poseen un grado de subdesarrollo muy similar al de Guatemala (Cifuentes et al., 2012; Moreira, 1998; Hooi et al., 2017; Torres, García & Zárate, 2008; WGO, 2010).

Se observó una mayor prevalencia de la infección en el sexo femenino (79.41%) con respecto al sexo masculino (20.59%), y el análisis estadístico realizado demuestra que esta diferencia es significativa ($p < .05$). En este estudio se observó que el sexo femenino es la población que acude con más frecuencia a los distintos centros de Aprofam en busca de atención médica

a pesar que existen servicios para ambos sexos, probablemente la percepción de la población es que estos centros son únicamente para mujeres. Estos resultados difieren a los encontrados en el estudio realizado con profesionales del área de la medicina, donde no se encontró una asociación significativa con el género y la positividad al *H. pylori* (Orozco et al., 2011)

Se observó positividad desde temprana edad, siendo el rango de edad entre 20 a 39 años el más positivo para la infección con un pico entre los 25 a 29 años, observando a partir de los 55 años un descenso. Otros estudios han reportado prevalencia baja en las primeras décadas de la vida, para ir aumentando progresivamente hasta la 4a y 5a décadas, una vez alcanzado el máximo pico de prevalencia, ésta tiende a presentar una curva discretamente descendente (Torres et al., 2005). Este descenso, puede deberse a que precisamente entre este período, los cambios en la mucosa gástrica la alteran de tal forma que hacen difícil la persistencia de la bacteria (Correa & Piazzuelo, 2011). Se cree que la edad de adquisición es un importante factor de riesgo para cáncer gástrico, lo cual indicaría que la población guatemalteca está en riesgo de desarrollar este tipo de patología.

En relación a la edad, el rango más afectado es de 20 a 39 años, lo que coincide con otros estudios que reportan una prevalencia creciente con la edad, hasta alcanzar un máximo alrededor de los 50-60 años (Macenlle García, Gayoso Diz, Sueiro Benavides, & Fernández-Seara, 2006) y que es más frecuente en los adultos jóvenes (Araya, Villaseca, Roa, & Roa, 2000). En este estudio el pico observado puede deberse a factores exógenos o ambientales, entre ellos los malos hábitos alimenticios generados por falta de tiempo, lo que hace que se ingiera comida en la calle cocinada con pocas medidas higiénicas.

Al analizar, la prevalencia de infección por *H. pylori* según etnia, se encontró que esta fue mayor en la población ladina (54.79%) que en la indígena (45.61%), diferencia que se encontró que es significativa ($p = .001$). Estos resultados no eran los esperados ya que la población ladina tiene una mejor condición socioeconómica, educación, vivienda y mayor accesibilidad o utilización de servicios médicos, como lo han demostrado los estudios sobre pobreza realizados en el país (Instituto Nacional de Estadística, 2011), que han evidenciado que el país posee una gran estratificación social e indicadores de desigualdad más altos de la región, los que están relacionados con los ingresos del hogar y las condiciones de vida (PNUD, n.d.).

Se ha planteado la posibilidad que exista una predisposición racial para adquirir la infección, sin embar-

go, en Guatemala no existen otros estudios sobre este tema que permitan hacer una comparación, por lo que los datos obtenidos son pioneros. Boey y colaboradores (1999) al comparar tres grupos raciales en Malasia (malayos, chinos e hindúes) encontraron una mayor seropositividad en hindúes (26%) que en malayos (5%), a pesar que todos provenían de la misma ciudad (1999).

Así también, se han encontrado diferencias entre pacientes belgas de raza caucásica y no caucásica (Lanciers, Hauser, Vandenplas, & Blecker, 1996). Un estudio de metanálisis realizado por Hooi y colaboradores (2017) demostró importantes diferencias en grupos raciales de los Estados Unidos, así la infección en grupos no hispánicos blancos varió de 18.4-26.2%, mientras que en el grupo no-blancos fue de 34.5-61.6%, aún en la misma ciudad. Por el contrario, Ramírez-Ramos y colaboradores (2005) no encontraron diferencias en la prevalencia de la infección entre las personas de raza y ascendencia japonesa pura y la población peruana del mismo estrato social y grupo etario. Estos estudios apoyan que la asociación infección-raza es difícil de establecer y que es necesario evaluar todos los factores de las poblaciones en estudio, como el nivel socioeconómico, costumbres socioculturales, características de la bacteria y el medio ambiente, antes de realizar alguna inferencia. Este tipo de comparaciones podrían realizarse en grupos bien controlados y donde se garantice que todos los factores que influyen en la transmisión de la infección se han tomado en cuenta.

Con el fin de estandarizar los datos y minimizar así la influencia de la edad, etnia y sexo, se obtuvieron las tasas ajustadas para la infección por *H. pylori* en los 10 centros de Aprofam. Posteriormente se comparó el mapa de pobreza con la tasa de infección obtenida, encontrando una relación únicamente en los departamentos de Chimaltenango, Alta Verapaz y Jutiapa, por el contrario, en Huehuetenango y San Marcos se encontró una relación inversa, ya que tasa de infección encontrada es baja, pero son áreas con un grado de pobreza alto. En varios estudios, se ha reportado que la distribución de la infección por *H. pylori* en el mundo depende fundamentalmente de dos grandes factores: el nivel socioeconómico y el área geográfica (Bravo et al., 2003), sin embargo en este estudio se encontró asociación con la pobreza únicamente en tres departamentos. En relación con el área geográfica no se observó ningún patrón significativo entre los departamentos de la costa y del altiplano, lo que podría indicar que en Guatemala, son otros los factores que están relacionados con el desarrollo de la infección, entre los que podría mencionarse

hábitos alimenticios, tipo de dieta, susceptibilidad del hospedero y características de la cepa infectante.

No se encontró correlación significativa con los índices de desarrollo humano de los indicadores de educación e ingreso de cada departamento y la tasa obtenida, y se reporta una relación inversa entre la tasa de infección con el índice que expresa el estado de salud en general de la población, el cual evalúa la cobertura de servicios de salud, así como las condiciones del hogar que inciden en la salud, entre ellas hacinamiento, piso de tierra, acceso a agua potable y eliminación de excretas, condiciones que se han reportado como factores de riesgo de la infección por *H. pylori*. Otros estudios realizados en la población guatemalteca han encontrado asociación con el estado nutricional, clase de servicio sanitario y consumo de agua potable, lo que coincide con los reportados en este estudio (Portillo Donado, & Donis de Matta, 2012).

Se encontró que los departamentos de Huehuetenango y San Marcos presentaron las tasas más bajas (4.5198 y 5.4499 respectivamente) y coincidentemente presentan los IDH de salud y educación más altos, lo cual podría explicar el resultado obtenido. Sin embargo, se debe remarcar que el departamento de Quezaltenango a pesar de presentar índices altos de salud y educación ocupó el cuarto lugar en prevalencia (13.51%), por lo que habría que continuar los estudios para determinar los factores que pueden explicar la frecuencia obtenida.

Los índices de IDH de educación y nivel de vida presentaron una correlación positiva con la infección pero esta no es significativa, a pesar que incluyen variables importantes como nivel de educación e ingreso familiar agregado, los cuales indirectamente influyen en las variables de salud anteriormente mencionadas. Similares resultados se encontraron al evaluar a profesionales que trabajan en el área de salud, en el cual no se encontró asociación con el nivel de educación y la presencia de infección (Orozco et al., 2011). Sin embargo, el valor obtenido en el caso de la tasa de infección con el IDH de salud, es inversamente proporcional indicando que al mejorar las condiciones de salud se esperaría encontrar una disminución en la tasa de infección, ya se eliminarían los factores de riesgo relacionados con la transmisión de la enfermedad así como los servicios de diagnóstico y tratamiento específicos estarían más al alcance de la población.

En conclusión, se encontró una prevalencia del 66.83% para los 10 departamentos del país incluidos en el estudio, cifra que indica que más de la mitad de la población evaluada presenta resultados positivos para

la infección. Se encontró que la infección está significativamente asociada con la etnia y el género y tiene una relación inversa con el IDH en salud. Se sugiere realizar campañas de educación sobre la enfermedad y las medidas de prevención para así disminuir la prevalencia de la infección y sus consecuencias, entre ellas el cáncer gástrico.

Entre las limitaciones del estudio se debe mencionar que el género femenino fue el más estudiado posiblemente porque se tiene la percepción que el servicio que presta Aprofam es exclusivo para éste género. Así también la población evaluada presenta un sesgo ya que el examen se les realizó por presentar algún síntoma que hizo sospechar la presencia de la infección, por lo que para establecer la prevalencia real de cada departamento debería realizarse un estudio epidemiológico en población sana. Sin embargo, debe indicarse que una fortaleza del estudio es que es el primero que aporta datos de la infección en población de otras áreas fuera de la capital y que se incluyó una muestra significativa.

Referencias

- Afre, J. & Flores L. (2004). *Prevalencia de anticuerpos séricos IgG contra Helicobacter pylori en niños de 3 a 10 años de edad de baja condición socioeconómica* (Tesis de licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Médicas, Guatemala.
- Alonzo, L., Arroyo, G, Benito, M, Duarte, A., Matta V., Nave F., ... Ruiz, R. (2009). Asociación entre la presencia de *Helicobacter pylori* y patología gástricas detectadas por endoscopia. *Revista Científica* (Guatemala), 5(1), 34-40.
- Aprofam. (s.f.). Aprofam. Recuperado de <http://www.aprofam.org.gt/>
- Araya, J. C., Villaseca, M. A., Roa E, I., & Roa, J. C. (2000). *Helicobacter pylori* y gastritis crónica: Relación entre infección y actividad inflamatoria en población de alto riesgo de cáncer gástrico. *Revista Médica de Chile*, 128, 259-265. doi.10.4067/S0034-98872000000300002
- Boey, C., Goh, K., Lee, W., & Parasakthi, N. (1999). Seroprevalence of *Helicobacter pylori* infection in Malaysian children: Evidence for ethnic differences in childhood. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 35(2), 151-152. doi.10.1046/j.1440-1754.1999.00306.x

- Bravo, L. E., Cortés, A., Carrascal, M. D. E., Jaramillo, R., García, L. S., Bravo, P. E., ... Bravo, P. A. (2003). *Helicobacter pylori*: Patología y prevalencia en biopsias gástricas en Colombia. *Colombia Médica*, 34, 124-131.
- Cifuentes, G., Silvestre, G., Lange, K., & Matta, V. (2012). Frecuencia de anticuerpos IgG anti *Helicobacter pylori* en expendedores de alimentos de la Ciudad Universitaria zona 12. *Revista Científica (Guatemala)*, 22(1), 24-29.
- Correa, P., & Piazuelo, M. (2011). *Helicobacter pylori* infection and gastric adenocarcinoma. *US Gastroenterology & Hepatology Review*, 7(1), 59-64.
- Dowsett, S. A., Archila, L., Segreto, V. A., Gonzalez, C. R., Silva, A., Vastola, K. A., ... Kowolik, M. J. (1999). *Helicobacter pylori* infection in indigenous families of Central America: serostatus and oral and fingernail carriage. *Journal of Clinical Microbiology*, 37(8), 2456-2660.
- Eusebi, L. H., Zagari, R. M., & Bazzoli, F. (2014). Epidemiology of *Helicobacter pylori* Infection. *Helicobacter*, 19(S1), 1-5. doi.10.1111/hel.12165
- Goodwin, C. S., & Armstrong, J. A. (1990). Microbiological aspects of *Helicobacter pylori* (*Campylobacter pylori*). *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Disease*, 9(1), 1-13.
- Hooi, J., Ying W., Khoo W., Suen M., Underwood F....Sung, J. (2017). Global prevalence of *Helicobacter pylori* infection: Systematic review and meta-analysis. *Gastroenterology*, 153(2), 420 - 429. Doi:
- Instituto Nacional de Estadística. (2011). *Pobreza y desarrollo un enfoque departamental*. Guatemala. Recuperado de [http://www.copades.com/pub/es/documentos/interes/economico/Instituto Nacional de Estadística \(2011\) - Pobreza y desarrollo, un enfoque departamental.pdf](http://www.copades.com/pub/es/documentos/interes/economico/Instituto%20Nacional%20de%20Estadística%20(2011)%20-%20Pobreza%20y%20desarrollo,%20un%20enfoque%20departamental.pdf)
- Instituto Nacional de Estadística. (2011). *Encuesta Nacional de Condiciones de Vida*. Guatemala. Recuperado de [http://www.copades.com/pub/es/documentos/interes/economico/Instituto Nacional de Estadística \(2011\) - Encuesta Nacional de Condiciones de Vida 2011.pdf](http://www.copades.com/pub/es/documentos/interes/economico/Instituto%20Nacional%20de%20Estadística%20(2011)%20-%20Encuesta%20Nacional%20de%20Condiciones%20de%20Vida%202011.pdf)
- Khalifa, M. M., Sharaf, R. R., & Aziz, R. K. (2010). *Helicobacter pylori*: A poor man's gut pathogen? *Gut Pathogens*, 2, 2. doi.10.1186/1757-4749-2-2
- Lanciers, S., Hauser, B., Vandenplas, Y., & Blecker, U. (1996). The prevalence of *Helicobacter pylori* positivity in asymptomatic children of different ethnic backgrounds living in the same country. *Ethnicity & Health*, 1(2), 169-73. doi.10.1080/13557858.1996.9961784
- Lange K., Matta V., Nave F., Alvarado V., Camó M., Donis E., ... Rodas, J. (2011). Frecuencia de Anticuerpos IgM e IgG anti *Helicobacter pylori* en estudiantes, personal docente y administrativo de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. *Revista Científica (Guatemala)*, 20(1), 96-101.
- Macenlle García, R. M., Gayoso Diz, P., Sueiro Benavides, R. A., & Fernández Seara, J. (2006). Prevalencia de la infección por *Helicobacter pylori* en la población general adulta de la provincia de Ourense. *Revista Espanola de Enfermedades Digestivas*, 98, 241-248.
- Marshall, B. J., & Warren, J. R. (1984). Unidentified curved bacilli in the stomach of patients with gastritis and peptic ulceration. *Lancet*, 1, 1311-1315. doi.10.1016/S0140-6736(84)91816-6
- Moreira, J. P. (1998). *Prevalencia de Helicobacter pylori en pacientes con enfermedad gástrica*. Guatemala. (Tesis de licenciatura). Facultad de Ciencias Médicas. Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/05/05_7860.pdf
- Orozco, M., Posada, L., Robles, A., De León, J., Lange, K., & Matta, V. (2011). Detección de anticuerpos IgG anti *Helicobacter pylori* en profesionales de salud. *Revista Científica (Guatemala)*, 21(2), 51-55.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). *Informes Nacional de Desarrollo Humano*. Guatemala. Informes Departamentales. Recuperado de <http://desarrollohumano.org.gt/biblioteca/informes-departamentales/>
- Portillo, C. L., & Donis, E. C. (2012). *Alteración en los niveles de hemoglobina, hierro y albúmina en niños de 0 a 10 años y la relación con infección por Helicobacter pylori* (Tesis de licenciatura). Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas.

- Pounder, R. E., & Ng, D. (1995). The prevalence of *Helicobacter pylori* infection in different countries. *Alimentary Pharmacology & Therapeutics*, 9 Suppl 2, 33-39.
- Romo, C., & Coria, V. (2008). *Helicobacter pylori*, un modelo de bacteria carcinogénica. Artículo de revisión. *Revista Cubana de Salud Pública*, 15, 242–251.
- Taylor, D. N., & Blaser, M. J. (1991). The epidemiology of *Helicobacter pylori* infection. *Epidemiologic Reviews*, 13, 42–59.
- Torres, J., Lopez, L., Lazcano, E., Camorlinga, M., Flores, L., & Muñoz, O. (2005). Trends in *Helicobacter pylori* infection and gastric cancer in Mexico. *Cancer Epidemiology, Biomarkers & Prevention* 14(8), 18741877. doi.10.1158/1055-9965.EPI-05-0113
- Torres, F., García, A., Zárata, A. (2008). *Helicobacter pylori (H. pylori)*. Seminario *El Ejercicio Actual de la Medicina*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Medicina, México.
- World Gastroenterology Organization. (2010). Guías prácticas de la Organización Mundial de Gastroenterología. Recuperado de <http://www.worldgastroenterology.org/UserFiles/file/guidelines/helicobacter-pylori-spanish-2010.pdf>

La gestión del conocimiento en el marco de la prestación de servicios de atención prenatal dirigida a adolescentes primigestas

The management of knowledge in the context of pre-natal care directed to primigest teens

Hilda E. Valencia-Marroquín*

Programa Universitario de Investigación Interdisciplinaria en Salud, Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala.

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

Recibido: 19 de mayo 2015 / Revisión: 06 de julio 2015 / Aceptado: 28 de junio 2017

Resumen

En los últimos años no solo han cambiado los métodos y técnicas para gestionar el conocimiento sino también los criterios de cómo valorarlo. De igual forma, esto ha sucedido con el concepto de salud pública, donde los cambios realizados y las redefiniciones se han dado tanto en sus acciones como en el sujeto de intervención. La gestión del conocimiento en el ámbito privado se ha utilizado con éxito, principalmente en empresas transnacionales, quienes se han enfocado en la generación del conocimiento individual de sus empleados, haciendo énfasis en compartir los elementos que hacen posible la generación de este conocimiento; situación que es vital para el desarrollo del capital humano y la creación de una cultura organizacional que permita alcanzar altos estándares en la producción de bienes y servicios. En el ámbito de la salud pública, la gestión del conocimiento debe ser orientada al perfeccionamiento de procesos de impacto, mediante la articulación de la gestión de la información, la tecnología y los recursos humanos; de esta forma contribuir a la exploración y distribución del conocimiento existente en función de los procesos esclarecidos sobre la base del uso intensivo de las redes y de la tecnología; provocando con ello, la implantación de mejoras continuas, innovación en la práctica, integración funcional, desarrollo de servicios contextualizados, facilitando con ello el incremento de la competitividad y sostenibilidad de los servicios en donde se implante. En este ensayo se desarrolla la propuesta para aplicar la gestión del conocimiento en la atención prenatal de la adolescente primigesta.

Abstract

In recent years not only have changed the methods and techniques to manage knowledge, but also the criteria of how to value it. The same has happened with the concept of public health, where changes made and redefinitions have been as much in their actions as in the subject of intervention. Knowledge management in the private sector has been used successfully, mainly in transnational companies, which have focused on the generation of individual knowledge of their employees, emphasizing in sharing the elements that make possible the generation of this knowledge. This situation is vital for the development of human capital and the creation of an organizational culture that allows to reach high standards in the production of goods and services. In the field of public health, knowledge management should be oriented towards the improvement of impact processes, through the articulation of information, technology and human resources management; thus contributing to the exploration and distribution of existing knowledge in the light of enlightened processes based on the intensive use of networks and technology, creating continuous improvements, innovation in practice, functional integration, development of contextualized services, thereby facilitating the increase of competitiveness and sustainability of the services in which it is implanted. This essay develops the proposal to apply the knowledge management in prenatal care of the pregnant adolescent and especially to the one who is pregnant for the first time.



Introducción

El enfoque de la gestión del conocimiento, en su inicio, estuvo dirigido a la creación y mantenimiento de contenedores de información. Posteriormente resaltó la importancia en las personas y la cultura de la institución. En la actualidad, la institución es un aliado de la generación del conocimiento individual de sus empleados y su énfasis está en compartir los elementos que hacen posible la generación del conocimiento (Archanco, 2013).

La importancia de la gestión del conocimiento en la salud pública está relacionada con las capacidades de los individuos de actuar y resolver problemas con la información disponible y con la creación de flujos de información y comunicación altamente flexibles y cambiantes (Urra, 2008).

Lo anterior, exige una respuesta de los actores involucrados y un ciclo de creación de conocimientos para la acción, en forma mucho más rápida a partir de nuevos conocimientos creados (Urra, 2008).

Es decir, se trata de un balance entre la eficiencia y la eficacia para resolver sus problemas usando la información y el conocimiento. Por consiguiente, la gestión del conocimiento en una institución busca perfeccionar en forma continua la infraestructura técnica, logística y organizacional; garantiza su uso eficiente y seguro; fortalece la interacción de una red intra e interinstitucional; logra la sostenibilidad del sistema mediante actualización de recursos y su uso racional; controla y, evalúa en forma sistemática los avances de acuerdo con metas establecidas como elemento natural de los procesos (Urra, 2008).

Otros aspectos importantes de mencionar son los siguientes: la gestión del conocimiento propicia mecanismos que facilitan el establecimiento de una red de relaciones adecuadas, mediante la cual, se posibilita la activación de la dimensión colectiva del conocimiento y con ello la promoción de su generación y transferencia en forma contextualizada y con pertinencia cultural.

La gestión del conocimiento produce la interacción de los individuos lo que permite la articulación del conocimiento explícito y tácito, promoviendo la creación de un sentido de comunidad entre los usuarios, usuarias y proveedores, ayudándoles a mantenerse actualizados en su campo de conocimiento.

Una institución de salud debe tener la capacidad de generar nuevos conocimientos y de diseminarlos entre sus miembros para concretarlos en productos,

servicios y sistemas que permitan dar respuesta a los problemas de salud prevalentes.

Contenido

Según Davenport y Prusak (1998), el conocimiento es un conjunto de experiencias, valores, información, percepciones e ideas que crean una estructura mental para evaluar e incorporar nuevas experiencias, ideas e información; siempre y cuando permita comparar consecuencias, conectar y conversar.

El significado que cada sociedad confiere al conocimiento es producto de construcciones sociales, que articuladas con sus contenidos axiológicos generan esquemas de decisión que son utilizados por los sistemas sociales para administrar el saber. Lo anterior permite valorar, estimular, censurar o reprimir ciertas formas de conocimiento; por ello, en los últimos años, el mundo no solo ha cambiado sus métodos y técnicas para gestionar el conocimiento, sino también sus criterios de cómo valorarlo (Red Colombiana de Investigación en Política y Sistemas de Salud, 2009).

Según Lundvall (1999) en donde cita a Lundvall y Johnson (1994), clasifica el conocimiento en cuatro categorías: saber qué, saber por qué, saber cómo y saber quién, situación importante de especificar en un proceso de transferencia del conocimiento.

El saber qué se refiere a los hechos; el saber por qué es el conocimiento importante para el desarrollo tecnológico. El saber cómo, se refiere a la habilidad de hacer algo, se relaciona con la producción y otras actividades del ámbito económico. El saber quién implica información acerca de quién sabe qué y quién sabe cómo hacer qué (Lundvall, 1999).

Cabe considerar que el dominio de estas clases de conocimiento se realiza por medio de diversos canales para su externalización.

Ahora bien, el conocimiento presenta un ciclo de vida que se relaciona con el intercambio generado entre los individuos de la organización, estructurándose en un conjunto de operaciones interdependientes: creación, captura, procesamiento, diseminación, adquisición y aplicación; por consiguiente, el ciclo se cierra e inicia al retroalimentar el sistema.

El ciclo de vida del conocimiento se integra mediante las siguientes operaciones (Bürkli, 2011):

Creación. Proceso en el que se genera nuevo conocimiento en la mente de los miembros de la or-

ganización. (El conocimiento involucrado puede ser explícito o tácito).

Captura. Difiere según el tipo de conocimiento. Para el conocimiento explícito, se hace mediante su codificación o representación en forma de documentos. Para el conocimiento tácito explicable, se lleva a cabo por medio de la verbalización y luego se codifica en forma de documentos.

Si el conocimiento es tácito, es decir no explorable, su captura se realiza a través de estrategias de socialización entre el sujeto que lo posee y el resto de la comunidad.

Procesamiento. Valora la pertinencia de la información para la consecución de los objetivos de la organización. Se someten documentos al análisis documental de forma y contenido y posteriormente se incorpora a un sistema documental para facilitar el acceso a los miembros de la organización.

Diseminación. Se realiza para que el conocimiento de la organización llegue a los miembros de la comunidad de acuerdo con sus necesidades.

Adquisición. Se centra en la forma como los individuos asimilan y comprenden el conocimiento de la organización, puede ser resultado de la lectura de documentos o por socialización.

Aplicación. Se produce cuando el conocimiento adquirido es aplicado y reutilizado en la práctica diaria por los miembros de la organización. La reutilización puede ser en contextos diferentes al que se originó el conocimiento en este proceso se realiza una reinterpretación que facilita la creación de nuevo conocimiento.

Es evidente entonces que el conocimiento operativo en una organización se genera a través de una estrategia organizacional que comprende tanto los procesos, como la competencia de sus trabajadores, normativas y tecnología existente (Bürkli, 2011).

Lo anterior significa que el conocimiento asociado a una persona y a una serie de habilidades personales se convierte en sabiduría y el conocimiento asociado a una organización y a capacidades organizativas se convierte en capital intelectual (Bürkli, 2011).

En la expresión sociedad del conocimiento popularizada por Sakaiya en 1995, se describe una visión de la estructura de la sociedad venidera, en una anticipada

historia del futuro (Boisier, 2002). En ella incorpora como uno de los principales componentes de las relaciones de producción, al conocimiento organizacional; inclusive más allá de la Tierra (Recursos Naturales), el Capital (Recursos Financieros) y el Trabajo (Recursos Humanos), que han sido tradicionales variables de la función de producción (Argote & Ingram, 2000).

Según Sakaiya (1991), la sociedad del conocimiento nace como consecuencia de cambios que aparecen en el escenario social y empresarial en donde una ética y una estética diferentes conducen a una sociedad con nuevos paradigmas.

En tal sentido, Grant (1996), explica que en el nuevo siglo se introdujo de lleno la cultura del conocimiento, debido a que el patrimonio intelectual adquiere cada día más valor, entendido este como el conjunto de informaciones que reportan ventajas competitivas sobre los demás.

Según Sveiby (2001), el principal valor de las empresas ya no reside en su capital tangible, sino en lo que se coincide en llamar capital intelectual o capital intangible. Por lo tanto, este nuevo valor le proporciona a la empresa una clara ventaja competitiva sobre las demás y justifica la diferencia, entre su valor en el mercado y su valor contable; es decir, que la cualificación de los empleados de una empresa (como capital intangible) estará directamente relacionada con el valor de mercado de la misma.

Por lo tanto, los elementos a considerar en la gestión del conocimiento deben ser: el capital intelectual, la cultura organizacional y la tecnología de la información.

Como capital intelectual, se entiende el valor tangible de la organización. Sus elementos básicos son los objetivos, recursos y el entorno organizacional; siendo el liderazgo, la herramienta fundamental de enlace entre los objetivos y los recursos (Bürkli, 2011).

La cultura organizacional es caracterizada por un patrón complejo de creencias, expectativas, ideas, valores, actitudes y conductas compartidas por los integrantes de una organización y el personal los tiene incorporados en sus mentes y corazones. Esta cultura debe reflejar la visión, estrategias y experiencias de los empleados al ponerlas en práctica.

Con relación a clima laboral es importante diferenciarlo de cultura, porque el primero está enfocado a la satisfacción del empleado con el trato de la empresa y mide el nivel de confianza, respeto, justicia y orgullo, así como las relaciones con los líderes de la organización.

La tecnología de la información y comunicación, es el conjunto de avances tecnológicos que proporciona la informática, las telecomunicaciones y que comprenden los desarrollos relacionados con los ordenadores, internet, telefonía, entre otras (Bürkli, 2011).

De modo que la tecnología se refiere a la aplicación de los conocimientos científicos para facilitar la realización de las actividades humanas. La información abarca los datos a los cuales se les ha dado un sentido y es útil para los humanos y la comunicación es la transmisión de mensajes y la realimentación de los contenidos.

Ahora bien, el capital total de una empresa lo compone el capital tangible y el capital intangible (intelectual) (Bürkli, 2011).

Con relación al capital intelectual, Ordoñez (1999), refiere que se compone de múltiples factores que giran en torno a un nuevo concepto, el de la información, y el del conocimiento. Se trata de activos poco cuantificables, como la formación técnica o especializada de los empleados, su experiencia, los índices de fidelidad de sus clientes, la propiedad intelectual, las patentes, las nuevas formas de hacer negocios o las técnicas para captar nuevos clientes, o de proveer servicios.

Es por eso que la organización para ser competitiva de forma sostenida en el tiempo, deberá identificar, crear, almacenar, transmitir y utilizar de forma eficiente el conocimiento individual y colectivo de sus trabajadores (Serradell & Juan, 2003) y de esta forma poder resolver problemas, mejorar procesos o servicios y sobre todo, aprovechar nuevas oportunidad de negocio.

Ese mecanismo del conocimiento dentro de las organizaciones fue descrito por Davenport y Prusak (1998), como un proceso dividido en tres etapas: codificación del conocimiento, transferencia del conocimiento y generación del conocimiento.

Resulta claro por ende, que se necesita el establecimiento de procesos mediante los cuales se obtengan, desplieguen o utilicen una variedad de recursos básicos para apoyar los objetivos de la organización, que Koontz y Weihrich (1998), le denominaron gestión.

En la práctica, al referirse a los términos gestión de la información y gestión del conocimiento se hace complejo trazar una línea divisoria entre ellos; porque la gestión de información se orienta a obtener información correcta, en forma adecuada para la persona indicada, al costo adecuado, en el momento oportuno, en el lugar indicado para tomar la acción precisa (Woodman, 1985).

La gestión del conocimiento es el proceso sistémico y específico de una organización, cuya finalidad es

adquirir, organizar y comunicar, tanto el conocimiento tácito como el explícito de los empleados, en donde su objetivo primordial es que éste sea utilizado por otros empleados y de esta forma ser más productivos y eficaces en su trabajo (Gil-Montelongo, López-Orozco, Molina-García, & Bolio-Yris, 2011).

Es decir, que el objetivo básico de la gestión del conocimiento es la creación del valor, independientemente del capital intelectual, de difícil cuantificación en los balances y su propósito es mejorar los resultados de la empresa en el corto, mediano y largo plazo para la obtención de mayores beneficios.

De este modo, el valor que genera permite una eficaz circulación de las ideas o las informaciones y, muy especialmente, del llamado conocimiento tácito, que es la verdadera fuente de competitividad y sostenibilidad de las empresas y de progreso en las sociedades avanzadas.

Por ello, el desarrollo de sus procesos debe permitir determinar las necesidades de conocimiento en la actualidad y en el futuro de la organización; identificar y suplir las carencias; garantizar la aplicación del mismo con eficacia y eficiencia de manera productiva, para contribuir al alcance de las metas y objetivos planteados para la transformación de la realidad objetiva.

Las organizaciones que desarrollan una gestión del conocimiento tienen capacidad de cohesionar y generar sentimiento de identidad, sensibilidad al entorno con el fin de aprender y adaptarse, tolerancia con el pensamiento y la experiencia no convencional, precaución financiera para retener los recursos que aseguran flexibilidad imprescindible en el entorno (Fernández, 2000).

Por consiguiente, la gestión del conocimiento debe considerarse como: "... un hecho social con base en la experiencia colectiva de sus empleados" y comprende los "procesos estratégicos de producción, difusión, transferencia y popularización". Siendo importante en la producción de conocimientos la "recopilación de datos, procesamiento, clasificación y documentación" (Davenport & Prusak, 1998).

La gestión del conocimiento requiere también conocer las capacidades institucionales y la estrategia de la organización donde va a ser desarrollado (Agencia Nacional de Infraestructura, 2012).

Según algunos autores la gestión de la información se supedita a la gestión del conocimiento, pero es criterio de la autora, que ambas se complementan. Una de las tareas prioritarias de la gestión del conocimiento, según Roldán (2000) es la definición de los beneficios que se pueden alcanzar y que suelen variar en función

de las estrategias de cada organización y que fundamentalmente se basan en los siguientes objetivos: mejorar procesos, generar innovación y desarrollo de nuevos servicios y productos, mejorar relación con los clientes.

Entre las aportaciones que la gestión del conocimiento ha dotado a las empresas se mencionan las siguientes: fomento de investigación y desarrollo, con orientación hacia la innovación; mayor contextualización y caracterización de los mercados y clientes; valoración de las personas y fomento de la cultura organizacional; alineación de procesos y sinergias (Martínez, 2011). Para la selección del modelo y de las actividades para implementar la gestión del conocimiento debe considerarse no solo el ciclo del conocimiento específico de la organización sino también el horizonte de tiempo.

Por lo anterior, el modelo debe de estar ajustado a las metas de largo y corto plaz". Los modelos cíclicos son preferidos más que los lineales y las actividades deben tener sentido dentro del contexto de la gestión, además del establecimiento de metas concretas (Agencia Nacional de Infraestructura, 2012).

De acuerdo con Senge (2011), las organizaciones que aprenden poseen cinco características principales: sistemas de pensamiento, dominio personal, modelos mentales, visión compartida y aprendizaje en equipo.

Gibbons y colaboradores (1997), proponen dos modos en la producción del conocimiento que a continuación se definen:

Modo I. Este modelo distingue entre lo fundamental y lo aplicado; esto implica una distinción operacional entre el núcleo teórico y otras áreas del conocimiento; de tal manera, que las comunidades tratan de que sus teorías se vuelvan marcos de referencia obligados para todos los trabajadores de un campo determinado.

Modo II. El contraste relevante se enfoca en la solución de problemas siguiendo los códigos y la práctica de una disciplina en particular y la solución de problemas que se organizan alrededor de una aplicación particular.

Las características de este modo son: el contexto de aplicación; la transdisciplinariedad, heterogeneidad y flexibilidad. Este modo se caracteriza por ser reflexivo, fundamentado en valores e intereses de los grupos. Su difusión es dirigida a diferentes contextos y su evaluación es en función a controles de calidad.

Existen modelos de gestión del conocimiento que tienen dentro de sus objetivos generar valor en las

organizaciones, podemos mencionar: KPMG Consulting (1987), Creación del Conocimiento (1995), Socio técnico (1998), Dinámico de rotación del conocimiento (1999) e Integración de tecnología (2000).

Otros modelos existentes se enfocan en la clasificación y medición del capital intelectual entre ellos se señalan: Balanced Business Scorecard (1992), Navegador de Skandia (1997), Technology Broker (1996), Canadian Imperial Bank (1996), Universidad de West Ontario (1996), Dirección por competencias (1998), Intellect (1998), Nova (2000), entre otros.

Con excepción del modelo propuesto por Nonaka y Takeuchi (1995) la mayoría de modelos coinciden, con mayor o menor dispersión y claridad, en establecer tres fases básicas en la implantación de cualquier sistema de gestión del conocimiento, siendo estas: diagnóstico organizacional, diseño y desarrollo del sistema para la creación y gestión del conocimiento, evaluación y seguimiento de los resultados.

El modelo de conversión de conocimiento se fundamenta en la existencia de una interacción social y un intercambio entre conocimiento tácito y el explícito durante las actividades creativas de las personas. De esta forma, el conocimiento humano se crea y expande. Propone opciones metodológicas para expresar lo inexpressable, diseminar el conocimiento y generar nuevo conocimiento y su análisis se basa en la experiencia japonesa y está relacionada con el enfoque organizacional. Para este modelo, el conocimiento implícito o tácito es el conocimiento que no se ha documentado ni lo ha hecho implícito quien lo usa y controla. El conocimiento codificado es potencialmente conocimiento compartido mientras el no codificado permanece individual hasta que se haya aprendido mediante interacción directa con el poseedor (Nonaka & Takeuchi, 1995).

El objetivo de la codificación del conocimiento es colocarlo en alguna forma legible, entendible y organizado, para que pueda ser utilizado por todas las personas que necesiten de él (Rodríguez, 2006).

Para Nonaka y Takeuchi (1995), el contexto del trabajo es el que permite la construcción de un escenario de aprendizaje real, en el que los actores involucrados, mediante la aplicación de la teoría en la práctica validan el conocimiento o producen conocimiento nuevo.

En este modelo, el "descubrimiento" del conocimiento es un proceso que permite ampliar en cantidad y calidad un almacén de conocimiento y se lleva a cabo a través de una serie de eventos que incluyen la lectura, conferencias, escritura, trabajo en equipo, sueños diarios o trabajo en un equipo directivo (Cope, 2001).

En otras palabras, los mecanismos para la creación de conocimiento personal consisten en una serie de pasos críticos donde se producen combinaciones de conocimiento tácito y explícito y este proceso se genera por medio del Aprendizaje Organizacional.

Los pasos críticos dentro del proceso de conversión de conocimiento son: exteriorización, interiorización, socialización y combinación.

En la fase de socialización es importante compartir experiencias; la externalización del conocimiento se genera mediante la creación de metáforas; en la combinación se comparte el conocimiento sistemático y en la internalización el conocimiento se aplica mediante el aprender haciendo.

Para la conversión del conocimiento de tácito en explícito y de explícito a tácito debe de existir interacción entre las diferentes formas de conocimiento, lo cual es fundamental para ir generando los ciclos de producción del (Figura 1).

Este proceso de creación del conocimiento se convierte en una espiral permanente de transformación ontológica interna de conocimiento, desarrollada mediante el seguimiento de las cuatro fases. En este modelo, el sentido de la dirección, es la esencia de cómo aplicar de la mejor forma posible un conocimiento existente para poder crear otro conocimiento nuevo o reciclado (Druker, 1993).

Tomando como base la propuesta efectuada por Nonaka y Takeuchi (1995) se muestra cómo el conocimiento individual, pasa a formar parte del conocimiento colectivo de la empresa, mediante el proceso de conversión del conocimiento (Figura 2).

En el campo de la salud pública, la producción de conocimiento en los servicios de salud, es permanente y se da en función a los problemas observados en el quehacer cotidiano, a la elaboración, aplicación y evaluación de soluciones para dichos problemas (Organización Panamericana de la Salud [OPS], 1992).

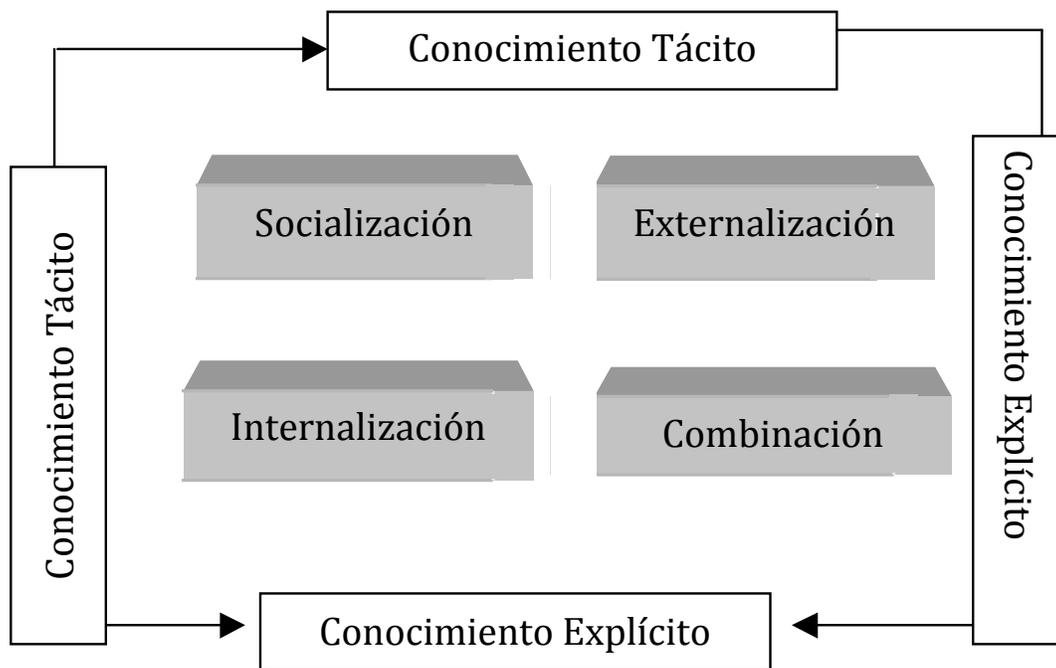


Figura 1. Mecanismos del conocimiento. Modelo planteado por Nonaka y Takeuchi (1995).

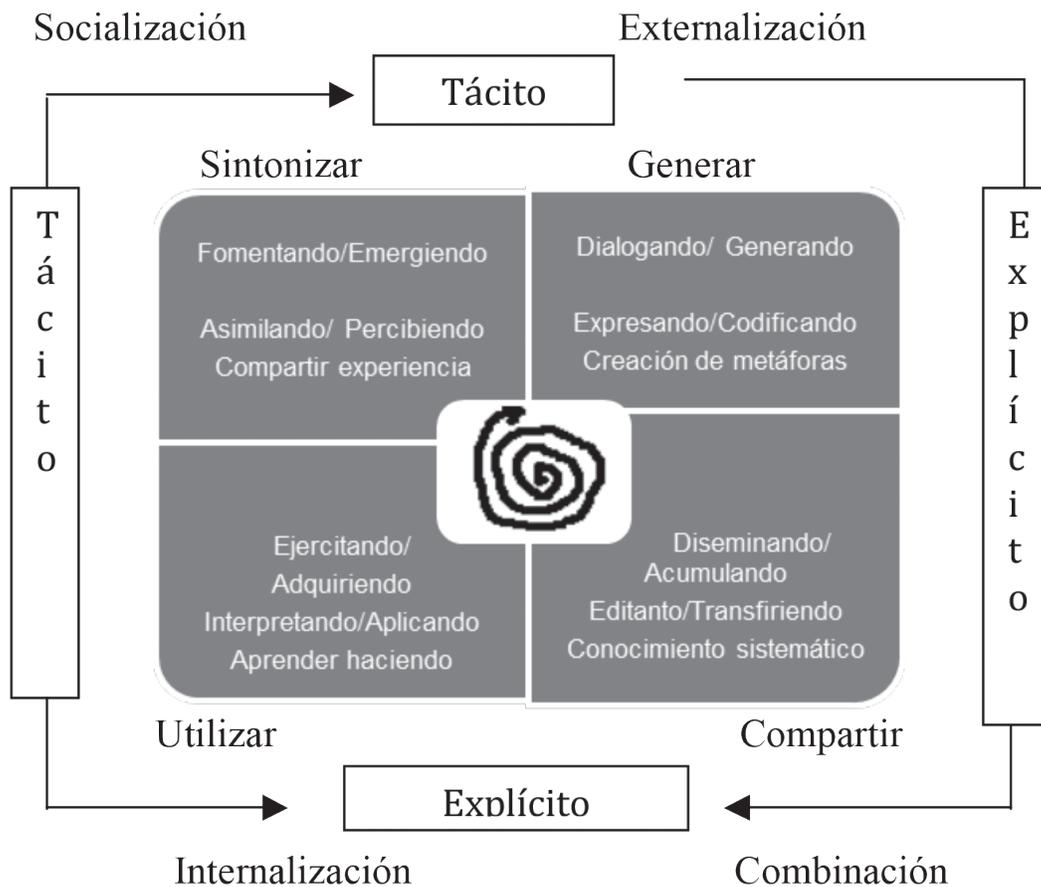


Figura 2. Interacción entre conocimiento tácito y explícito. Modelo de Ciclos de Producción del Conocimiento planteado por Nonaka (2007).

Por consiguiente, la gestión del conocimiento en un servicio de salud debe identificar y caracterizar el conocimiento existente ya sea tácito o explícito. Es por ello que la transferencia efectiva de conocimiento tácito, juega un importante rol para alcanzar las metas de desempeño. Es decir que “la transferencia del conocimiento tácito es facilitada por la relación interpersonal intensiva” (Máñez-Guaderrama & Cavazos-Arroyo, 2011).

Ejemplo de lo anterior aplicado a la Salud Pública es el desarrollo de la OPS, que luego de la ratificación del Código Sanitario Panamericano en 1924, ha generado dinámicas de necesidad de nueva información y conocimiento para dar respuesta a problemas surgidos en el ámbito de la salud pública. Asimismo, derivado de la gestión de información y conocimiento se han originado nuevas formas de organización, planificación y dirección.

Ahora bien, el conocimiento puesto en práctica por los países de la región, ha hecho crecer la espiral del conocimiento hacia una retroalimentación y toda información local, estadísticas nacionales y el saber adquirido por experiencias nacionales y locales se ha convertido en saber e información universal y el poder del conocimiento generado ha sido reflejado en las resoluciones emanadas de las conferencias referentes a medidas sanitarias asumidas como conocimiento propio por parte de países miembros para mejorar la salud pública (Parra, 2005).

En esta experiencia la calidad de la comunicación, el manejo de la información y el conocimiento ha demostrado también cómo la comunidad de las Américas ha sabido aprovechar la comunicación humana como un activo. De igual forma, un establecimiento de salud su contexto de trabajo se convierte en un laboratorio de enseñanza-aprendizaje en donde los proveedores

y usuarios, mediante la relación práctica, combinan información, contexto y experiencia, convirtiendo el conocimiento tácito en explícito y viceversa.

En el caso específico de la atención prenatal el proveedor transfiere el conocimiento tácito en la prestación del servicio y también el explícito al proveer información importante a la adolescente tanto para su autocuidado como en la identificación de signos y síntomas de riesgo en su embarazo.

De igual forma sucede con la adolescente primigesta, porque la importancia que dé a la información recibida va a depender del tipo de atención proporcionada, la empatía con el personal que le atendió y por supuesto, si la información proporcionada es acorde a su cultura, valores y creencias.

Por lo anterior, todo servicio de salud debe de contar con un análisis sociocultural de la población de su área de influencia para comprender las diferencias entre sus conocimientos, elementos terapéuticos y con base a ese conocimiento proporcionar los servicios, de tal forma, que la transferencia se desarrolle en forma efectiva.

De acuerdo con Cope (2001) el descubrimiento del conocimiento es el proceso mediante el cual se amplía la cantidad y calidad del contenido de conocimiento y la difusión es el proceso que se genera para compartirlo con el objetivo de ampliar o mejorar el valor y la calidad del mismo.

Una institución de salud, por ende, debe tener la capacidad de generar nuevos conocimientos y de difundirlos entre sus miembros para materializarlos en productos, servicios y sistemas que permitan solucionar los problemas de salud prevalentes.

El conocimiento como factor de producción debe buscar el desarrollo de tecnologías, metodologías y estrategias para que su medición, creación y difusión se convierta en prioridad para la organización como integrante de la sociedad del conocimiento. Así, el conocimiento se transforma en un elemento indispensable para su desarrollo económico y social.

La estructura del modelo de Nonaka y Takeuchi (1995) permite la generación de conocimiento colectivo, que se convierte en un valor agregado de la institución.

Si la salud pública se visualiza como algo social y no como problemas individuales, se hace indispensable cambiar el paradigma positivista que ha predominado a la fecha por una concepción de salud fundamentada como derecho humano y social, a ser garantizado por el Estado (Feo, Feo, & Jiménez, 2012).

Es decir, los servicios de salud en el nivel local, deben convertirse en lugares estratégicos de construcción del orden social”, para ello es necesario “desplazar capacidades de articulación y conducción del nivel central de la institución, como mecanismo de articulación con la sociedad civil (Romero, 2013).

Lo anterior requiere una descentralización o en su caso desconcentración de actividades del nivel central al local, lo que implica transferencia de conocimientos, competencias y servicios contextualizados a otros niveles regionales y locales. Un servicio es contextualizado cuando está enfocado en una visión integral de la cultura, valores y costumbres de cada comunidad; así como la comprensión e interpretación de determinantes sociales, dinámicas y procesos de su contexto (Romero, 2013).

En el 1986, en la ciudad de Ottawa, se realiza la primera Conferencia Internacional sobre la Promoción de la Salud. En esta actividad es reconocida la salud como producto integral determinado por un conjunto de factores biológicos, sociales y ambientales y se evidencia la necesidad de orientar la prestación de servicios a la satisfacción de las necesidades culturales de los individuos y comunidades; por lo que es fundamental la creación de vías de comunicación intersectoriales que abarque lo sanitario, social, político y económico. Lo anterior exige la generación de conocimiento para promover cambios en la educación y formación profesional y de esta forma producir el cambio de actitud y de organización de los servicios sanitarios (Organización Panamericana de la Salud /Organización Mundial de la Salud, 1986).

En la Carta de Ottawa de 1986, se reconoce la relevancia de las decisiones políticas de la salud, de la importancia de aunar esfuerzos y recursos sectoriales y de fortalecer la participación social en la búsqueda de un cambio en el estilo de vida y de la necesidad de proporcionar a los pueblos los medios necesarios para mejorar su salud y ejercer un mayor control sobre la misma y se afirma que la salud se crea en el contexto de la vida cotidiana (Romero, 2013).

Esta formulación del concepto de promoción de la salud que se presenta en la Carta de Ottawa significa construir políticas públicas saludables, crear un ambiente de apoyo, fortalecer la acción comunitaria, desarrollar aptitudes personales, y reorientar los servicios de salud (OPS, 2001).

Lo anterior indica que la actividad principal de la promoción de la salud debe de orientarse a la transferencia de resultados de investigación a los agentes

sociales y en la gestión de procesos, por ello, los retos de la sociedad del conocimiento en la promoción de la salud debe ser: la integración de conocimiento en un entorno globalizado; la dinámica especialización-interdisciplinariedad; el filtrado y modulado de la información; el conocimiento de calidad; el aprendizaje continuo; la gestión de las redes del conocimiento. Por lo que el reto debe ser custodiar y comunicar conocimientos de calidad, diversos, integrados, dirigidos a receptores específicos en entornos de aprendizaje e innovación continuos con una estructura compleja gestionados por expertos (García, 2003).

Es decir que, en el campo de la salud pública, la demanda de servicios de salud en el mundo se ha incrementado en proporción directa con el crecimiento de la población y los problemas que la aquejan. En cambio, la oferta de servicios constituye una tarea compleja y ardua, dada la escasez de recursos financieros, las barreras tecnológicas y un factor cada vez más importante, la pérdida de competencias y desempeño del personal.

Incide también en este aspecto, la insuficiente capacidad gerencial de los gestores, además de la necesidad de que el servicio esté adaptado a las características culturales de cada país o nación. Es por ello que la gestión del conocimiento que se ha venido aplicando en el mundo empresarial, debe asumirse en el sector salud para mejorar la competencia y el desempeño de los individuos, los grupos y las instituciones.

Es decir que su finalidad debe ser optimizar el recurso humano para crear un capital humano o intelectual que unido a la gestión de calidad y otras herramientas gerenciales, permitan obtener servicios óptimos de salud, es decir, más calidad, accesibilidad y eficiencia. Consecuentemente, el estado de salud de la población debe elevarse pero el costo para las personas y las instituciones debe ser menor.

Mintzberg (1970), introdujo en la literatura administrativa una tipología organizacional con una visión innovadora para caracterizar y comprender las exigencias del trabajo en el sector salud.

Por ello, para lograr una gerencia de calidad existe la eminente necesidad de organizar los servicios de salud con eficiencia y efectividad (Navarro, 2004) y el óptimo que los sistemas de prestación deben alcanzar es la salud, mientras que los servicios obran, fundamentalmente, sobre la enfermedad.

Rojo (2003), refiere que los servicios de salud son espacios de realización de múltiples intereses, por lo que el desempeño del personal no puede regirse dentro del paradigma administrativo tradicional, porque es allí

en donde confluyen instancias e intereses diversos de usuarios, profesionales, gestores, dirigentes políticos, gubernamentales, empresarios, suministradores de materias primas y la comunidad.

Esto significa que en un servicio de salud el conocimiento organizativo se debe crear, almacenar, difundir y reutilizar en el ámbito de toda la organización. Diferenciando el conocimiento como saber del de la habilidad, la cual se identifica como saber hacer (Valhondo, 2003).

Por ello, la gestión del conocimiento implica una mirada profunda hacia el interior de la organización de salud, de su personal calificado, de su desempeño, actitudes y es el análisis de la prestación del servicio de atención lo que permitirá identificar las brechas que al ser relacionadas con el parámetro que son las normas de atención vigentes evidenciará las necesidades de capacitación, normalización, de infraestructura, equipo, o de uso de tecnologías de información para el desempeño deseado del personal de salud que proporciona la atención.

La creación de la capacidad organizativa de un servicio de salud apoya la determinación, documentación, almacenamiento, distribución de recursos cognitivos; la capacidad de aprendizaje y de competencias que se generan y que son utilizadas por los individuos que la integran y comunidades en su área de influencia, en sus diferentes contextos profesionales (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2003).

De acuerdo con Davenport y Prusak (1998, 2000), los factores que pueden determinar el éxito de un proceso de gestión del conocimiento deben estar orientados en poseer una cultura organizacional congruente a la producción y gestión del conocimiento, disponer de una infraestructura técnica e institucional y de canales existentes para la transferencia del conocimiento.

Sallis y Jones (2000), atribuye la gestión del conocimiento al contexto cultural, la confianza de los miembros de la organización, al liderazgo del personal directivo; así como a su coherencia con las estrategias establecidas.

Para Rivero (2002), el éxito dependerá de la existencia de un modelo común sobre gestión del conocimiento, la creación de una cultura común, del soporte tecnológico disponible y de no limitarse a realizar cambios cosméticos en la organización.

Alavi y Leidner (1999, 2001), lo dirigen a procurar que los datos sean utilizables, actuales y pertinentes, de asegurar la confidencialidad del cliente, de

fomentar una cultura del conocimiento, establecer responsabilidades dentro de la organización con relación a la gestión del conocimiento y poseer infraestructura actualizada y segura.

Todo lo expuesto por los autores referidos puede resumirse en la interacción establecida con el usuario, la cultura organizacional existente y el liderazgo del personal directivo que es clave para la direccionalidad de las acciones.

Modelo propuesto para la transferencia del conocimiento en la atención prenatal a la adolescente primigesta (Figura 3)

Aplicando la teoría general de los sistemas, según Eglie y Langeard (1990), el esquema para la producción de servicios, es similar al del sector de producción de bienes, en donde se necesitan: los recursos humanos que tiene relación directa con el usuario, el soporte físico que implica la infraestructura y equipo; la usuaria que es el elemento principal y el servicio como cuarto elemento en el sistema.

Esta herramienta metodológica permite enriquecer las acciones realizadas en un servicio de salud con el objetivo de satisfacer las necesidades de la usuaria en función a una atención prenatal integral, diferenciada y de calidad. El motivo de alcanzar esta satisfacción conlleva a que la adolescente use la información adquirida para incorporarla tanto en su auto cuidado como en el de su bebé.

La propuesta se ha realizado con base al triángulo del servicio que incluye aspectos clave del sistema de calidad y está en función de la satisfacción de la usuaria que surge de la interacción de la estrategia que responde al concepto del servicio, integración de equipo multidisciplinario funcional y de la estructura del sistema de prestación del servicio.

Para la operativización del modelo, es indispensable contar con servicios de salud integrales y diferenciados para la atención de la adolescente embarazada; así como definir las necesidades de la población a cubrir, de contar con la integración de un equipo multidisciplinario funcional mediante la estandarización y sistematización de la atención; para lo que se requiere de la realización de análisis de desempeño con el objetivo de identificar brechas y reducirlas por medio de la elaboración de un plan de acción que esté basado en parámetros establecidos en las normas y protocolos de atención existente.

Para este proceso es importante la aplicación de tecnologías que permitan la transferencia del conocimiento y el desarrollo de habilidades del recurso humano que provee la atención prenatal. Esta transferencia de tecnología consiste en provocar el movimiento de información, o del conocimiento desde un proveedor hacia un receptor que en el caso de este ejemplo es la adolescente embarazada.

Mediante el uso de Tecnologías de Información y Comunicación se pueden generar cambios porque es el medio como las y los usuarios tienen acceso a la comunicación y la información, con intervenciones y acciones propuestas para la promoción y prevención de la salud.

Lo anterior, permite alcanzar mejores coberturas y la difusión de mensajes puede realizarse en forma interactiva, mediante redes sociales, chats, que actualmente son medios de comunicación en el grupo de adolescentes.

Asimismo, se puede hacer llegar la información en forma atractiva a las adolescentes y poder apoyarlas para que tengan conocimiento en cómo mantener su salud, identificar riesgos en forma oportuna y tomar decisiones informadas.

Con esas mismas herramientas tecnológicas también se pueden aclarar dudas o realizar cursos a distancia con contenido solicitados por los usuarios y de esta forma ir fomentando la salud de los diferentes grupos poblacionales en especial de los y las adolescentes y del cuidado del recién nacido.

Todo el proceso anterior debe estar en todas sus fases acompañado de un sistema de supervisión, monitoreo y evaluación institucional que acompañe el proceso implantado, permitiendo la toma de decisiones en forma oportuna en función del análisis de la información generada.

La gestión del conocimiento necesita de una adecuada gestión de la información, del uso apropiado de las tecnologías de información, de una correcta gestión de los recursos humanos y de enfoques novedosos de la práctica de la comunicación.

Para la conversión del conocimiento en la atención prenatal dirigida a adolescentes en un servicio de salud, se describen las cuatro formas de conversión del conocimiento tácito y explícito, mediante la adaptación del modelo de gestión del conocimiento de Nonaka y Takeuchi (1995) (Figura 4). En esta se explican las diferentes formas de conversión del conocimiento de tácito a tácito, tácito a explícito, explícito a explícito y de explícito a tácito en una institución que provee servicios

de atención prenatal. Según el tipo de conocimiento, así será la metodología utilizada para su transferencia. Otro aspecto importante a considerar es la interacción posible entre las diferentes categorías definidas en las cuatro modalidades.

La conversión de tácito a tácito se realiza solo a través de la experiencia en forma de exposiciones orales, a través del diálogo o por medio de reflexión colectiva. Es producto de la interacción de las personas. Esta forma de conocimiento es novedosa para la base colectiva de la organización.

En el modo de combinación se crea conocimiento explícito que se puede categorizar y clasificar para producir una base de datos que posteriormente pueden generar conocimiento.

En la exteriorización el conocimiento se hace tangible por medio del uso de metáforas. Este conocimiento es difícil de comunicar, pero se integra a la cultura de la organización. Este modo es esencial en la creación del conocimiento.

La interiorización se produce cuando se analiza la experiencia de aplicación del nuevo conocimiento,

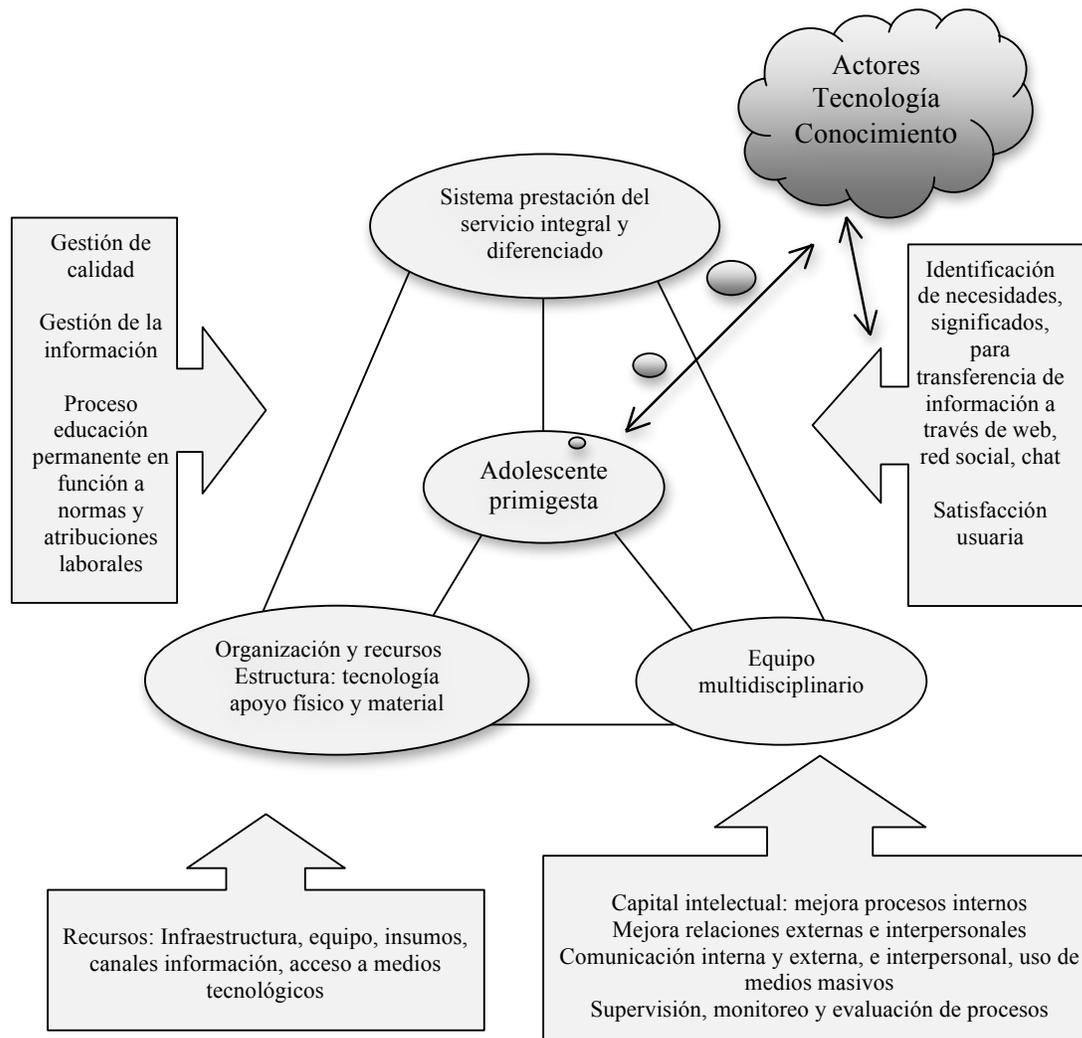


Figura 3: Propuesta de modelo para la transferencia del conocimiento en la atención prenatal de la adolescente primigesta. Adaptado de ISO (1991) y Albrecht (1992).

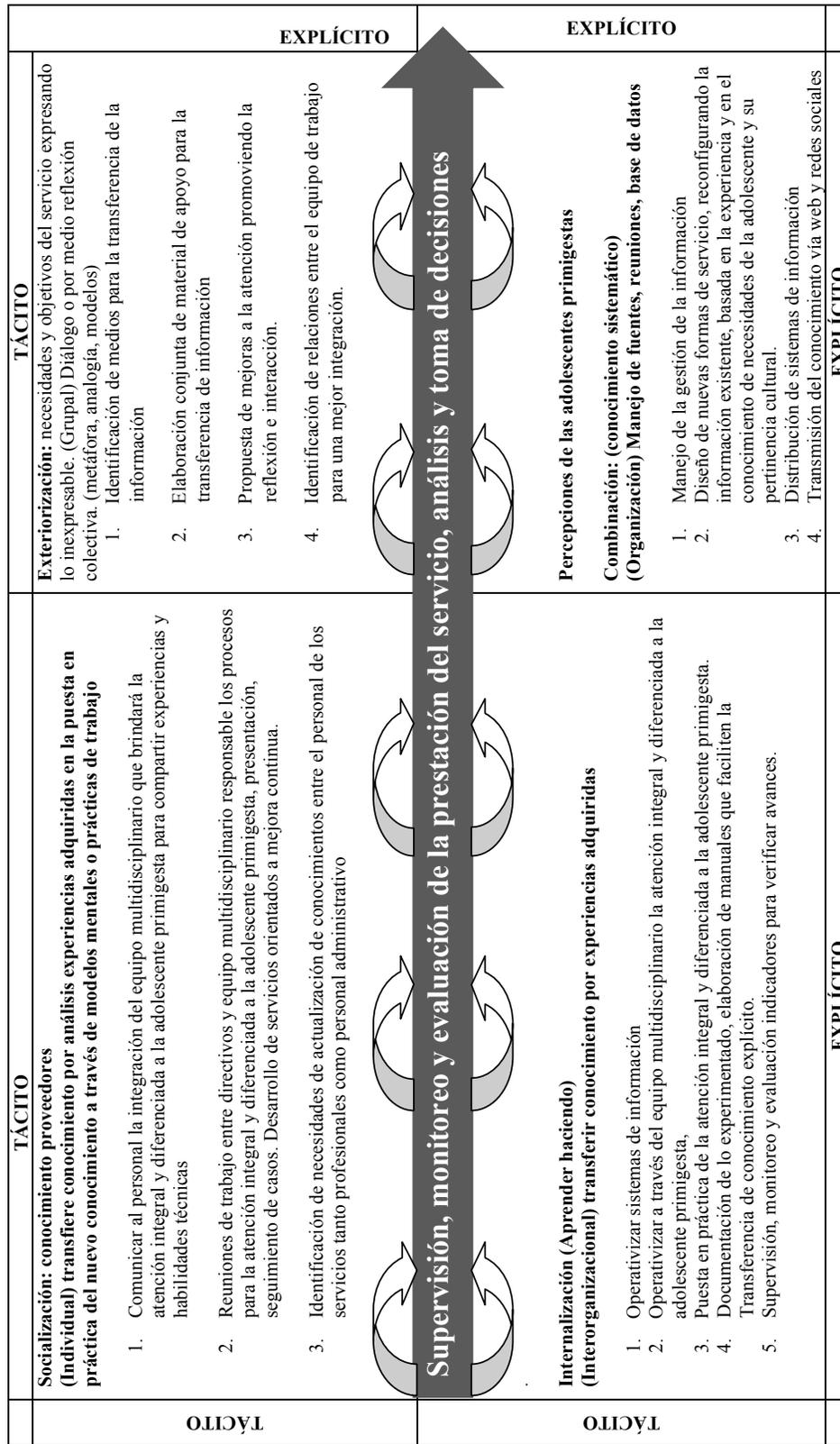


Figura 4. Cuadro explicativo de la conversión del conocimiento tácito a explícito en la gestión del conocimiento prenatal a la adolescente primigestas. Adaptado del modelo de Nonaka y Takeuchi (1995).

incorporándose el conocimiento generado al conocimiento tácito de los miembros de la organización.

Conclusiones

La gestión del conocimiento como proceso sistemático propicia espacios de interacción del recurso humano mediante el establecimiento de una red de relaciones que permite crear, organizar, transferir, almacenar y dar acceso al conocimiento generado para su utilización; permitiendo con ello una cultura de aprendizaje continuo entre los prestadores del servicio y con las usuarias, de tal forma que al utilizarlo se desarrollen competencias y capacidades para ser eficaces, productivos y portadores de una atención con calidez, contextualizada, de calidad.

Las instancias de Salud Pública deben propiciar mecanismos que activen la dimensión colectiva del conocimiento mediante la creación de una red institucional que permita la generación y transferencia del conocimiento en todos los niveles de atención de la institución, de tal manera, que influyan en la forma cómo se diseñan los puestos y procesos de trabajo orientados a la prestación de una atención prenatal integral diferenciada y con pertinencia cultural.

Referencias

- Agencia Nacional de Infraestructura. (2012). Guía para la gestión del conocimiento. Código Gi-12. Bogotá: ANI. Recuperado de http://www.ani.gov.co/site/default/files/gi-12_guia_para_la_gestion_del_conocimiento_v1_ani_0.pdf
- Alavi, M., & Leidner, D. (1999). Knowledge management systems: Issues, challenges and benefits. *Communications of the Association for Information Systems*, 1(2), 1-35.
- Alavi, M., & Leidner, D. (2001). Review: Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. *Journal Management Information Systems*, 25(1), 107-136.
- Albrecht, K. (1992). *La Revolución del Servicio*. Santa fe de Bogotá: Legis Fondo Editorial Serie Empresarial.
- Archanco, R. (2013). Breve guía no convencional para la gestión del conocimiento empresarial. Recuperado de <http://papelesdeinteligencia.com/?s=http%3A%2F%2Fpapelesdeinteligencia.com%2F+gestion-del-conocimiento-empresarial%2F>
- Argote, L., & Ingram, P. (2000). Knowledge transfer: A basis for competitive advantage in firms. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 82, 150-169. doi:10.1006/obhd.2000.2893
- Boisier, S. (2002). Sociedad del conocimiento, conocimiento social y gestión territorial. *Revista del Cesla*, (4), 60-94.
- Bürkli, A. (2011). Taller de Gestión del Conocimiento. Recuperado de https://ch4rm3d.files.wordpress.com/2011/09/gesti_n_del_conocimiento1.ppt
- Cope, M. (2001). *El conocimiento personal: Un valor seguro. Gestione su conocimiento y sáquele partido*. Madrid: Prentice Hall.
- Davenport, T., & Prusak, L. (1998). *Conhecimento Empresarial: Como as organizações gerenciam o seu capital intelectual*. Rio de Janeiro: Campues.
- Davenport, T., & Prusak, L. (2000). *Working knowledge: how organizations manage what they know*. Boston: Harvard Business School Press.
- Drucker, P. (1993). *Post-capitalist society*. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Eiglier, P., & Langeard, E. (1990). *Servucción: El marketing de los servicios*. Madrid: McGraw Hill.
- Feo, O., Feo, C., & Jiménez, P. (2012). *Pensamiento contrahegemónico en salud*. Maracay, Venezuela: Universidad de Carabobo.
- Fernández, J. (2000). Los campos de acción de la gestión del conocimiento. *Capital Humano*, 124, 64-65.
- García, F. (2003). La gestión del conocimiento: Aplicación a la promoción de la salud. *Scire*, 9(1), 151-170.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowothy, H., Sschwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1997). *La nueva producción del conocimiento. La dinámica de la ciencia y la investigación en las sociedades contemporáneas*. Barcelona: Pomares-Corregidor.
- Gil-Montelongo, M. D., López-Orozco, G., Molina-García, C., & Bolio-Yris, C.A. (2011). La gestión de la información como base de una iniciativa de gestión del conocimiento. *Ingeniería Industrial*, 32(3), 231-237.

- Grant, R. (1996). Prospering in dynamically competitive environments: Organizational capability as knowledge integration. *Organization Science*, 7(4), 375-388.
- Koontz, H., & Wehrich, H. (1998). *Administración una perspectiva global*. México, D. F: McGraw-Hill.
- Lundvall, B.-A. (1999). La base del conocimiento y su producción. *Ekonomiaz:Revista Vasca de Economía*, (45), 14-37.
- Martínez, M., (2011). *Desarrollo de un modelo de gestión del conocimiento en la cadena de suministro de la industria agroalimentaria* (Tesis de doctorado). Recuperada de http://oa.upm.es/6199/1/MOISES_ENRIQUE_MARTINEZ_SOTO.pdf
- Máynez-Guaderrama, A., & Cavazos-Arroyo, J. (2011). Conocimiento tácito: Su transferencia dentro de la organización, como fuente de ventaja competitiva sostenible. *Administración y Organizaciones*, 14(26), 9-26.
- Mintzberg, H. (1970). Structured observation as a method to study managerial work. *Journal of Management Studies*, 7(1), 87-104. doi: 10.1111/j.1467-6486.1970.tb00484.x
- Navarro, R. (2004). *Factores socio-laborales que caracterizan la fluctuación laboral real*. (Tesis de maestría). Escuela Nacional de Salud Pública, Cuba. Recuperado de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/revsalud/tesisray.pdf>
- Nonaka, I., & Takeuchi H. (1995). *The knowledge-creating company*. Oxford: Oxford University Press.
- Nonaka, I. (2007). The Knowledge-Creating Company. *Harvard Business Review*, 85(7/8), 162-171.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2003). *Measuring knowledge management in the business sector: First steps*. Paris: Autor.
- Ordoñez, P. (12 -14 de septiembre 1999). *Gestión del conocimiento y medición del capital intelectual*. Presentado en el IX Congreso Nacional de la Asociación Científica de Economía y Dirección de la Empresa, Burgos.
- Organización Panamericana de la Salud /Organización Mundial de la Salud. (1986). Carta de Ottawa para la promoción de la salud, primera conferencia internacional sobre promoción de la salud. Ottawa, Canadá: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud. (1992). *Desarrollo y fortalecimiento de los sistemas locales de salud. La administración estratégica*. Washington, D.C: Autor.
- Organización Panamericana de la Salud. (2001). *Informe anual del director. Promoción de la salud en las Américas* (Documento oficial No. 302). Washington, D.C: Autor.
- Parra, R. (2005). *Gestión de información y conocimiento en salud pública y la usabilidad en la Web en comunicación para el desarrollo*. Presentado en el Congreso Internacional Online TIC vida. Bogotá, Colombia.
- Red Colombiana de Investigación en Política y Sistemas de Salud. (2009). *La gestión del conocimiento para la salud pública. Plan Estratégico de Antioquia*. Antioquia, Colombia: Autor. Recuperado de <http://www.es.slideshare.net/radarik/la-gestion-del-conocimiento-para-la-salud-publica>
- Rivero, S. (2002). *Claves y pautas para comprender e implantar la gestión del conocimiento: Un modelo de referencia*. Las Arenas: Socintec.
- Rodríguez, D. (2006). Modelos para la creación y gestión del conocimiento: Una aproximación teórica. *Educar*, (37), 25-39.
- Rojo, N. (2003). Administración de recursos humanos. Generalidades en salud. En O. Carnota, *Biblioteca Virtual para formación postgraduada de directivos del sector salud* [CD-ROM]. La Habana, Cuba: Escuela Nacional de Salud Pública.
- Roldán, J. (2000). *Sistemas de información ejecutivos (EIS): Un estudio descriptivo sobre la situación en España*. Presentado en el I Encuentro Iberoamericano de Finanzas y Sistemas de Información. Universidad de Cádiz, Jerez de la Frontera, España.
- Romero, C. (2013). La construcción social de la salud y los gobiernos locales. Costa Rica: Universidad de Costa Rica. Recuperado de www.binasss.sa.cr/revistas/ts/63/art3.htm/04/2014
- Sallis, E., & Jones, G. (2002). *Knowledge management in education: Enhancing learning and education*. London: Kogan Page.

- Sakaiya, T. (1991). *The knowledge-value revolution or a history of the future*. Tokio, Japan: Kodansha.
- Senge, P. (2011). *La quinta disciplina. El arte y la práctica de la organización abierta al aprendizaje*. Buenos Aires, Argentina: Granica.
- Serradell, E., & Juan, A. A. (2003). *La gestión del conocimiento en la nueva economía*. Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de <https://www.uoc.edu/dt/20133/20133.pdf>
- Sveiby, K. (2001). A knowledge-based theory of the firm to guide strategy formulation. *Journal of Intellectual Capital*, 2(4), 344-358. doi: 10.1108/14691930110409651
- Urra, P. (2008). *Reflexiones en torno a la gestión del conocimiento en salud*. Presentación Congreso Internacional INFO 2008. Habana, Cuba. Recuperado de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/vigilancia/urra.pdf>
- Valhondo, D. (2010). *Gestión del conocimiento: Del mito a la realidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Woodman, L. (1985). *Information management in large organisations. Information management from strategies to action*. London: B. Cronin.

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-01 Áreas vulnerables ante fenómenos naturales, microcuenca río Peshjá, La Unión, Zacapa

Vulnerable areas to natural phenomena, microbasin of Peshjá River, La Union, Zacapa

Antonio Casasola 244

CT-02 Evaluación del parasitoid *Aprostocetus esurus* como controlador biológico del barrenador de la caña (*Diatraea crambidoides*) en jaulas bajo las condiciones de la granja de Belén

*Evaluation of the parasitoid *Aprostocetus esurus* as biological controller of the cane borer (*Diatraea crambidoides*) in cages under the conditions of Belen farm*

Francisco Pec, Francisco Badilla 245

CT-03 Producción y descomposición de hojarasca en el bosque natural de Cayo Quemado, Livingston, Izabal, Guatemala

Production and decomposition of dead leaves in the natural forest of Cayo Quemado, Livingston, Izabal, Guatemala

Eddi A. Vanegas-Chacón, Andrea M. Smith-López, Jylian O. Hernández-Soto 246

CT-04 Adaptación y rendimiento de variedades de chile nativas de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica

Adaptation and productivity of Guatemalan pepper varieties in an aquaponic system with Nile tilapia

Carlos Valdez-Sandoval, Dennis Guerra-Centeno Mercedes Diaz 247

CT-05 Determinación de la vida de anaquel de sales de ajo, cebolla y pimienta limón en tres tipos de empaque

Determination of shelf life of garlic, onion and pepper lemon salts in three packing types

Nydia V. Maldonado, C. Porres 248

CT-06 Determinación de habilidad combinatoria de 11 materiales de *Theobroma cacao* L.

*Determination of combining ability of 11 materials of *Theobroma cacao* L.*

David Alvarado-Güinac, David E. Moreno-Camey, Julio R. Montesdeoca-Franco 249

CT-07 Las plantas silvestres comestibles del corredor seco de Guatemala

Edible wild plants of the dry corridor of Guatemala

Augusto S. Guerra-Gutiérrez 250

CT-08 Sensores electrónicos aplicados a la Ingeniería Civil (Módulo de Electrónica)

Electronic sensors for Civil Engineering (Electronic Module)

Antonio E. Navas Contreras 251

CT-09 Efecto de la nanotecnología en la capa activa de dispositivos fotovoltaicos utilizando derivados de porfirinas

Effect of nanotechnology on the active layer of photovoltaic devices using porphyrin derivatives

Susana Arrechea, Fernando Langa, Pilar de la Cruz 252

CT-10 Nanopartículas de dióxido de titanio y aditivo hidrofóbico para mejorar las propiedades de auto-limpieza de morteros de recubrimientos

Nanoparticles of titanium dioxide and hydrophobic additive to improve the self-cleaning properties of coatings mortars

Susana Arrechea, Jennyfer Paiz, Luis Velásquez 253

CT-11 Ventajas de los jardines verticales sobre edificios de concreto en clima cálido-seco de Guatemala

Advantages of vertical gardens over concrete buildings in warm-dry climate of Guatemala

Claudia Taracena 254

CT-12 Aplicación de rutinas en lenguaje R para análisis de componentes principales

Application of R-language routines for principal components analysis

Ezequiel A. López-Bautista, Byron H. González-Ramírez 255

CT-13 Variación espacial y temporal de material particulado PM_{10} en la atmósfera de la zona poniente de Villahermosa, Tabasco

Spatial and temporal variation of particles PM_{10} in the western atmosphere of the city of Villahermosa, Tabasco

Ma. Teresa Gamboa-Rodríguez, Jesús R. Gamboa-Aldeco, Gonzalo Espinosa-Romero, Santiago Sastré-Castellanos, Rodolfo Gómez-Cruz 256

7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-14 Parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua de la Laguna de Meacoacán, Paraíso, Tabasco

Physicochemical parameters to determine the water quality of Meacoacan Lagoon, Paraíso, Tabasco

Ana L. Gómez-Calzada, Carmen M. Flores-Guzmán, Ebelia A. Meraz, Cristina Ponce-Parra, Jose L. Zapata-Haas.....257

CT-15 Arquitectura Tecnológica de un Sistema Inteligente de Tutorías

Technological Architecture of an Intelligent Tutoring System

Selene García, José A. Gómez, María L. Sánchez258

CT-16 Uso de las redes sociales por los alumnos de la Universidad Tecnológica del Usumacinta

Use of social networks by students of the Universidad Tecnológica del Usumacinta

Ana L. Gómez-Calzada, Carmen M. Flores-Guzmán, Ebelia A. Meraz, Cristina Ponce-Parra, Jose L. Zapata-Haas.....259

CT-17 Algoritmos estratégicos para analizar código WSDL de diversas plataformas

Strategic algorithms for analyzing WSDL Code for various platform

Elías Rivera-Custodio, René Santaolaya-Salgado, Olivia G. Frago-so-Díaz..... 260

CT-18 Sitio Web con nivel de accesibilidad A para las Unidades Educativas y Colegios de la ciudad de Cuenca, Ecuador

Web site with level A accessibility for the Educational Units and Colleges of the city of Cuenca, Ecuador

Diego A. Espinosa, José A. Gómez, Milton A. Campoverde, Selene García, Marco A. Nava261

CT-19 Determinación de zonas Fresnel para la comunicación ad hoc en el puerto de Frontera

Determination of Fresnel zone for the communication ad hoc in the port of Frontera

Manuel Torres-Vásquez, Daniel A. Pérez-Uc.....262

CT-20 SOA Software interactivo del aprendizaje de aritméticas básicas dirigido a estudiantes del quinto grado de primaria

SOA interactive software of basic arithmetic learning directed to elementary fifth grade students

Wendi M. Santiago-León, Freddy Solís-Montejo, Oscar Ovan-do-Bautista, Eloisa Mendoza-Vázquez.....263

CT-21 Redes complejas de interacción con Tic y personal entre alumnos de la escuela secundaria José María Morelos y Pavón de Tenosique, Tabasco

Complex networks of interaction with Tic and personnel between students of the secondary school Jose Maria Morelos and Pavon of Tenosique, Tabasco

Irlanda Y. Ordoñez-Sánchez, Efraín Canto-Lugo, Gabriela Isidro-Real, Fausto I. Flores Córdova, Víctor M. Barceló Gutiérrez.....264

CT-22 Emergencia y crecimiento de *Platymiscium dimorphandrum* (J. D. Smith) Donn Sm en Tapachula, México

Emergency and growth of Platymiscium dimorphandrum (J. D. Smith) Donn Sm in Tapachula, Mexico

Raúl Cuevas-González, Liliana Y. Gabriel-Ventura, María R. Escobar-Cruz.....265

7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-01 **Áreas vulnerables ante fenómenos naturales,
microcuenca rio Peshjá, La Unión, Zacapa**

Vulnerable areas to natural phenomena, microbasin of Peshjá River, La Union, Zacapa

Antonio Casasola

Centro Universitario de Zacapa, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: antoniioes82@gmail.com

Resumen

Este estudio se realizó como una contribución al análisis que contribuya a identificar las áreas vulnerables ante fenómenos naturales de la microcuenca rio Peshjá, del municipio de La Unión, Zacapa. El estudio de las cuencas hidrográficas del municipio de La Unión, Zacapa, debido a su ubicación en el departamento, en las áreas altas, se ve expuesta a fenómenos hidrológicos extremos. La importancia de la planificación del uso de los suelos, tanto para su uso agrícola, de hábitat, como de la protección de áreas vulnerables a desastres, es de mucha importancia debido a la gran cantidad de precipitación que reciben. Se recabó la información necesaria que generó los datos suficientes de precipitaciones, datos proporcionados por la estación meteorológica del municipio; de texturas, tipos de suelos, cobertura vegetal y forestal, se obtuvieron por medio de muestreos en el campo con GPS, chuzos y bolsas ziploc, las que se trasladaron al laboratorio del Centro Universitario de Oriente y así se identificaron los tipos de texturas; con el programa ArcGis se utilizó la metodología de ponderación de variables, con lo que se concluyó el análisis georeferencial en las distintas áreas de la microcuenca, y se evaluaron los distintos niveles de vulnerabilidad ante fenómenos naturales.

Palabras claves: Análisis hidrológico, análisis georeferencial

Abstract

This study was made as a contribution to the analysis that helps to identify areas with vulnerability to natural phenomena in the microbasin of the Peshjá River of the township of La Unión, Zacapa. The study of the watersheds of the township of La Union, Zacapa faces extreme hydrological phenomena due to its location in the department, in the high areas. It is crucial the land use planning, both for agricultural use, of habitat; and protection of vulnerable areas to disasters, because of the large amount of rainfall they receive. It was collected the necessary information to find satisfactory rainfall data, that was given by the weather station of the township; of textures, soil types, vegetation and forest cover, they were obtained through field sampling with GPS, chuzos and ziploc bags, which were transferred to the laboratory of the Centro Universitario de Oriente to identify the types of textures. It was used the methodology of weighting of variables with the ArcGis program, with which the georeferenced analysis was concluded in the different areas of the microbasin, and the different levels of vulnerability to natural phenomena were evaluated.

Keywords: Hydrological phenomena, georeferential analysis



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-02 Evaluación del parasitoide *Aprostocetus esurus* como controlador biológico del barrenador de la caña (*Diatraea crambidoides*) en jaulas bajo las condiciones de la granja de Belén

*Evaluation of the parasitoid *Aprostocetus esurus* as biological controller of the cane borer (*Diatraea crambidoides*) in cages under the conditions of Belen farm*

Francisco Pec*, Francisco Badilla

Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala

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

Resumen

Este estudio se realizó bajo las condiciones de la Finca Belén del Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Guatemala. Se simuló con tres niveles de 20,000 adultos de barrenador/ha para obtener un alto índice de infestación y así evaluar el efecto de tres proporciones de *Aprostocetus esurus* y *Diatraea crambidoides*, sobre el porcentaje de entrenudos dañados y la cantidad de toneladas de azúcar/ha. El ensayo se estableció en un cañaveral de cinco cortes de la variedad CP 72-2086 cultivada a un distanciamiento de 1.5 m entre surcos. Cada unidad experimental constó de un surco de 7.5 m de longitud, con ocho repeticiones bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, cada tratamiento se estableció en una jaula de 90 m² a manera de aislar el sistema albergando las repeticiones de cada tratamiento. Las liberaciones de *A. esurus* se realizaron entre 36 y 39 días después de haber liberado los adultos de barrenador a manera que la siguiente generación de barrenadores esté en el estadio de crisálida. Se determinó que las liberaciones de *A. esurus* producen un incremento estadísticamente significativo sobre el rendimiento en toneladas de azúcar/ha, obteniéndose este incremento al liberar al menos cinco *A. esurus* por cada crisálida proyectada.

Palabras claves: Índice de infestación, crisálidas

Abstract

This study was made under the conditions of the Finca Belén, Ingenio La Unión, Santa Lucia Cotzumalguapa, Guatemala. It was simulated with three levels of 20,000 adults of borer per hectare to obtain a high rate of infestation and thus evaluate the effect of three proportions of *Aprostocetus esurus* y *Diatraea crambidoides* on the percentage of damaged internodes and the amount of tons of sugar/ha. The test was established in a sugar cane plantation of five cuts of the CP 72-2086 variety grown from a distance of 1.5 m between furrows. Each experimental unit consisted of a furrow of 7.5 m of length, with eight replications under an experimental design of complete blocks at random, each treatment was established in a cage of 90 m² in order to isolate the system, and housing the repetitions of each treatment. The releases of *A. esurus* were carried out between 36 and 39 days after releasing the adults of borer, thus the next generation of borers is in the chrysalis stage. It was determined that the releases of *A. esurus* produce a statistically significant increase on the yield in tons of sugar per hectare, obtaining this increase by releasing at least five *A. esurus* per each projected chrysalis.

Keywords: Infestation index, chrisalid



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-03 Producción y descomposición de hojarasca en el bosque natural de Cayo Quemado, Livingston, Izabal, Guatemala

Production and decomposition of dead leaves in the natural forest of Cayo Quemado, Livingston, Izabal, Guatemala

Eddi A. Vanegas-Chacón*, Andrea M. Smith-López, Jylian O. Hernández-Soto

¹Facultad de Agronomía, ²Centro Universitario de Izabal, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Resumen

Los bosques naturales de los sistemas marino costeros son importantes por los bienes y servicios ambientales que prestan. Sin embargo, en la Costa Atlántica del país son vulnerables a múltiples amenazas. Como parte de un inventario de carbono del bosque natural Cayo Quemado, se cuantificó la producción y descomposición de hojarasca de las especies vegetales predominantes por unidad de área: Mangle rojo (*Rhizophora mangle*) 38.14%, zapotón (*Pachira aquatica*) 19.07%, cahue (*Pterocarpus officinalis*) 18.56% y anonillo (*Rollinia pittieri*) 7.22%. En bloques de 30 x 30 m, fueron colocadas en forma aleatoria trampas de 2 x 2 m, y bolsas de descomposición con 200 g de hojarasca fresca, con tres repeticiones, con lecturas cada 30 días. Se concluye que el mangle rojo aportó 0.6015, el zapotón 0.2701, el cahué 0.1836 y el anonillo 0.1119 para un total de 1.1671 MgC/ha, equivalentes a 4.28 MgCO₂/ha. Así mismo, se determinó que después de cinco meses de descomposición la masa seca remanente fue de cahué (47.9%), zapotón (40.94%), mangle (38.86%) y anonillo (30.41%) en base a peso seco. El rol de las especies vegetales asociadas a los manglares es de suma importancia por su naturaleza recalcitrante y preservación del Cayo Quemado *per se*.

Palabras claves: *Rhizophora mangle*, *Pachira aquatica*, *Pterocarpus officinalis*, *Rollinia pittieri*

Abstract

The natural forests of coastal marine systems are important because of the environmental goods and services they provide. However, in the Atlantic Coast of Guatemala, they are vulnerable to numerous threats. As part of a carbon inventory of the Cayo Quemado natural forest, it was quantified the dead leaves production and decomposition of the prevailing plant species per unit area: red mangrove (*Rhizophora mangle*) 38.14%, zapoton (*Pachira aquatica*) 19.07%, cahue (*Pterocarpus officinalis*) 18.56% and anonillo (*Rollinia pittieri*) 7.22%. In blocks of 30 x 30 m, were randomly placed traps of 2 x 2 m, and bags of decomposition with 200 g of recent dead leaves, with three replicates; with readings every 30 days. Concluding that red mangrove contributed with 0.6015, zapoton 0.2701; cahué 0.1836 and anonillo 0.1119 for a total of 1.1671 MgC/ha; equivalent to 4.28 MgCO₂/ha. Moreover, it was determined that after five months of decomposition the remaining dry mass was cahué 47.97; zapoton 40.94; mangle 38.86 and anonillo 30.41% based on dry weight. So the purpose of the plant species associated with mangroves is of utmost importance because of its recalcitrant nature, and preservation of the Cayo Quemado *per se*.

Keywords: *Rhizophora mangle*, *Pachira aquatica*, *Pterocarpus officinalis*, *Rollinia pittieri*

7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-04 Adaptación y rendimiento de variedades de chile nativas
de Guatemala en un sistema acuapónico con tilapia nilótica

*Adaptation and productivity of Guatemalan pepper varieties
in an aquaponic system with Nile tilapia*

Carlos Valdez-Sandoval*, Dennis Guerra-Centeno Mercedes Díaz

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

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

Resumen

La acuaponía es un sistema de producción de alimentos que combina el cultivo de peces con el de plantas. Este sistema usando variedades de chile nativos de Guatemala puede ser una opción interesante para contribuir a la seguridad alimentaria. Se determinó la adaptación, el crecimiento y el rendimiento de ocho variedades en un sistema acuapónico. Se utilizaron seis módulos acuapónicos con capacidad de 80 plantas y 28 organismos de tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) cada uno. Se incluyeron en el estudio, plantas de chile de caballo (*Capsicum pubescens*), chiltepe (*C. annuum*), chocolate (*C. annuum*), cobanero (*C. annuum*), diente de perro (*C. frutescens*), guaque (*C. annuum*), morrón (*C. annuum*) y serrano (*C. annuum*), con una evaluación de 120 días. Se registró la supervivencia, la longitud de la planta, el peso, el rendimiento de los frutos y la biomasa de los peces al inicio y al final del periodo experimental. Las ocho variedades de chile se adaptaron a los módulos acuapónicos experimentales. Las longitudes promedios de las plantas no fueron diferentes entre variedades ($p = .1242$). Los rendimientos de frutos por variedad fueron diferentes ($p = .00001$). La variedad con mayor rendimiento fue el chile morrón, seguida del chile guaque y el chile chocolate. La biomasa promedio de los peces por tanque fue de $1,690.5 \pm 128.6$ g. Los resultados sugieren que se pueden producir diversos chiles nativos en un sistema acuapónico combinado con tilapia nilótica.

Palabras claves: *Capsicum*, producción alimentos

Abstract

It was investigated the adaptation, growth, and productivity of eight Guatemalan pepper varieties in an aquaponic system with tilapia. Six aquaponic modules were used with capacity of 80 plants and 28 tilapia (*Oreochromis niloticus*) organisms each one. Eight pepper varieties (caballo [*Capsicum pubescens*], chiltepe [*C. annuum*], chocolate [*C. annuum*], cobanero [*C. annuum*], diente de perro [*C. frutescens*], guaque [*C. annuum*], morrón [*C. annuum*], and serrano [*C. annuum*]) were included. They were randomly located in the modules and evaluated during 120 days. It was recorded the survival and the length of the plant, the weight and the productivity of the pepper fruit, and the biomass of the fish at the beginning and at the end of the experimental period. All varieties of plants showed adaptation to the experimental period but survival rates varied. Serrano pepper showed the highest growth, followed by chiltepe and cobanero. The plants length did not show differences between varieties. ($p = .1242$). The fruit productivity for each variety was different ($p = .00001$). The variety with the highest performance was morrón, followed by guaque and chocolate. Tilapia biomass per tank was 1690.5 ± 128.6 g. The results suggest that it can be produced native peppers in aquaponics systems with Nile tilapia.

Keywords: *Capsicum*, food production



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-05 **Determinación de la vida de anaquel de sales de ajo, cebolla y pimienta limón en tres tipos de empaque**

Determination of shelf life of garlic, onion and pepper lemon salts in three packing types

Nydia V. Maldonado, C. Porres

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

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

Resumen

Las sales condimentadas son susceptibles a la degradación de los atributos que le confieren la calidad, por lo que son importantes los estudios de vida de anaquel. El propósito de este estudio fue determinar la vida de anaquel de sales condimentadas de ajo, cebolla y pimienta limón en tres tipos de empaque (estructuras del tipo bobina y envase PET) por análisis sensorial y bioquímico. Se realizó un estudio experimental pretest y post test con un grupo control. Se analizaron seis muestras para la pimienta limón y dos de sal de ajo y de cebolla por método acelerado para cada empaque. El análisis sensorial fue por la prueba hedónica y los fisicoquímicos por análisis de pH, sal y humedad. Se analizaron por análisis de varianza (ANOVA) determinando que no existe diferencia significativa en los atributos sensoriales de olor y sabor; los datos fisicoquímicos pH, y sal, demuestran que los tres tipos de empaque ofrecen una buena barrera contra estos parámetros. Se analizó el porcentaje de humedad del producto, que es el principal parámetro para determinar la vida de anaquel, por lo que partiendo de la correlación del porcentaje de la humedad y el tiempo, se determinó la cinética de la reacción, su orden el cual fue cero y coeficiente de determinación. Se concluye que el empaque que ofrece la mejor barrera contra la humedad y mantiene la vida de anaquel del producto es el del tipo bobina BEDP.

Palabras claves: Análisis sensorial, humedad, empaque BEDP

Abstract

Seasoned salts are susceptible to degradation of the attributes that quality confers, so shelf life studies are important. The purpose of this study was to determine the shelf life of seasoning garlic, onion and lemon pepper in three types of packaging (roll-type structures and PET containers) by sensory and biochemical analysis. It was made a pretest and post test experimental study with a control group. Six samples were analyzed for lemon pepper and two for garlic and onion salt by accelerated method for every package. Sensory analysis data were collected using hedonic and physicochemical tests by pH, salt and moisture analysis. The data were processed with an analysis of variance (ANOVA) to determine that there is no significant difference in the sensory attributes of smell and taste. The physicochemical data pH and salt were analyzed to determine that the three types of packaging offer a good barrier against these parameters. The moisture content was analyzed, which is the main parameter to determine the shelf life of the product, which is based on the data correlation on the percentage of moisture. The time was determined the kinetics of the reaction; its order was zero and coefficient of determination. This study concludes that the packaging that offers a better barrier against moisture and maintains the shelf life of the product is the packaging of the BEDP roll type.

Keywords: Sensory analysis, moisture, BEDP packing



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-06 **Determinación de habilidad combinatoria de 11 materiales de *Theobroma cacao* L.**

*Determination of combining ability of 11 materials of *Theobroma cacao* L.*

David Alvarado-Güinac*, David E. Moreno-Camey, Julio R. Montesdeoca-Franco

Instituto de Investigación y Desarrollo del Sur Occidente, Centro Universitario del Sur Occidente (Cunsuroc),
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: alvarado77d@yahoo.com

Resumen

El cacao criollo es considerado como cacao fino, el cual es más demandado por los mercados internacionales por la diversificación de los subproductos y el valor cultural que buscan los consumidores. Por la demanda de cacaos finos para su establecimiento en parcelas comerciales y la falta de información básica para propagarlos, surge la necesidad de realizar las pruebas de habilidad combinatoria. Esta investigación se realizó en el jardín clonal de la granja docente Zahorí del Cunsuroc, Cuyotenango, Suchitepéquez, con el propósito de generar información de estos materiales. Se consideraron 11 materiales colectados en el territorio nacional. Se realizaron 55 polinizaciones cruzadas y 11 autopolinizaciones, por medio de la metodología de cruza dialélicas simples con aislamiento de botones florales. Los porcentajes de pegue obtenidos 30 días después de la polinización artificial, fueron analizados por medio de la prueba de χ^2 al 0.05% de significancia y tomándose como intercompatible o autocompatible los materiales cuyos valores fueron mayores al comparador del 30%. Las cruza realizadas entre los materiales M1 x M4 (30%), M1 x M6 (30%), M1 x M7 (55%), y M4 x M5 (30%) se consideran intercompatibles, el material M11 (60%) se considera autocompatible por que los resultados son iguales o menores al comparador crítico de $\chi^2 = 3.8415$. Con base en los resultados anteriores, las cruza de los materiales M1 x M4, M1 x M6, M1 x M7, M4 x M5 y el material M11, se recomiendan para futuras investigaciones y ser llevados a plantaciones comerciales por los agricultores.

Palabras claves: Cacao criollo, Suchitepéquez, cacaos finos

Abstract

The creole cocoa is considered as fine cocoa, which is more demanded by international markets due to the diversification of products and its cultural value which is looked by consumers. The demand for fine cocoa for commercial plots establishment and the lack of information to propagate it induced the need to perform the combining ability test. This research was made in the clonal garden of the teaching farm Zahorí from Cunsuroc, Cuyotenango Suchitepequez, in order to generate basic information of these materials. The 11 materials collected at national level were considered. 55 crossbreeding were made and 11 auto-pollinations, through simple methodology diallel crossebreeding by insulating flower buds. The percentages collected were analyzed 30 days after artificial pollination, by χ^2 to 0.05% test of significance and taking as intercompatible or auto-compatible materials which values were greater to the 30% comparator. The crosses made among materials M1 x M4 (30%), M1 x M6 (30%), M1 x M7 (55%), and M4 x M5 (30%) are considered intercompatible also the M11 (60%) material is considered auto-compatible, because the results are equal or less than the critical comparator $\chi^2 = 3.8415$. Based on the prior results, the crossbreeding of M1 x M4, M1 x M6, M1 x M7, M4 x M5 and M11 materials are recommended for further researches and to be taken to commercial plantations by farmers.

Keywords: Creole cacao, Suchitepequez, fine cacao



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-07 Las plantas silvestres comestibles del corredor
seco de Guatemala

Edible wild plants of the dry corridor of Guatemala

Augusto S. Guerra-Gutiérrez*

Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: losguerra1@yahoo.com

Resumen

El propósito de esta investigación es documentar y visibilizar el contenido nutricional de las especies de flora silvestre que se desarrollan en zonas de baja precipitación y con alto potencial para la alimentación humana. Las hambrunas en las zonas semiáridas son frecuentes, y algunas veces cíclicas. El corredor seco de Guatemala es una zona de baja precipitación, con escasa tecnología para la producción alimentaria y sensible a hambrunas. Esta investigación documenta la gastronomía local asociada a las especies en estudio, es una investigación con enfoque cualitativo-cuantitativo. La metodología de trabajo comprende un análisis bibliográfico de fuentes científicas fiables y la sistematización de relatos orales de familias. Para ello se hace un muestreo a conveniencia de bola de nieve, se georreferencia el sitio donde se colecta la especie, se documentan datos ecológicos, se hace la sistematización taxonómica y se obtiene la composición bromatológica de las especies. El análisis de la especie *Cnidoscolus chayamansa* (chatate o chaya) la más representativa del corredor seco, y con base a datos del Incap, indica que tiene importantes contenidos de Ca y vitamina C. La tradición oral mantiene conocimientos alimentarios prehispánicos de alto contenido nutricional, dicho conocimiento se refleja en la diversa alimentación maya. Este trabajo contiene recetas culinarias de plantas que se desarrollan sin prácticas agronómicas. Se presentan especies promisorias comestibles y estrategias para promover la alimentación sana y de bajo costo. Las siguientes son algunas de las especies típicas encontradas: *Gliricidia sepium*, *Fernaldia pandurata*, *C. chayamansa* y *Tanacetum parthenium*.

Palabras claves: Alimentación, plantas silvestres, *Cnidoscolus chayamansa*

Abstract

The purpose of this study is to document and visualize the nutritional content of the species of wild flora that are developed in zones of low rainfall, and with strong potential for human feeding. Famines are frequently in semi-arid regions, and sometimes cyclical. The dry corridor of Guatemala is an area of low rainfall, with lack of food production technology, and sensitive to famines. This research documents the local gastronomy associated with the studied species, which has a qualitative-quantitative approach. The work methodology contains a bibliographic analysis from reliable scientific sources and the systematization of oral histories of local families from the same place. For that purpose was made a convenience sampling of snowball, georeferencing the site where the species are collected; ecological data are documented. It is made and obtained the taxonomic systematization and the bromatological composition of the species. The analysis of the species *Cnidoscolus chayamansa* (chatate or chaya), the most representative of dry corridor, and based on Incap data, indicates that it contains important quantities of Ca and vitamin C. The oral tradition maintains pre-Hispanic nutritional knowledge of high nutritional content, which is reflected in the diverse Mayan food. This work contains culinary recipes of plants that develop without agronomic practices. Promissory edible species and strategies to promote healthy and low-cost nutrition are presented. The following are some of the species found: *Gliricidia sepium*, *Fernaldia pandurata*, *C. chayamansa*, and *Tanacetum parthenium*.

Keywords: Feeding, wild plants, *Cnidoscolus chayamansa*



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-08 **Sensores electrónicos aplicados a la Ingeniería Civil**
(Módulo de Electrónica)

Electronic sensors for Civil Engineering (Electronic Module)

Antonio E. Navas Contreras*

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: navas604@gmail.com

Resumen

Se trabajaron tres proyectos con el apoyo de Cementos Progreso y la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred): (1). Mejoramiento del sistema de monitoreo del nivel de ríos que utiliza Conred. Se desarrolló un sistema electrónico encargado de registrar el cambio de nivel del río y enviar automáticamente un mensaje de texto preventivo, mediante un módulo GSM, cuando el río alcance un nivel de peligro. (2). Medición de temperatura del concreto para determinar su grado de madurez, se utilizaron termocúplas tipo K modelo DS18B20 introducidas dentro del bloque de concreto a analizar, registrando el cambio de temperatura. Se utilizó un ordenador de placa, Raspberry-Pi, para almacenar los datos del cambio de temperatura, para luego enviar un informe diario por correo electrónico. Se determinó el índice de madurez del concreto analizado y se construyó una gráfica de temperatura-resistencia, para predecir la resistencia final aproximada que alcanza a los 28 días. (3). Análisis de deformaciones internas y deflexiones en losas convencionales de pavimentación. Para analizar las deformaciones internas que dichas losas experimentan con el paso del tránsito vehicular, se utilizaron galgas extensiométricas tipo PML-60-2LT. La deflexión de las losas se midió con un reloj comparador y una cámara web, para tomar una fotografía al momento de que pase un vehículo sobre la losa. Las galgas extensiométricas se conectaron a un Raspberry Pi para procesar y almacenar los datos, y enviar un informe diario por correo electrónico.

Palabras claves: Monitoreo hídrico, medición temperatura, deformación pavimento

Abstract

Three projects were performed with the support of Cementos Progreso and the National Coordinator for the Reduction of Disasters (Conred): (1). Improvement of the river level monitoring system used by Conred. An electronic system was developed to record the level change of the river and automatically send a warning text message, using a GSM module, when the river reaches a critical level. (2). Measurement of concrete temperature to determine its degree of maturity, type K thermocouples model DS18B20 were inserted inside the concrete block in order to record the change in the block temperature. A single-board computer, Raspberry-Pi, was used to store the temperature change data, and then send a daily report by e-mail. The maturity level of the analyzed concrete was determined and a temperature-resistance graph was built to predict the approximate final resistance that reaches 28 days. (3). Analysis of internal deformations and deflections in conventional paving slabs. In order to analyze the internal deformations that these slabs deal with the passage of vehicular circulation. Strain gauges type PML-60-2LT were used. The deflection of the slabs was measured with a dial indicator and a webcam, to take a photograph when a vehicle passes over the slab. The strain gauges were connected to a Raspberry-Pi to process and store the data, and send a daily report by e-mail.

Keywords: Hydric monitoring, temperature measurement, floor deformation



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-09 Efecto de la nanotecnología en la capa activa de dispositivos fotovoltaicos utilizando derivados de porfirinas

Effect of nanotechnology on the active layer of photovoltaic devices using porphyrin derivatives

Susana Arrechea^{1*}, Fernando Langa², Pilar de la Cruz²

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala e ²Instituto de Nanociencia, Nanotecnología y Materiales Moleculares, Universidad de Castilla-La Mancha, España

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

Resumen

La nueva generación de fotovoltaicas tiene un enfoque alternativo y complementario para la explotación de la energía solar; con bajo coste de fabricación, flexibilidad, transparencia y peso ligero. Las células solares más prometedoras por su notable progreso son las células solares orgánicas (OSC), células solares sensibilizadas por colorante (híbridas) y células solares de perovskita. Las porfirinas, que son análogos sintéticos de las clorofilas naturales, son de especial interés, debido a su elección natural como sistemas de antenas de recolección de luz que participan en procesos de transferencia de energía y electrones. En los últimos años, ha habido un gran interés en el campo de las células solares orgánicas de heterounión masiva (BHJ) procesadas en disolución utilizando derivados de porfirina como dadores y derivados de fullereno como aceptores, presentando resultados de PCE del 9.06%. En este trabajo se presenta la síntesis y propiedades de derivados de porfirinas A-D-A y el efecto de la capa activa de tamaño nanométrico utilizando diferentes proporciones con PCBM como aceptor alcanzando eficiencias superiores al 8%.

Palabras claves: Energía solar, clorofila, heterounión masiva

Abstract

New generation of photovoltaics can provide an alternative and complementary approach for the exploitation of solar energy; offering low manufacture cost, flexibility, light weight, and transparency. The most favorable solar cells are the organic solar cells (OSCs) because of their remarkable progress, hybrid dye-sensitized solar cells, and perovskite solar cells. Porphyrins are synthetic analogues of natural chlorophylls are of particular interest, because they are a natural choice as light-harvesting antenna systems that are involved in energy and electron transfer processes. In recent years there has been a great interest on the field of solution-processed BHJ organic solar cells using porphyrin derivatives as donors and derivatives of fullerene as acceptors, which resulted in PCEs up to 9.06%. This study presents the synthesis and properties of porphyrin A-D-A derivatives used as donor, and the effect of the nanometric size in the active layer with PCBM as acceptor, reaching efficiencies higher than 8%.

Keywords: Solar energy, chlorophyll, massive heterojunction



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-10 Nanopartículas de dióxido de titanio y aditivo hidrofóbico para mejorar las propiedades de auto-limpieza de morteros de recubrimientos

Nanoparticles of titanium dioxide and hydrophobic additive to improve the self-cleaning properties of coatings mortars

Susana Arrechea^{1*}, Jennyfer Paiz², Luis Velásquez²

¹Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala y

²Centro de Investigación y Desarrollo, Cementos Progreso, Guatemala.

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

Resumen

Nuevos morteros de textura lisa con propiedades hidrofóbicas y de auto-limpieza han sido desarrollados utilizando nanopartículas de dióxido de titanio y silicona de polisiloxano (TiO₂/Si). La fotocatalisis heterogénea de TiO₂ es una estrategia eficiente para obtener superficies autolimpiadoras en los morteros de recubrimiento y el Si aporta propiedades hidrofóbicas. Se caracterizaron las nanopartículas de TiO₂ con difracción de rayos X y se analizaron los morteros utilizando diferentes proporciones de TiO₂ 0.5, 1, 3 y 0.5% de Si, la fase de mezclado mecánico se realizó acorde a la norma ASTM C 305-12. El estudio de termogravimetría identificó los hidratos presentes en la matriz y la temperatura de descomposición siendo esta mayor de 600°C para todas las muestras. Se evaluó la actividad fotocatalítica heterogénea utilizando un análisis colorimétrico y la exposición a radiación ultravioleta, para la degradación del colorante orgánico rodamina B. A edades tempranas de curado las probetas con adición de 1%TiO₂-0.5%Si obtuvieron mejores resultados de degradación de color. A edades tardías de curado (28 días) se observó una disminución en la actividad fotocatalítica de las muestras. Se determinaron las propiedades hidrofóbicas del mortero, mediante un análisis de ángulo de contacto y permeabilidad utilizando el tubo de Karsten. Este estudio demuestra que los morteros que contienen TiO₂-Si presentan propiedades autolimpiantes y propiedades humectantes que favorecen la limpieza de partículas sueltas con el agua de lluvia.

Palabras claves: Silicona de polisiloxano, difracción de rayos X, propiedades humectantes

Abstract

New smooth-texture mortars with hydrophobic and self-cleaning properties have been developed using titanium dioxide nanoparticles and polysiloxane (TiO₂ /Si). Heterogeneous photocatalysis of TiO₂ is an efficient strategy to obtain self-cleaning surfaces in coating mortars and Si provides hydrophobic properties. The TiO₂ nanoparticles were characterized by X-ray diffraction and the mortar was analyzed using different TiO₂ ratios 0.5%, 1%, 3% and 0.5% of Si. The mechanical mixing phase was performed according to ASTM C 305- 12. The thermogravimetry study identified the hydrates found in the matrix and the decomposition temperature, which is higher than 600°C for all samples. Heterogeneous photocatalytic activity was evaluated through a colorimetric analysis and exposure to ultraviolet radiation for the degradation of the organic dye Rhodamine B. At early ages of curing of specimens 1%TiO₂-0.5% Si better results of color degradation were obtained . At late ages of curing of specimens (28 days) a decrease in the photocatalytic activity of the samples was observed. The hydrophobic properties of the mortar were determined by a contact angle and permeability analysis by using the Karsten tube. This study demonstrates that mortars containing TiO₂-Si exhibit self-cleaning properties and wetting properties that benefit the cleaning of loose particles with rainwater.

Keywords: Polysiloxane silicone, X ray diffraction, humectant properties



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-11 **Ventajas de los jardines verticales sobre edificios de concreto en clima cálido-seco de Guatemala**

Advantages of vertical gardens over concrete buildings in warm-dry climate of Guatemala

Claudia Taracena*

Escuelas de Estudio de Postgrado, Facultad de Ingeniería y Centro Universitario de El Progreso
Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: claudia.taracena@cunprogreso.edu.gt

Resumen

El Centro Universitario de El Progreso de la Usac se encuentra en Guastatoya en el denominado corredor seco de Guatemala, ya que posee una temperatura anual de 27-34°C, en un clima cálido-seco. Por la incidencia solar que reciben las aulas durante todo el año, se decidió utilizar un jardín vertical como sistema de enfriamiento pasivo, que se hizo con estructura de pino tratado, neumáticos de caucho reutilizados como macetas y vegetación local. Se tomaron datos de temperatura y humedad relativa ambiente, la temperatura y humedad relativa del salón cubierto por el jardín vertical y un salón sin cubierta adicional al muro de concreto, durante 30 días dispersos de enero a abril, para cubrir la época más fría y más caliente del año. La máxima disminución de temperatura fue 2.3°C y un incremento de humedad relativa de 4.4%. El confort higrotérmico se midió por una encuesta entre estudiantes de agronomía con jornada de 7:00 a 16:00 h, dando como resultado que solamente el 8.4% de los estudiantes encuestados percibieron mayor confort higrotérmico, esto se cree que fue porque el jardín vertical se encontraba en su etapa inicial y con poca proliferación vegetal para producir el efecto deseado. Se recomienda repetir el estudio durante el 2018, cuando el jardín vertical esté más maduro.

Palabras claves: Enfriamiento pasivo, humedad relativa, confort higrotérmico

Abstract

The University center of El Progreso, is located in Guastatoya in the dry corridor area of Guatemala; since it has an annual temperature of 27-34°C, in a warm-dry climate. Due to the solar effects received throughout the year by the classrooms, it was decided to use a vertical garden as a passive cooling system, which was made with treated pine structure, reused rubber tires as pots and local vegetation. Environmental temperature and relative humidity data were taken, as well as the temperature and relative humidity of the classroom covered by the vertical garden and a classroom without additional covering, during 30 dispersed days from January to April, to cover the coldest and hottest time of the year. Maximum temperature decrease 2.3°C and relative humidity increase 4.4%. Hygrothermic comfort was measured by surveys among agronomy students from 7:00 to 16:00 h, showing that only 8.4% of the students surveyed perceived greater hygrometric comfort; it is believed that was because the vertical garden was in its initial stage and with little plant proliferation to produce the desired effect. It is recommended to repeat the study during 2018, when the vertical garden is more mature.

Keywords: Passive cooling, relative humidity, hygrothermic comfort



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-12 Aplicación de rutinas en lenguaje R para análisis de componentes principales

Application of R-language routines for principal components analysis

Ezequiel A. López-Bautista^{1*}, Byron H. González-Ramírez²

¹Sub-área de Métodos de Cuantificación e Investigación y ²Centro de Telemática, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala,

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

Resumen

Cuando se dispone de gran cantidad de observaciones para cada individuo, los análisis univariados tienen la limitación de no contemplar las interrelaciones entre todas las variables, ni cómo esas interrelaciones afectan al conjunto de individuos. Como alternativa fueron desarrolladas las técnicas multivariadas, que brindan descripciones de estas interrelaciones, tomando las variables en su conjunto. El análisis de componentes principales (ACP) es la esencia del análisis estadístico multivariado y tiene como objetivo reducir el número de variables, a través de la generación de nuevas variables, que son combinaciones lineales de las variables originales. El objetivo de este trabajo es presentar una serie de rutinas computacionales en el lenguaje R v. 3.10 para el ACP. Este lenguaje es de uso mundial, por ser libre, flexible y con soporte de estadísticos de reconocido prestigio. Para ilustrar su aplicación, se tomó una base de datos referente a los precios de cinco tipos de alimentos (en centavos de dólar): pan, hamburguesa, leche, naranjas y tomates en 23 ciudades de los Estados Unidos. Los datos fueron analizados exploratoriamente seguido del análisis de correlación entre pares de variables. Utilizando la función PRINCOMP y el paquete RCOMMANDER se realizó el ACP y la construcción del biplot. Además fueron utilizadas las bibliotecas: Hmisc, Plotrix, Ellipse, Corrplot, Ggplot2, Devtools y Vqv/ggbiplot. Los resultados fueron comparados con los obtenidos en otros programas, no encontrando diferencias. Se concluye que el lenguaje R es una herramienta poderosa, debiendo divulgar su uso en la docencia de la estadística a nivel universitario.

Palabras claves: Análisis de componentes principales, estadística universitaria, análisis multivariado

Abstract

When a great deal of observations are available for each individual, univariate analyses have limitation to consider the interactions between all variables, and how these interrelations affect the group of individuals. As an alternative, multivariate techniques were developed, which provide descriptions of these interactions, taking the variables as a whole. Principal component analysis (PCA) is considered the essence of multivariate statistical analysis, and its objective is to reduce the number of variables, through the generation of new variables, which are linear combinations of the original variables. The purpose of this research is to present a series of computational routines in the R language v. 3.10 for the PCA. This language used worldwide, because it is free, flexible and supported by statisticians of recognized prestige. To illustrate its application, a database was taken from the prices of five types of food (in dollar cents): bread, hamburger, milk, oranges and tomatoes in 23 cities in the United States. The data were analyzed by exploratory analysis and then by correlation analysis between pairs of variables. The PCA and the biplot construction were performed by using the PRINCOMP function and the RCOMMANDER package. In addition the libraries: Hmisc, Plotrix, Ellipse, Corrplot, Ggplot2, Devtools and Vqv / ggbiplot were consulted. The results were compared with those obtained in other softwares finding no differences. Concluding that the R language is a powerful tool, and its use should be disseminated in the teaching of statistics at university education.

Keywords: Principal component analysis, university statistics, multivariate analysis



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-13 Variación espacial y temporal de material particulado
PM₁₀ en la atmósfera de la zona poniente de
Villahermosa, Tabasco

Spatial and temporal variation of particles PM₁₀ in the western atmosphere of the city of Villahermosa, Tabasco

Ma. Teresa Gamboa-Rodríguez, Jesús R. Gamboa-Aldeco*, Gonzalo Espinosa-Romero,
Santiago Sastré-Castellanos, Rodolfo Gómez-Cruz¹

¹Div. Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México.

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

Resumen

Este estudio tiene como objetivo la caracterización gravimétrica del material particulado fracción respirable (PM₁₀) colectado en la estación de Monitoreo Atmosférico de la División Académica de Ciencias Biológicas de la UJAT. Para lograr la generación continua de datos atmosféricos confiables, se utilizaron metodologías y procedimientos estandarizados por normas nacionales (NOM-035-ECOL-1993) e internacionales (US-EPA-IO 2.1). Las PM₁₀ fueron muestreadas de agosto 2015 a julio 2017 (n = 90), durante 24 h cada una. La máxima concentración fue de 80.59 µg/m³ en febrero del 2017. La norma superó los límites máximos permisibles dos días durante el periodo 2016-2017. En las estaciones de primavera y principios de verano del 2016 se observaron las tendencias de concentración más alta de todo el periodo de muestreo (arriba de 50 µg/m³). La concentración total de partículas suspendidas PM₁₀ durante 24 h varía en un rango de 2.45 a 80.59 µg/m³. La concentración PM₁₀ se incrementa de dos a cuatro veces en la época de estiaje. La información generada por ésta estación permite a las autoridades estatales y municipales, conocer y evaluar la calidad del aire de una región de la ciudad de Villahermosa y vigilar el cumplimiento de la normatividad correspondiente, para de esta manera, asegurar el derecho a la salud de la población tabasqueña.

Palabras claves: PM₁₀, partículas, atmósfera, contaminación, aire

Abstract

The aim of this study was to measure the airborne concentrations of PM₁₀ in the west of Villahermosa, Tabasco area, and to evaluate possible fix and mobile sources in the Academic Division of Biological Sciences of UJAT were analyzed. The network was established primarily to detect any airborne particle. The results show that the study area has good air quality with respect to PM₁₀, with environmental concentrations meeting US Environmental Protection Agency and World Health Organization standards. Total suspended particle matter PM₁₀ 24 h concentration varies in a range from 2.45 to 80.59 µg/m³. The concentration of PM₁₀ particles is increased by two to four fold in dry season. The information generated by this station, allows authorities state and municipal, to learn about and assess the air quality in a region of Villahermosa City. Monitoring compliance with the relevant regulations, for in this way, ensure the right to health of the population of Tabasco.

Keywords: Particle Matter (PM₁₀), atmosphere, air pollution



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-14 **Parámetros fisicoquímicos para determinar la calidad del agua de la Laguna de Mecoacán, Paraíso, Tabasco**

Physicochemical parameters to determine the water quality of Mecoacan Lagoon, Paraíso, Tabasco

Ana L. Gómez-Calzada*, Carmen M. Flores-Guzmán, Ebelia A. Meraz, Cristina Ponce-Parra, Jose L. Zapata-Haas

División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: analuisa682016@hotmail.com

Resumen

En esta investigación se estudiaron los parámetros fisicoquímicos del agua de la laguna Mecoacán de Paraíso Tabasco, tomando en cuenta cinco zonas de muestreos con repetición de tres muestras por zona en toda la Laguna, teniendo un total de 30 muestras, con el fin de conocer el estado actual de la calidad del agua y tomar medidas correctivas, en caso de ser necesario su tratamiento. Los análisis que se realizaron de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son: Sólidos totales (ST) ppm, Grasas y aceites (ppm), Dureza total (ppm), pH, Sólidos sedimentables (SS) (ppm), Sólidos suspendidos totales (SST) ppm, Sustancias activas al azul de metileno (SAAM) ppm y Determinación química de oxígeno (DQO) ppm O₂. Algunos parámetros están fuera de los estándares provocando daño a la flora, fauna y habitantes que viven dentro y cerca de la laguna.

Palabras claves: Contaminación, calidad, lagunas, parámetros

Abstract

In this research we studied the physicochemical parameters of the water of the Mecoacan lagoon from Paraíso Tabasco, taking into account five areas of sampling with three repetitions per area in the lagoon, with a total of 30 samples, in order to know the current state of the quality of the water and take corrective action, if necessary for any treatment. Analysis carried out according to the official Mexican standards (NOM) are: Total solids (TS) ppm, fats and oils (ppm), total hardness (ppm), pH, sedimentable solids (SS) (ppm), total suspended solids (TSS) ppm, active substances (SAAM) ppm and methylene blue chemical determination of oxygen (COD) ppm O₂. Some parameters were out of standards, causing damage to flora, fauna and inhabitants living in and around the lagoon.

Keywords: Pollution, quality, lagoons, parameter



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-15 Arquitectura Tecnológica de un Sistema Inteligente de Tutorías

Technological Architecture of an Intelligent Tutoring System

Selene García*, José A. Gómez, María L. Sánchez

Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas (ITSCH), Las Choapas México.

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

Resumen

El objetivo de esta investigación es desarrollar una arquitectura tecnológica de un sistema inteligente de tutorías para el mejoramiento del programa de tutorías del ITSCH mediante técnicas de Inteligencia Artificial. Para cumplir con el objetivo planteado se realizó un estudio de caso en donde se analizaron los indicadores de deserción, reprobación, baja temporal y eficiencia terminal en el ITSCH, en el caso de estudio también se evaluaron las percepciones actuales tanto en los tutores como en los alumnos tutorados respecto al estado actual del Programa Nacional de Tutorías, así como diversas percepciones futuras. Se identificaron diversos desafíos y se propone la arquitectura de un sistema inteligente de tutorías para determinar los perfiles de los alumnos a través de redes neuronales. Se realizó una simulación de una red neuronal multicapa en el software Matlab basándose en la Prueba 16 PF. En los resultados preliminares se determina que es factible asignar actividades a los alumnos tutorados utilizando esta técnica de inteligencia artificial.

Palabras claves: Sistema Inteligente, tutoría inteligente, tutoría, arquitectura tecnológica, inteligencia artificial

Abstract

The objective of this research is to develop a technological architecture of an intelligent system of tutorials for the improvement of the tutorial program of the ITSCH through techniques of Artificial Intelligence. In order to comply with the stated objective, a case study was carried out in which the indicators of desertion, disapproval, temporary leave and terminal efficiency in the ITSCH were analyzed, in the case study the current perceptions were evaluated in both the tutors and the tutored students regarding the current state of the National Tutoring Program, as well as various future perceptions. Several challenges were identified and an architecture of an intelligent tutoring system is proposed to determine student profiles through neural networks. We performed a simulation of a multilayer neural network in the Matlab Software based on Test 16 PF, in the preliminary results it is determined that it is feasible to assign activities to the students tutored using this technique of artificial intelligence.

Keywords: Intelligent System, intelligent tutoring, tutoring, technological architecture, artificial intelligence

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-16 **Uso de las redes sociales por los alumnos de la Universidad Tecnológica del Usumacinta**

Use of social networks by students of the Universidad Tecnológica del Usumacinta

Ana L. Gómez-Calzada*, Carmen M. Flores-Guzmán, Ebelia A. Meraz,
Cristina Ponce-Parra, Jose L. Zapata-Haas

División Académica de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: salustino.abreu@hotmail.com

Resumen

Considerando que en la actualidad las redes sociales representan un mecanismo en el cual las personas pueden potenciar su comunicación, se realizó la presente investigación para conocer, mediante un estudio descriptivo, cuál es el uso que le dan los estudiantes, actualmente inscritos a un programa educativo de la Universidad Tecnológica del Usumacinta, a las redes sociales y cómo influyen éstas en su actividad como estudiante. Se desarrolló un estudio con 82 alumnos, 59 mujeres y 23 hombres, que representan el 16% de los actualmente inscritos. Los resultados muestran que las redes sociales son de uso común entre los estudiantes, aprovechando de ellas su fácil acceso y la rapidez de comunicación, sin embargo es preocupante el tiempo que utilizan conectados a una red, ya que manifiestan que si les afecta en el tiempo que le dedican al estudio. Los resultados hacen pensar que el uso de las redes sociales son convenientes en entornos educativos con el fin de potenciar los diversos aspectos en el proceso enseñanza-aprendizaje, por lo que se considera conveniente seguir otras líneas de investigación debido a la importancia que reviste el uso de las redes sociales en el ámbito académico, en el que se plantean diversas cuestiones tales como: ¿Influyen las redes sociales en el rendimiento académico de los estudiantes?, ¿Favorece el uso de las redes sociales el trabajo colaborativo?, ¿La interacción entre los estudiantes mejora el aprendizaje?, ¿Está preparado el profesor para asumir nuevos roles?

Palabras claves: Redes sociales, rendimiento escolar, tutoría a estudiantes

Abstract

Considering that the social networks represent a mechanism in which people can enhance their communication, the present research was carried out to know, through a descriptive study, what is the use of the students currently enrolled in an educational program of the Usumacinta Technological University, to social networks and how they influence their student activity. A study was developed with 82 students, 59 women and 23 men, representing 16% of those currently enrolled. The results show that social networks are in common use among students, taking advantage of the easy access and speed of communication, however it is worrisome the time they are connected to a network, as they state that it affects the time they devote to the study. The results suggest that the use of social networks are convenient in educational environments in order to enhance the various aspects in the teaching-learning process, so it is considered appropriate to follow other lines of research due to the importance of social networks use in the academic field, in which they raise several questions such as: Do social networks influence the academic performance of students? Does the use of social networks favor collaborative work? Do students improve learning? Is the teacher prepared to take on new roles?

Keywords: Social networks, student performance, education



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-17 Algoritmos estratégicos para analizar código WSDL de diversas plataformas

Strategic algorithms for analyzing WSDL Code for various platform

Eliás Rivera-Custodio^{1}, René Santaolaya-Salgado², Olivia G. Fragoso-Díaz²

¹Universidad Tecnológica del Usumacinta, Emiliano Zapata Tabasco, México,

²Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: eliasrivera08c@cenidet.edu.mx

Resumen

El lenguaje de descripción de servicios web por sus siglas en inglés WSDL, es un estándar en el que se especifica entre otras cosas los tipos de datos aceptados y retornados por cada método del servicio. El problema radica en que cada plataforma de desarrollo, genera un WSDL con características muy particulares, lo que impide la comunicación entre servicios creados en plataformas diferentes. En este trabajo se desarrolló una herramienta basada en el patrón de diseño Strategy mediante el cual se analiza el código WSDL de diversas plataformas. El presente artículo corresponde a la primera etapa donde se implementaron algoritmos analizadores para documentos WSDL creados con el IDE de desarrollo NetBeans y con utilerías Axis.

Palabras claves: Servicio web, patrón de diseño Estrategy, WSDL

Abstract

The Web Services Description Language (WSDL) is a standard which is used to specify the different types of data that are accepted and returned for each method of the service. The problem lies in that each platform of development generates a WSDL with particular characteristics which prevent the communication among services that were created in different platforms. This work is about the development of a tool based on the Strategy design pattern by means of which the WSDL code of different platforms is analyzed. The current article belongs to the first stage in which algorithms for analyzing WSDL documents were implemented and created with the NetBeans IDE (Integrated Development Environment) and the AXIS design tools.

Keywords: Web Services, Strategy design pattern, WSDL



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-18 Sitio Web con nivel de accesibilidad A para las Unidades Educativas y Colegios de la ciudad de Cuenca, Ecuador

Web site with level A accessibility for the Educational Units and Colleges of the city of Cuenca, Ecuador

Diego A. Espinosa¹, José A. Gómez^{1*}, Milton A. Campoverde², Selene García¹, Marco A. Nava¹

¹Instituto Tecnológico Superior de Las Choapas, México, ²Universidad Católica de Cuenca, Ecuador .

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

Resumen

La accesibilidad Web hace referencia a un diseño Web que va a permitir que diversas personas puedan percibir, entender, navegar e interactuar con la Web, aportando a su vez contenidos. El objetivo de este artículo es desarrollar un prototipo de un sitio Web con nivel de accesibilidad A, basándose en un análisis preliminar del estándar ISO/IEC 40500:2012 para las unidades educativas y Colegios de la ciudad de Cuenca, Ecuador. Para lograr el objetivo, primero se realizó un análisis preliminar del estándar ISO/IEC 40500:2012 en las 24 instituciones educativas de la ciudad de Cuenca que cuentan con un sitio Web, posteriormente se diseñó la arquitectura de un sitio Web accesible para personas con discapacidad visual y se desarrolló el prototipo de un sitio Web accesible. Se evaluó el prototipo del sitio Web mediante la herramienta Examiner. En los resultados obtenidos se identificaron diversos fallos en los criterios de conformidad, los cuales fueron corregidos y en la cuarta evaluación se logró obtener el resultado esperado de 10.

Palabras claves: Accesibilidad web, estándar ISO/IEC 40500:2012, discapacidad visual, Examiner

Abstract

Web accessibility refers to a Web design that will allow different people to perceive, understand, navigate and interact with the Web, while providing content. The objective of this article is to develop a prototype of a Web site with A level accessibility based on a preliminary analysis of the ISO/IEC 40500:2012 standard for the Educational Units and Colleges of the city of Cuenca-Ecuador. In order to achieve the objective, a preliminary analysis of the ISO/IEC 40500:2012 standard was carried out at the 24 Educational Institutions of the city of Cuenca, which have a Website, and subsequently the architecture of a Web site accessible to people with disabilities Visual and developed the prototype of an accessible Web Site. The prototype of the Website was evaluated using the Examiner tool, in the obtained results were identified several failures in the conformity criteria, which were corrected and in the fourth evaluation was obtained the expected result of 10.

Keywords: Web accessibility, ISO/IEC 40500:2012 standard, visual disability, Examiner



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-19 Determinación de zonas Fresnel para la comunicación ad hoc en el puerto de Frontera

Determination of Fresnel zone for the communication ad hoc in the port of Frontera

Manuel Torres-Vásquez*, Daniel A. Pérez-Uc

Instituto Tecnológico Superior de Centla, Frontera, Centla, Tabasco, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: mtorresv@itscentla.edu.mx

Resumen

Se llama zona de Fresnel al volumen de espacio entre el emisor de una onda electromagnética y un receptor, de modo que el desfase de las ondas en dicho volumen no supere los 180° . Para establecer las zonas Fresnel, primero se debe determinar la línea de vista de radio frecuencia, la cual es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora. Actualmente en el municipio de Frontera hay zonas marginadas las cuales no cuentan con infraestructura para conexiones inalámbricas, estas comunidades sufren las consecuencias al no contar con medios para poder comunicarse y poder así tener servicios como es el internet el cual es una herramienta necesaria para la educación. Este artículo muestra los resultados de los cálculos realizados en las zonas vulnerables las cuales necesitan internet, esto con el apoyo del software Radio Mobile. También describe las recomendaciones necesarias para implementar torres y antenas para lograr dicha comunicación.

Palabras claves: Zona Fresnel, Comunicación inalámbrica, radiofrecuencia, antenas, infraestructura

Abstract

Its name is Fresnel zone to the volume of a space between an emitter of an electromagnetic wave and a receiver in a way which that wave gap in that volume doesn't exceed 180° . To establish the Fresnel zones first of all we have to determine the straight line that connect the foci of the transmitting and receiving antennas. Actually, in Frontera's municipality are marginal areas which doesn't have enough infrastructure for wireless connections, these communities suffer the consequences of not having the means to communicate and are able to have services like internet, which is a necessary tool to education. This article shows the results of calculations made it in vulnerable areas, which need internet, this with the support of the radio mobile software. Also describe the necessary recommendations to implement antennas to achieve this communication.

Keywords: Fresnel zone, wireless communication, radio frequency, antennas, infrastructure



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-20 SOA Software interactivo del aprendizaje de aritméticas básicas dirigido a estudiantes del quinto grado de primaria

SOA interactive software of basic arithmetic learning directed to elementary fifth grade students

Wendi M. Santiago-León*, Freddy Solís-Montejo, Oscar Ovando-Bautista, Eloisa Mendoza-Vázquez

División Académica de Informática y Sistemas, Jalpa, Cunduacán, Tabasco, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: wendi.santiago@dais.ujat.mx

Resumen

Los software educativos constituyen una evidencia del impacto de la tecnología en la educación pues es la más reciente herramienta didáctica útil para el estudiante y profesor convirtiéndose en una alternativa válida que ofrece al usuario un ambiente propicio para la construcción del conocimiento. Se han implementado software educativos como apoyo al proceso de enseñanza-aprendizaje en nuestro país teniendo en cuenta los avances tecnológicos. Las escuelas de nuestro estado tienen la tecnología adecuada para la educación, pero no cuentan con las herramientas de software lo suficientemente atractivos para los alumnos. Por lo cual este documento presenta el desarrollo de un Software interactivo de enseñanza-aprendizaje de operaciones aritméticas para los niños de 5° grado de primaria. El motivo principal por el cual se realizó este software, es para ayudar a los alumnos de este nivel a comprender y aprender dichas operaciones mencionadas en las clases por medio de los recursos informáticos. El desarrollo del software interactivo se plantea como una herramienta que proporciona un estilo de aprendizaje acorde a la realidad actual, motivando al alumno a comprender por sí mismo el tema de las operaciones aritméticas creativamente transformando el aprendizaje en un juego de exploración y aventura.

Palabras claves: software interactivo, primaria, operaciones aritméticas básicas

Abstract

Educational software shows the impact of the new technologies applied to education, it represents the new educational tool for students and teachers, it gives a new alternative option to the user to build the construction of knowledge. In Mexico, several educational software have been applied in the school in order to help the learning teaching process. The elementary school in our state have the technology to teach the students but they do not have attractive software tools for students according to their needs. For this reason, this documents talks about the creation of an interactive software made specifically for learning the basic arithmetic operations for the 5th grade of elementary school. It is a friendly and attractive tool for students.

Keywords: Educational software, elementary school, basic arithmetic operations



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-21 Redes complejas de interacción con Tic y personal entre
alumnos de la escuela secundaria José María Morelos y
Pavón de Tenosique, Tabasco

*Complex networks of interaction with Tic and personnel between students of the secondary
school Jose Maria Morelos and Pavon of Tenosique, Tabasco*

Irlanda Y. Ordoñez-Sánchez^{1*}, Efraín Canto-Lugo², Gabriela Isidro-Real¹,
Fausto I. Flores Córdova¹, Víctor M. Barceló Gutiérrez¹.

¹División Académica Multidisciplinaria de los Ríos, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Tenosique, Tabasco;

²Unidad Mérida, Centro de Investigación de Estudios Avanzados, México

*Autor al que se dirige la correspondencia: irly_6@hotmail.com

Resumen

En este estudio se analizan las redes de interacción por medio de siete Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) e interacción personal entre los alumnos de la escuela secundaria Federal José María Morelos y Pavón, localizada en el municipio de Tenosique, Tabasco, México. El objetivo fue analizar las propiedades topológicas de las redes, estudiar las similitudes y diferencias entre estas, dar una explicación del por qué se manifiestan en el sistema estudiado. Se diseñó una encuesta donde los alumnos señalaron las relaciones de amistad que mantienen unos con otros y los medios por los que se relacionan. Se aplicaron métodos algorítmicos para transformar los datos de las encuestas en redes complejas. Al finalizar el estudio se observó que los alumnos tienen bien definidas las preferencias de comunicación electrónica, siendo Facebook y WhatsApp las TIC más utilizadas. Igual se concluyó que la comunicación personal aún prevalece sobre la electrónica, pero la diferencia entre éstas no es significativa.

Palabras claves: Redes, interacción, TIC, alumnos, relaciones

Abstract

This study analyzes the networks of interaction through seven Information and Communication Technologies (ICT) and personal interaction between the students of the José María Morelos and Pavón Federal secondary school, located in the municipality of Tenosique, Tabasco, Mexico. The objective was to analyze the topological properties of the networks, to study the similarities and differences between them, to give an explanation of why they are manifested in the studied system. A survey was designed where the students pointed out the friendly relations they maintain with each other and the means by which they relate. Algorithmic methods were applied to transform survey data into complex networks. At the end of the study it was observed that students have well-defined electronic communication preferences, with Facebook and WhatsApp being the most used ICTs. It was also concluded that personal communication still prevails over electronics, but the difference between them is not significant.

Keywords: Networks, interaction, ICT, students, relationships

7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Sciences and Technology

CT-22 Emergencia y crecimiento de *Platymiscium dimorphandrum*
(J. D. Smith) Donn. Sm. en Tapachula, México

*Emergency and growth of Platymiscium dimorphandrum (J. D. Smith)
Donn Sm in Tapachula, Mexico*

Raúl Cuevas-González¹, Liliana Y. Gabriel-Ventura², María R. Escobar-Cruz²

¹El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Unidad Tapachula; y ²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas, Campus IV, Huehueten, Chiapas, México.

*Autor al que se dirige la correspondencia: rcuevas@ecosur.mx

Resumen

Platymiscium dimorphandrum (J. D. Smith) Donn Sm., especie forestal maderable con problemática de semillas, poseen viabilidad de 87% y al corte llega a disminuir, por ello, se realizó el presente trabajo de investigación. Se evaluaron 14 tratamientos con 10 repeticiones en un diseño completamente al azar, con el objetivo de determinar la emergencia y crecimiento de *P. dimorphandrum*, con los abonos orgánicos y sus extractos en Tapachula, Chiapas. Se utilizó composta, lombricomposta y bocashi con proporciones de 75 y 50%, y suelo al 100% (testigo), se realizó una rigurosa selección de semillas, posteriormente los embriones se embebieron por 12 h con los extractos de los abonos y suelo, se sembraron en bolsas de polietileno de 10 x 15 cm. Las variables evaluadas fueron: días a emergencia, altura apical y total, diámetro del tallo, área foliar, longitud de la raíz, relación biomasa seca aérea/biomasa seca raíz, índice de lignificación (IL) e índice de calidad de Dickson (ICD). Como resultados se obtuvo que todos los tratamientos aceleraron la emergencia y crecimiento de *P. dimorphandrum*. Los mejores tratamientos tanto en altura apical, altura total y diámetro fueron constituidos por los tratamientos de 50, 75 y 100%. Se concluye que bajo la metodología de siembra utilizada y con los abonos utilizados la emergencia de las plantas de esta especie es de 100%.

Palabras claves: viabilidad, sustratos, extractos, vivero, emergencia

Abstract

Platymiscium dimorphandrum (JD Smith) Donn Sm. is a timber forest species that has a problem because its seed viability is about 87% and at the moment of cut this viability decreases even more. In this study, we evaluated the emergence and growth of *P. dimorphandrum* using organic composts and their extracts in Tapachula, Chiapas. A total of 14 treatments with 10 replicates were evaluated in a completely randomized design. Compost, vermicompost and bocashi were used in proportions of 75 and 50% and soil at 100% (control). First, a rigorous selection of seeds was performed, then the embryos of the selected seeds were soaked for 12 h with compost and soil extracts, and finally embryos were sown in polyethylene bags (10 x 15 cm). The variables evaluated were: days at emergence, apical and total height, stem diameter, leaf area, root length, dry air biomass ratio/dry root biomass, and Dickson quality lignification index. Results showed that all treatments accelerated the emergence and growth of *P. dimorphandrum*. The best treatments in both apical, total and diameter height were constituted by treatments of 50, 75 and 100%. We concluded that under the planting methodology and the organic composts used, the emergence of plants of this species is 100%.

Keywords: viability, substrates, extracts, nursery, emergency



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-01 Prevalencia de dolor crónico en una población rural de Guatemala

Prevalence of chronic pain in a rural population of Guatemala

César O. García-García, Elba M. Arana-Dávila, Estela M. Herrera-Medina, Hugo R. Puaque-Muñoz, Kenia O. Santos-Gutiérrez.....268

CS-02 Coexistencia de desnutrición crónica con sobrepeso u obesidad en niños menores de cinco años en Guatemala

Concurrent chronic malnutrition and overweight or obesity in children under age five in Guatemala

Erwin H. Calgua-Guerra, Cinthya C. Pinetta.....269

CS-03 Conocimientos del tamizaje para cáncer en médicos de atención primaria

Knowledge of cancer screening in Medical Doctors of primary care

Karla P. Cruz, Mauricio G. Castro, Gonzalo Díaz.....270

CS-04 Conocimiento acerca del proceso de consentimiento informado en investigación en salud en estudiantes de medicina

Knowledge regarding the process of informed consent in health research in medical students

Rebeca Mancilla, Jenny G. López-Godínez, Carmen I. Villagrán, Brooke Ramay, Renata Mendizabal, Aida G. Barrera.....271

CS-05 Relación entre estrategias de afrontamiento y el trastorno de estrés posttraumático en personas del sector justicia de Guatemala

Relationship between coping strategies and posttraumatic stress disorder in people of the Guatemalan Justice Sector

Daniel E. Sojuel, Walter O. Paniagua.....272

CS-06 Depresión y ansiedad en adolescentes de Santa Rosa, Guatemala

Depression and anxiety in teenagers from Santa Rosa, Guatemala

Isabel A. Arreaga, Pablo E. Galindo, Alma R. Alfaro, Marlon H. Martínez, Mario G. Pivaral, Pablo B. Cho.....273

CS-07 Conducta suicida y factores asociados en la ciudad de Jutiapa, Guatemala

Suicidal behavior and related factors in the City of Jutiapa, Guatemala

Marta T. Ramos, Juan L. Acabajón, Clarisa Chipín.....274

CS-08 Factores de vulnerabilidad en adolescentes y su relación con el consumo de alcohol

Vulnerability factors in adolescents and its relationship with alcohol consumption

Estuardo J. Monjes-Ávila.....275

CS-09 Caso probable de Zika. Reacción cruzada con infección previa por dengue

Probable Zika case. Cross-reaction with previous dengue infection

Fabio A. Recinos-López, Sonia M. Pérez-Barrientos.....276

CS-10 Uso del índice de Garcés en quemaduras pediátricas versus clasificación de Benaim en pacientes pediátricos como predictor de morbilidad

Garcés' index versus Benaim's classification in pediatric burns as a morbidity predictor

Julio R. Samayoa-Cuc.....277

CS-11 Sistema de puntuación HOSPITAL como predictor del reingreso en pacientes con insuficiencia cardiaca

HOSPITAL score as predictor of readmission in patients with heart failure

Diego F. Salazar.....278

CS-12 Investigación multidisciplinaria e intersectorial en salud: Desarrollo de una nueva forma de control de los vectores de la enfermedad de Chagas

Multidisciplinary and inter-sectorial research in health: The case of developing a new approach of Chagas vectors control

Antonieta Rodas, Carlota Monroy, Xochitl Castro, Virgilio Ayala, Javier Quiñónez, Berlter Alcántara.....279

CS-13 Síndrome de Alagille. Experiencia clínica y sobrevida de un caso

Alagille's syndrome. Clinical experience and survival of a case

Sonia M. Pérez-Barrientos, Fabio A. Recinos-López.....280

CS-14 Prevalencia de vaginosis bacteriana y factores asociados en mujeres de edad reproductiva

Prevalence of bacterial vaginosis and associated factors in reproductive age women

Debby D. Ramírez-González, Diego del Valle-Urrutia.....281

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-15 Impacto en la sobrevivencia del inicio programado de diálisis peritoneal (DP) en pacientes con enfermedad renal crónica (ERC)

Impact on patient survival of on scheduled initiation of peritoneal dialysis (PD) program in chronic kidney disease patients (CKD)

Erick F. Herrera, Alejandro Lucas, Vicente Sánchez-Polo282

CS-16 Prevalencia de enfermedad renal crónica de causa no tradicional (ERCNT) en pacientes en hemodiálisis de la costa sur de Guatemala

Trace element content in edible leaves natives in Mesoamerica

Timothy S. Laux, Joaquín Barnoya, Ever Cipriano, Erick Herrera, Noemí López, Marcos Rothstein, Vicente Sánchez-Polo283

CS-17 Composición de oligoelementos de hojas comestibles nativas de Mesoamérica

Trace element content in edible leaves natives in Mesoamerica

Armando Cáceres, Vicente Martínez, Max Mérida, Anibal Sacbajá, Alejandra Morales, Sully M. Cruz 284

CS-18 Diseño de una formulación a partir de extractos de kalahuala (*Phlebodium pseudoaureum*) para un posible uso como agente antisolar

Design of a formulation from extracts of kalahuala (Phlebodium pseudoaureum) for a possible use as a solar control agent

Sully M. Cruz, María C. Menéndez, Ana C. Valdez, Aylin Santizo, Armando Cáceres285

CS-19 Bioactividad de extractos de especies vegetales nodrizas de bosques de pinabetes (*Abies guatemalensis*) de Ixchiguán, San Marcos, Guatemala

Bioactivity of extracts from nurse plants species from fir (Abies guatemalensis) forests from Ixchiguan, San Marcos, Guatemala

Stella Cruz-Bolaños, Deyling Maldonado-de León, José V. Martínez-Arévalo, Armando Cáceres286

7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-01 Prevalencia de dolor crónico en una población rural de Guatemala

Prevalence of chronic pain in a rural population of Guatemala

César O. García-García, Elba M. Arana-Dávila, Estela M. Herrera-Medina,
Hugo R. Puaque-Muñoz, Kenia O. Santos-Gutiérrez

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac), Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: cesarg11monsi@gmail.com

Resumen

El objetivo fue determinar la prevalencia de dolor crónico en una población adulta del área norte micro-región III, Salamá, Baja Verapaz, Guatemala, durante abril-mayo de 2017. El estudio fue descriptivo, transversal por muestreo bietápico, estudiando 243 viviendas y 367 personas de la etnia achí, que se encuestaron según la escala de gradación del dolor modificada, avalada por la Sociedad Española de Reumatología. Ésta evaluó la prevalencia del dolor, características sociodemográficas, promedio de días con dolor, intensidad y discapacidad, localización y comorbilidades asociadas. Se obtuvo un consentimiento informado y aval del Comité de Bioética en Investigación de Salud de la Facultad de Ciencias Médicas, Usac. Se usó estadística descriptiva, frecuencias y porcentajes para variables categóricas y medidas de tendencia central y dispersión para variables numéricas. La prevalencia de dolor crónico fue 9.12% (211), edad media 41 ± 16 años y 82.9% (175) de sexo femenino. El promedio de días de dolor fue de 74 días en los últimos tres meses. En el 54.03% (114) el dolor fue de intensidad severa, con discapacidad leve en 67.78% (97). La cabeza, rodillas y columna lumbar fueron las localizaciones más frecuentes. Las comorbilidades predominantes fueron hipertensión arterial, gastritis y cefalea. Se determinó que la prevalencia del dolor crónico en una población rural del municipio de Salamá es de 9.12%, con intensidad severa en la mitad y discapacidad leve en 7 de cada 10 habitantes.

Palabras claves: Dolor crónico, etnia achí, prevalencia, rural.

Abstract

The aim of this report is to determine the prevalence of chronic pain in an adult population in the northern area of micro region III, Salama, Baja Verapaz, Guatemala, in April-May 2017. The study was descriptive, cross-sectional two-stage sampling, including 243 homes and 367 achí people, surveyed by a modified pain gradation scale, endorsed by the Spanish Society of Rheumatology; which evaluated the prevalence of pain, sociodemographic characteristics, average days with pain, intensity and disability, location and associated comorbidities. Informed consent was obtained, endorsed by the Committee on Bioethics in Health Research, Faculty of Medical Sciences, Usac. Descriptive statistics, frequencies and percentages were used for categorical variables and measures of central tendency and dispersion for numerical variables. The prevalence of chronic pain was 9.12% (211), average age 41 ± 16 years, 82.9% (175) female. Average number of days with pain in the last three months was 74. In 54.03% (114) the pain was of severe intensity, with mild disability in 67.78% (97). The head, knees and lumbar spine were the most frequent locations. Predominant comorbidities were hypertension, gastritis and headache. It was determined that the prevalence of chronic pain in a rural population of Salama is 9.12%, with severe intensity in half and mild disability in 7 out of 10 inhabitants.

Keywords: Chronic pain, Achi ethnicity, prevalence, rural



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-02 Coexistencia de desnutrición crónica con sobrepeso u
obesidad en niños menores de cinco años en Guatemala

*Concurrent chronic malnutrition and overweight or obesity in children under age five in
Guatemala*

Erwin H. Calgua-Guerra¹, Cinthya C. Pinetta²

¹Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, y

²Carrera de Nutrición, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.

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

Resumen

En Guatemala la prevalencia de desnutrición crónica en niños es del 50%, y se estima que uno de cada cuatro sufre de sobrepeso u obesidad. Este estudio pretende establecer la prevalencia de la coexistencia de desnutrición crónica, sobrepeso y obesidad en el mismo niño. Se hizo un estudio transversal en niños < 5 años que participaron en la Encuesta Nacional de Salud Materno Infantil 2008/9. Los indicadores de talla y peso para edad, se usaron para evaluar su estado nutricional. El puntaje $z < -2$ DE estableció desnutrición crónica; $z \geq 1$ y < 2 DE, sobrepeso y ≥ 2 DE, obesidad. Para el análisis descriptivo de datos se usó STATA/SE 14. De 10,325 niños, la desnutrición crónica, sobrepeso y obesidad se presentó en 49.2, 18.8 y 5.3% respectivamente. La coexistencia de desnutrición crónica con sobrepeso u obesidad en niños < 5 años a nivel nacional fue de 10.6%. La población indígena presentó una mayor prevalencia (13.9%), afectó a 52.8% de los niños, a 12% de los que habitan en el área rural. La coexistencia de desnutrición crónica con sobrepeso u obesidad en niños < 5 años es una prioridad y problema de salud pública en Guatemala, especialmente en niños indígenas rurales. Es importante diseñar políticas, planes y programas de salud pública que tomen en cuenta la coexistencia de este problema nutricional en niños.

Palabras claves: Estado nutricional, niños indígenas

Abstract

In Guatemala, the prevalence of stunting in children is 50%, and it is estimated that 1 in 4 is overweight or obese. This study pretend to establish the prevalence of the coexistence of stunting, overweight and obesity in the same child. A cross-sectional study was carried out on children < 5 years who participated in the 2008/9 National Maternal and Child Health Survey. Indicators of size and weight for age were used to assess their nutritional status. The score < -2 SD established stunting; $z \geq 1$ and < 2 SD, overweight, and ≥ 2 DE, obesity. STATA/SE 14 was used for descriptive data analysis. Of the 10,325 children, stunting, overweight and obesity presented in 49.2, 18.8 and 5.3%, respectively. The coexistence of stunting with overweight or obesity in children < 5 year at the national level was 10.6%. Indigenous population had a higher prevalence (13.9%), affected 52.8% of children, 12% of those living in rural areas. The coexistence of stunting with overweight or obesity in children under five is a priority and public health problem in Guatemala, especially in indigenous rural children. It is important to design public health policies, plans and programs that take into account the coexistence of this nutritional problem in children.

Keywords: Nutritional status, indigenous children



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-03 **Conocimientos del tamizaje para cáncer en médicos de atención primaria**

Knowlegment of cancer screening in Medical Doctors of primary care

Karla P. Cruz, Mauricio G. Castro, Gonzalo Díaz

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar el conocimiento de tamizaje para cáncer de mama, cérvix, colon y próstata en médicos generales del segundo nivel de atención primaria. Se realizó un estudio cuantitativo transversal en 13 centros de salud de Guatemala central en los meses de marzo y abril de 2017 en una población de 47 médicos generales (26 mujeres y 21 hombres). Se evaluaron los conocimientos por medio de un cuestionario de opción múltiple. El conocimiento de tamizaje obtenido para cáncer de mama es de 47%, para cáncer de cérvix es 59%, para cáncer de colon es 28% y cáncer de próstata 76%. El porcentaje general de respuestas correctas obtenidas es de 53%. Los médicos que han recibido alguna capacitación en educación médica continua para tamizaje de cáncer de mama es de 63%, cáncer de cérvix 65%, cáncer de colon 37% y para cáncer de próstata 39%. La educación médica continua no influye en el conocimiento de tamizaje para cáncer. No hay correlación entre el conocimiento de tamizaje para cáncer y los años de práctica médica en el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (coeficiente de correlación de 0.087). El conocimiento de los médicos generales del segundo nivel de atención para tamizaje de cáncer de mama, cérvix, colon y próstata es insuficiente para realizar un abordaje adecuado para el diagnóstico oportuno de estas enfermedades.

Palabras claves: Educación médica continua, cáncer de mama, cáncer de próstata

Abstract

The aim of this study was to determine the knowledge of screening for breast, cervical, colon and prostate cancer within second level primary care general practitioners. It consisted of a quantitative, cross-sectional study carried out in 13 health centers across central Guatemala City during the months of March and April of 2017 in a population of 47 general practitioners: 26 females and 21 males. Knowledge was evaluated through a multiple choice questionnaire. The obtained information showed that knowledge of screening regarding breast cancer is 47%, cervical cancer is 59%, colon cancer is 28% and prostate cancer is 76%. The overall percentage of correct answers obtained across all fields is 53%. Doctors who have received differing levels of continuing medical education for screening of breast cancer are 63%, cervical cancer 65%, colon cancer 37% and prostate cancer 39%. This shows that continuing medical education do not influences in knowledge for screening. There is no apparent correlation between knowledge of cancer screening and years of medical practice in the Ministry of Public Health and Social Assistance (correlation coefficient of .087). The knowledge of second level primary care general practitioners for the screening of breast, cervical, colon and prostate cancer is insufficient to provide a suitable approach for the timely diagnosis of these diseases.

Keywords: Continuous medical education, mamary cancer, prostate cancer



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-04 Conocimiento acerca del proceso de consentimiento informado en investigación en salud en estudiantes de medicina

Knowledge regarding the process of informed consent in health research in medical students

Rebeca Mancilla¹, Jenny G. López-Godínez¹, Carmen I. Villagrán¹, Brooke Ramay²,
Renata Mendizabal², Aida G. Barrera²

¹Centro de Investigaciones de Ciencias en Salud, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala (Usac),

²Instituto de Investigaciones, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: rebkmancilla13@gmail.com

Resumen

La importancia del proceso del consentimiento informado en bioética es asegurar el respeto de los derechos y seguridad de los participantes en una investigación en salud. Se generó un cuestionario con el objetivo de determinar el conocimiento acerca del proceso de consentimiento informado en investigación en salud, en 461 estudiantes de segundo a sexto año de la Carrera de Médico y Cirujano de la Facultad de Ciencias Médicas, USAC, durante octubre a noviembre de 2016. Se evaluaron los conocimientos sobre conceptos y aplicación de los principios bioéticos, la importancia y elementos que forman el proceso de consentimiento informado en investigación en salud a través de un cuestionario electrónico vía internet (un tema por serie, cuatro series, preguntas de selección múltiple por tema; 18 preguntas); se evaluó como suficiente ($\geq 61\%$ de respuestas correctas) o insuficiente ($< 61\%$ de respuestas correctas). El mayor acierto de los estudiantes a las preguntas fue sobre práctica en ética, aplicación de principios bioéticos, 89%; e importancia del proceso de consentimiento informado, 94%, y el menor acierto en preguntas sobre teoría de ética, concepto de los principios bioéticos, 70%.

Palabras claves: Principios bioéticos

Abstract

We searched the relationship between coping strategies to problems that occur in the assistance of crime victims and the punctual prevalence of posttraumatic stress disorder (PTSD) in professionals of Guatemalan justice sector institution. Secondary traumatic stress scale (STSS) was used to determine the prevalence of PTSD and the diagnosis was confirmed by analyzing the responses provided to an additional question about traumatic events. A PTSD prevalence of 15% was obtained. The coping strategies inventory (CSI) was determined. The results indicate that, for high frequency range, 17% of the population had social support, 4% presented self-criticism, 6% stated problem avoidance, 7% presented emotional expression, 18% had desiderative thinking, 24% had a high degree of cognitive restructuring, 67% presented problem solving, and 5% had social withdrawal. By an odds ratio of 1.7 with 95% confidence interval [.87, 3.39] ($p < .001$), on desiderative thinking and 2.5 on social withdrawal [.84, 7.33] ($p < .001$), it was found that, confronting problems related to the attention of crime victims with desiderative thinking and social withdrawal with high frequency, is associated with an increased risk of PTSD development. These findings favor the promotion of coping strategies appropriate to the problems encountered when dealing with crime victims from a professional perspective.

Keywords: Bioethic principles



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-05 **Relación entre estrategias de afrontamiento y el trastorno de estrés postraumático en personas del sector justicia de Guatemala**

Relationship between coping strategies and posttraumatic stress disorder in people of the Guatemalan Justice Sector

Daniel E. Sojuel, Walter O. Paniagua*

Centro de Investigaciones en Psicología, Escuela de Ciencias Psicológicas,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: wa-paniagua@hotmail.com

Resumen

Se buscó la relación entre estrategias de afrontamiento a problemas que se dan en la atención a víctimas de delitos y la prevalencia puntual del trastorno de estrés postraumático (TEPT) en profesionales de una institución del sector justicia de Guatemala. También se usa la escala de estrés traumático secundario (STSS) y se confirmó mediante el análisis de las respuestas que brindaron los evaluados a una pregunta adicional sobre sucesos traumáticos. Se obtuvo una prevalencia puntual TEPT de 15%. Se determinó el inventario de estrategias de afrontamiento (CSI). Los resultados indican que, para el rango de alta frecuencia, el 17% de la población tuvo apoyo social, 4% presentó autocrítica, 6% manifestó evitación de problemas, 7% presentó expresión emocional, 18% tuvo pensamiento desiderativo, 24% tuvo en alto grado reestructuración cognitiva, 67% presentó resolución de problemas y 5% tuvo retirada social. Mediante una razón de probabilidad de 1.7 con intervalo de confianza de 95% [.87, 3.39] ($p < .001$), para el pensamiento desiderativo y 2.5 para la retirada social [.84, 7.33] ($p < .001$), se encontró que, afrontar problemas relacionados a la atención a víctimas con pensamiento desiderativo y retirada social con alta frecuencia está asociado a un mayor riesgo de padecimiento de TEPT. Estos hallazgos favorecen el fomento de estrategias de afrontamiento adecuadas para las problemáticas que se encuentran al atender víctimas de delitos desde una perspectiva profesional.

Palabras claves: Pensamiento desiderativo, reestructuración cognitiva

Abstract

We searched the relationship between coping strategies to problems that occur in the assistance of crime victims and the punctual prevalence of posttraumatic stress disorder (PTSD) in professionals of Guatemalan justice sector institution. Secondary traumatic stress scale (STSS) was used to determine the prevalence of PTSD and the diagnosis was confirmed by analyzing the responses provided to an additional question about traumatic events. A PTSD prevalence of 15% was obtained. The coping strategies inventory (CSI) was determined. The results indicate that, for high frequency range, 17% of the population had social support, 4% presented self-criticism, 6% stated problem avoidance, 7% presented emotional expression, 18% had desiderative thinking, 24% had a high degree of cognitive restructuring, 67% presented problem solving, and 5% had social withdrawal. By an odds ratio of 1.7 with 95% confidence interval [.87, 3.39] ($p < .001$), on desiderative thinking and 2.5 on social withdrawal [.84, 7.33] ($p < .001$), it was found that, confronting problems related to the attention of crime victims with desiderative thinking and social withdrawal with high frequency, is associated with an increased risk of PTSD development. These findings favor the promotion of coping strategies appropriate to the problems encountered when dealing with crime victims from a professional perspective.

Keywords: desiderative thinking, cognitive restructuring



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-06 **Depresión y ansiedad en adolescentes de
Santa Rosa, Guatemala**

Depression and anxiety in teenagers from Santa Rosa, Guatemala

Isabel A. Arreaga*, Pablo E. Galindo, Alma R. Alfaro, Marlon H. Martinez,
Mario G. Pivaral, Pablo B. Cho

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Resumen

Los trastornos mentales y neurológicos representan el 14% de las enfermedades a nivel mundial y el 22% en Latinoamérica, siendo las más comunes depresión (5%) y ansiedad (3.4%). En Guatemala durante el 2015 se reportó un incremento del 40% de los trastornos mentales, encabezados por depresión y ansiedad. Con el objetivo de estimar la prevalencia de depresión y ansiedad en adolescentes de institutos nacionales de educación básica y diversificada, se realizó un estudio descriptivo transversal. Se seleccionaron tres municipios del departamento de Santa Rosa, a conveniencia y tres institutos públicos de cada municipio. Con una muestra aleatoria simple de 587 adolescente, distribuida proporcionalmente. Se utilizaron los cuestionarios autoaplicables Children's Depression Inventory (CDI) y Screen for Child Anxiety Related Disorders (Scared) para detectar sintomatología depresiva y de ansiedad. Se obtuvo una participación de 56.4% de sexo femenino y 43.6% del sexo masculino. La prevalencia de síntomas sugestivos de depresión fue de 23.7% y de ansiedad 61.2%, presentándose, ambas, con mayor frecuencia en el sexo femenino.

Palabras claves: Trastornos mentales

Abstract

Mental and neurological disorders represent 14% of diseases worldwide and 22% in Latin America, being the most common depression with 5% and anxiety 3.4%. In Guatemala, a 40% increase in mental disorders, led by depression and anxiety, was reported in 2015. In order to estimate the prevalence of depression and anxiety in teenagers from national institutes of basic and diversified education, a transversal descriptive study was carried out. Three villages of the department of Santa Rosa were selected, to the convenience and 3 public institutes of each village. With a simple random sample of 587 adolescent, distributed proportionally. Self-administered questionnaires Children's Depression Inventory (CDI) and Screen for Child Anxiety Related Disorders (Scared) were used to detect depressive and anxiety symptoms. There was a participation of 56.4% female and 43.6% male. The prevalence of symptoms suggestive of depression was 23.7% and anxiety 61.2%, both of which were more frequent in females.

Keywords: Mental disorders



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-07 Conducta suicida y factores asociados en la
ciudad de Jutiapa, Guatemala

Suicidal behavior and related factors in the City of Jutiapa, Guatemala

Marta T. Ramos*, Juan L. Acajabón, Clarisa Chipín

Centro Universitario de Jutiapa, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Resumen

La conducta suicida presenta variaciones, desde pensar en quitarse la vida, elaborar un plan para suicidarse, obtener los medios para hacerlo, intentarlo y lograr suicidarse. Los factores de riesgo que se postulan son: psiquiátricos, médico-biológicos, psicológicos, sociales, familiares, ambientales y culturales. El objetivo del estudio fue caracterizar los casos de suicidio e intento de suicidio en la ciudad de Jutiapa, en ingresados al Hospital Nacional de marzo a julio de 2016 y su relación con factores de riesgo. El estudio fue no experimental, descriptivo, con enfoque cuali-cuantitativo, a 84 personas que presentaron conducta suicida, con el 26.2% de suicidios consumados y el 73.8% intentos suicidas. Se realizaron entrevistas personales, a familiares e instituciones, grupos focales con sobrevivientes y personal institucional. La tasa de mortalidad por suicidio para el 2014-15 es de 25.87 por 100,000 habitantes para ambos sexos, el 50% se encontraban entre 18 y 27 años, el 45.5% eran solteros, el 77.3% del área rural, el 45.5% agricultores, siendo principalmente el envenenamiento el método utilizado, con una proporción para hombres de 77.7%. Se identificaron como factores de riesgo el trastorno depresivo, trastorno bipolar, consumo de sustancias, intentos de suicidio previos, conflictos personales, problemas económicos y maltrato emocional. El suicidio en la cultura machista y patriarcal se convierte en una salida para las mujeres con menos oportunidades y relegadas al espacio doméstico, limitando a los hombres a la búsqueda de atención en salud mental.

Palabras claves: Depresión, trastorno bipolar

Abstract

Suicidal behavior varies from thinking about taking its life, developing a plan for suicide, getting the means to do it, trying it, and getting suicidal. The postulated risk factors are: psychiatric, medical-biological, psychological, social, family, environmental and cultural. The objective of the study was to characterize the cases of suicide and attempted suicide, admitted in the National Hospital in Jutiapa City from March to July 2016 and its relationship with risk factors. We conducted a non-experimental, descriptive study with a qualitative and quantitative approach, to 84 individuals who presented suicidal behavior, 26.2% consumed suicides and 73.8% were suicidal attempts. Personal interviews to family and institutions, focus groups with survivors and institutional staff were conducted. The death rate from suicide in Jutiapa from 2014-15 is 25.87 per 100,000 inhabitants of both sexes, 50% were between 18 and 27 years, 45.5% were single, 77.3% from rural areas, 45.5% farmers, mainly using the poisoning method, with a proportion of 77.7% men. Depressive and bipolar disorder, substances abuse, previous suicide attempts, personal conflicts, economic problems, and emotional abuse were identified as risk factors. Suicide in the macho and patriarchal culture becomes a way out for women with fewer opportunities and relegated to domestic space, limiting men to seeking mental health care.

Keywords: Depression, bipolar disorder



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-08 Factores de vulnerabilidad en adolescentes y su relación con el consumo de alcohol

Vulnerability factors in adolescents and its relationship with alcohol consumption

Estuardo J. Monjes-Ávila

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

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

Resumen

En este estudio se analizan los principales factores de vulnerabilidad que influyen en el hábito de consumo de alcohol en adolescentes entre 15 y 19 años de las instituciones educativas privadas del nivel de diversificado. Se realizó un estudio cuantitativo analítico transversal en seis instituciones educativas privadas (Colegios Valladolid, San Sebastián, El Deber, de Señoritas Santa Inés, San José de los Infantes e Instituto Tecnológico de Computación) durante los meses de junio y julio del 2017 en los municipios de Guatemala y Mixco, Guatemala, con una muestra de 416 estudiantes. El 65% ha consumido bebidas alcohólicas durante el último año. Sobre los que sí han consumido bebidas alcohólicas, el 64.6% es menor de 18 años, el 80% pertenece al sexo masculino, el 42% tiene familiares en primer grado que consumen alcohol de manera patológica, el 76% refiere que es habitual el consumo de bebidas alcohólicas en reuniones sociales, el 87% de los consumidores no considera que la legislación que prohíbe la venta de bebidas alcohólicas a menores de 18 años sea un impedimento para consumir bebidas alcohólicas. Las variables que presentaron asociación significativa fueron: el factor cultura y normas y el factor contexto del consumo de alcohol, los cuales pueden servir de predictores del consumo. El valor predictivo de consumo de alcohol con las variables indicadas, fue de 81.2%.

Palabras claves: Alcoholismo, factor de riesgo, adolescentes

Abstract

The aim of this research is to analyze the main vulnerability factors that influence the consumption of alcohol among high school adolescents between 15 and 19 years on private educational institutions. A quantitative cross-sectional study was conducted in six private educational institutions (Colegio Valladolid, San Sebastián, El Deber, de Señoritas Santa Inés, San José de los Infantes and Instituto Tecnológico de Computación) in the municipalities of Guatemala and Mixco, Guatemala, during June-July 2017, with a sample of 416 students. The 65% of adolescents have consumed alcoholic beverages during the last year. Among those who have consumed alcoholic beverages, 64.6% are under the age of 18, 80% are male, 42% have first-degree relatives who consume alcohol in a pathological way, 76% of alcoholic beverages in social reunions, 87% of consumers do not considerate that the legislation prohibiting the sale of alcoholic beverages to minors is an impediment to consuming alcoholic beverages. The variables that presented a significant association were: cultural factors and norms, and the context factor of alcohol consumption, which can be predictors of alcohol consumption. The predictive value of alcohol consumption with the indicated variables was 81.2%.

Keywords: Alcoholism, risk factor, adolescents.



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-09 **Caso probable de Zika. Reacción cruzada con infección previa por dengue**

Probable Zika case. Cross-reaction with previous dengue infection

Fabio A. Recinos-López*, Sonia M. Pérez-Barrientos

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Guatemala

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

Resumen

Paciente femenina de 5 años de edad, de Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Consulta por fiebre, malestar general, cefalalgia, exantema maculopapular eritematoso, vómitos y dolor abdominal en región epigástrica de 5 días de evolución. Datos positivos al examen físico: Temperatura axilar 38°C, dolor abdominal difuso a la palpación profunda y dolor músculo esquelético en extremidades. Hematología: 9,290 leucocitos (45% de neutrófilos), hemoglobina 13.58 g/dL, plaquetas 26,400/cc, velocidad de sedimentación 3 mm/h, proteína C reactiva 5 mg/L, aspartato-aminotransferasa 148 U/L, panel viral de hepatitis negativo, albumina sérica 2.7 g/dL. Radiografía de tórax: derrame pleural derecho. Por proceder de área endémica y llenar criterios de caso probable de dengue se hizo serología; dengue IgM (-), IgG (+), chikungunya IgM (-), IgG (-), zika IgM (+), IgG (-). Se consideró como caso probable de zika y se solicitó pruebas confirmatorias. Antígeno para dengue (-), RT-PCR para chikungunya (-), RT-PCR para zika (-), con lo que se descartó la infección por zika. El tratamiento fue sintomático y la evolución fue satisfactoria, egresando al cuarto día. Al reevaluarla una semana después normalizó el valor de plaquetas y resolvió el derrame pleural. Es de recordar que los ensayos serológicos positivos son presuntivos, pudiendo existir reacción cruzada con infección previa por otros flavivirus (en este caso infección previa por dengue) y el diagnóstico deberá confirmarse o descartarse con pruebas de diagnóstico molecular.

Palabras claves: Flavivirus

Abstract

Female patient, 5 years old, from Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla. Consultation due to fever, malaise, headache, maculopapular erythematous rash, vomiting and abdominal pain in the epigastric region within 5 days of evolution. Positive data on physical examination: Axillary temperature 38°C, diffuse abdominal pain on deep palpation and skeletal muscle pain in extremities. Hematology: 9,290/cc white blood cells (45.85% neutrophils), Hemoglobin: 13.58 g/dl, Platelets: 26,400. Sedimentation rate: 3 mm/hr, C-reactive protein: 5 mg/l, Aspartate aminotransferase: 148 U/L, negative viral hepatitis panel, serum albumin: 2.7 g/dl. Chest x-ray: right pleural effusion. For proceeding from endemic area and filling criteria of probable case of dengue serology samples were taken. Dengue: IgM (-), IgG (+), Chikungunya: IgM (-), IgG (-), Zika IgM (+), IgG (-). It was considered a probable Zika case and confirmatory tests were requested. Dengue antigen (-), RT-PCR for Chikungunya (-), RT-PCR for Zika (-), which discarded Zika infection. The treatment was symptomatic and the evolution was satisfactory, leaving hospital at the fourth day. Upon reevaluation a week later, she normalized the platelet count and resolved the pleural effusion. It should be remembered that positive serological tests are presumptive, and there may be a cross-reaction with previous infection by other flaviviruses (in this case previous dengue infection) and the diagnosis should be confirmed or ruled out with molecular diagnostic tests.

Keywords: Flaviviruses



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-10 **Uso del índice de Garcés en quemaduras pediátricas versus clasificación de Benaim en pacientes pediátricos como predictor de morbilidad**

Garcés' index versus Benaim's classification in pediatric burns as a morbidity predictor

Julio R. Samayoa-Cuc

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: jsamayoa51@hotmail.com

Resumen

Las quemaduras de pacientes pediátricos en Guatemala representan el 15% de las consultas anuales a las emergencias. No se cuenta con una herramienta modelo para la gradación adecuada de los niveles intermedios de quemadura. El objetivo fue realizar la comparación entre el índice de gravedad de Garcés (Artigas/Minsal) y la escala Benaim en pacientes pediátricos quemados del Hospital de Cuilapa, Santa Rosa en 2013, para establecer su efectividad. Estudio descriptivo, retrospectivo que se llevó a cabo por encuesta, recabando los datos de los expedientes luego del egreso. Se evidenció que la moda de género del grupo fue varón, con edad < 2 años, afectando el 10% de su superficie corporal, siendo la quemadura de segundo grado superficial la prevalente. La estancia intrahospitalaria promedio fue de 11 días. Los pacientes se evaluaron, según la escala pronóstica de Garcés, el cual se calificó como riesgo moderado, pero comparando el mismo grupo con la escala de Benaim, como estándar, se evidenció que se encuentra en el grupo I (leve). Al evaluar, los verdaderos negativos fueron el 51%. Se determinó el valor predictivo negativo el cual fue del 100%, por lo que se evidencia la alta sensibilidad para descartar la presencia de morbilidad en los pacientes más graves. Se recomienda continuar el estudio a mayor escala, y en un futuro mejorar el proceso de clasificación de pacientes para disminuir el riesgo de morbilidad.

Palabras claves: Quemadura infantil, morbilidad, escaldaduras

Abstract

Burns on pediatric patients in Guatemala account for 15% of annual emergency consultations. At the moment there is no model tool for proper gradation of intermediate levels of burn. The aim was to compare the Garcés' index (Artigas/Minsal) and the Benaim's classification in pediatric patients with burnes at the Cuilapa Hospital, Santa Rosa in 2013, in order to establish their effectiveness. This is a descriptive, retrospective study that was carried out by survey, gathering the data of the files after the discharge. It was evidenced that the gender genre of the group was male, with less than two years old, affecting 10% of their body surface, being the second degree surface burn the prevalent. The hospital stay was 11 days on average. This group of patients was evaluated according to the Garcés predictive scale, which was classified as a moderate risk, but comparing the same group with the Benaim scale as a standard, it is evident that it is in group I (mild). When evaluating, the real negatives were 51%. The negative predictive value was determined, which was 100%, which is why it is evidenced the high sensitivity to rule out the presence of morbidity in the most severe patients. It is recommended to continue the study on a larger scale, and in the near future to improve the classification process of this group of patients to reduce the risk of morbidity.

Keywords: Child born, morbidity, scalds



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-11 Sistema de puntuación HOSPITAL como predictor del
reingreso en pacientes con insuficiencia cardiaca

HOSPITAL score as predictor of readmission in patients with heart failure

Diego F. Salazar

Facultad de Ciencias Médicas, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

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

Resumen

El objetivo del estudio fue identificar el manejo del dolor postoperatorio en pacientes sometidos a artroplastia de cadera y rodilla en el servicio de Traumatología y Ortopedia del Hospital General de Accidentes “Ceibal” del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social durante mayo a julio de 2017. Se realizó un estudio transversal en 144 pacientes intervenidos quirúrgicamente, aplicando consentimiento informado para la participación de los sujetos. Se hizo una revisión sistemática de expedientes médicos y encuesta, y se tomó una muestra de 115 en las primeras 24 h postoperatorias. La edad media fue de 64.8 años, sexo femenino 50.4%, ocupación predominante vendedores de comercios y mercados 20.9%. De los 115 pacientes, 61 (52.6%) fueron operados de la rodilla y 54 (46.4%) de artroplastia de la cadera. La intensidad del dolor mas reportada fue dolor moderado en un 20.7% y el escalón II en un 39.9%. La intensidad del dolor en las primeras 24 h postoperatorias fue de dolor moderado. El escalón II propuesto por la OMS fue el más utilizado. La intensidad del dolor moderado es el mejor manejado, sin embargo, se descuida el tratamiento analgésico y se utilizan escalones analgésicos inadecuados en la mayoría de pacientes con intensidades de dolor leve y severo.

Palabras claves: Escalera, analgesia, reemplazo, articular, intensidad

Abstract

The aim of this study was to identify the management of postoperative pain in patients undergoing hip and knee arthroplasty in the Traumatology and Orthopedics department of the “Ceibal” General Accident Hospital of the Guatemalan Social Security Institute from May to July 2017. A cross-sectional study of 144 patients who underwent surgery; informed consent was applied for the participation of subjects. A systematic review of medical records and survey was held, of which a sample of 115 were taken in the first 24 postoperative hours. Obtaining as results an average age of 64.83 years, female 50.40%, and the predominant occupation was commercial and market sellers 20.90%. Out of 115, 61 went under a knee operation corresponding to 52.6% and 54 patients corresponding to 46.6% went under hip arthroplasty. The highest pain intensity reported was moderate pain in 20.7% and step II in 39.9%. Pain intensity in the first 24 postoperative hours, was moderate pain. Step II proposed by WHO was the most used. Moderate pain intensity is best handled, however, analgesic treatment is neglected and inadequate analgesic steps are used in most patients with mild and severe pain intensities.

Keywords: Step, analgesic, joint, replacement, intensity



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-12 Investigación multidisciplinaria e intersectorial en salud:
Desarrollo de una nueva forma de control de los vectores de la
enfermedad de Chagas

*Multidisciplinary and inter-sectorial research in health:
The case of developing a new approach of Chagas vectors control*

Antonietta Rodas^{1*}, Carlota Monroy¹, Xochitl Castro², Virgilio Ayala³,
Javier Quiñónez³, Berlter Alcántara⁴

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, ²Centro de Estudios Folklórico y
³Centro de Estudios de Investigaciones en Ingeniería, Facultad de Ingeniería,
Universidad de San Carlos de Guatemala, ⁴Lider Comunitario de Jutiapa.

*Autor al que se dirige la correspondencia: antonietta55@yahoo.com

Resumen

Biólogos, entomólogos, microbiólogos, ingenieros, arquitectos, antropólogos y líderes comunitarios trabajan juntos para desarrollar una técnica para el control de los insectos vectores de la enfermedad de Chagas. La nueva estrategia de control está basada en modular los factores de riesgo, a través de remodelar y mejorar las viviendas de adobe o bajareque para que sean refractarias a las chinches; la remodelación incluye mejora de paredes y piso imitación cemento para que los insectos no se reproduzca dentro de la vivienda. Se usan materiales locales como cenizas volcánicas (selecto, puzolana), arena de río, cal y una mínima cantidad de cemento. Después de capacitación, los mismos habitantes ejecutan las mejoras. Varias instituciones como las Municipalidades, el Ministerio de Salud, las Comunidades y la Universidad trabajan coordinadamente. Se han mejorado 7,000 viviendas de adobe y bajareque en Centro América y México. La evaluación de la efectividad para el control de Chagas es a través de presencia o ausencia de vectores, su distribución y la alimentación sanguínea de los insectos vectores. Se comprobó que disminuyeron las chinches, que éstas se alimentan menos de humanos y que tiene la tendencia a quedarse fuera de la vivienda, lo que disminuye el contacto humano-vector. Esta alternativa de control a largo plazo es más económica que la forma tradicional de rociamiento con insecticidas.

Palabras claves: Vectores, factores de riesgo, adobe, bajareque

Abstract

Biologists, entomologists, microbiologists, engineers, architects, anthropologists and community leaders work together to develop a technique for controlling Chagas' disease vectors. The new control strategy is based on modulation of risk factors, by remodeling and improving houses built of adobe or bajareque to be refractory to bedbugs; including improvement of walls and cement floor imitation so that the insects cannot reproduce inside the house. Local materials are used, such as volcanic ash (select, puzzolan), river sand, lime and a minimum amount of cement. After training, the inhabitants themselves carry out the improvements. Several institutions such as Municipalities, Health Ministry, Communities and University worked in coordination. About 7,000 mud and bajareque houses have been improved in of Central America and Mexico. Chagas' control effectiveness is through the presence or absence of vectors, their distribution and the blood feeding by vectors. It was found that bedbugs decreased, that their consumption of human blood decreased and tend to stay out of the home, which decreases human-vector contact. This alternative of long-term control is less expensive than the traditional spraying with insecticides.

Keywords: Vectors, risk factor, adobe, bahareque



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-13 Síndrome de Alagille. Experiencia clínica y
sobrevida de un caso

Alagille's syndrome. Clinical experience and survival of a case

Sonia M. Pérez-Barrientos, Fabio A. Recinos-López

Universidad San Carlos de Guatemala e Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Guatemala

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

Resumen

Paciente masculino de 7 años de edad, padres y hermana de 11 años sanos. A los 15 días de nacido inicia con vómitos, ictericia y acolia. Al examen mostró rasgos particulares: frente ancha, puente nasal deprimido, mentón puntiagudo, cara triangular y ojos profundos. Escleras y piel con tinte icterico-verdoso, xantomas faciales. Soplo cardíaco sistólico III/VI en foco pulmonar. Hígado 4 cm debajo del reborde costal derecho. Perfil bioquímico: colestasis, hiperamonemia e hiperlipidemia. Radiografía de columna: hemivertebbras. Ultrasonido: sin dilatación de vías biliares intrahepáticas, vesícula biliar atrófica. Ecocardiograma: estenosis de la arteria pulmonar y persistencia del conducto arterioso. Biopsia hepática: ductopenia, fibrosis leve. Los criterios de colestasis, facies peculiar, cardiopatía congénita y hemivertebbras con ductopenia sustentan el diagnóstico de Síndrome de Alagille. Su evolución 7 años después demuestra que cursa con enfermedad renal estadio II, acidosis tubular renal, hipertensión arterial, hiperparatiroidismo secundario, anemia microcítica-hipocrómica, detención del crecimiento y retraso psicomotriz; complicaciones compensadas con el tratamiento médico, que le permite llevar una calidad de vida satisfactoria. El síndrome es una alteración autosómica dominante con expresión variable y el pronóstico de supervivencia depende del grado de compromiso y malformación de órganos y sistemas; la literatura reporta que la esperanza de vida a 20 años es entre 75-80%. Es importante reconocer este síndrome (incidencia mundial 1/100,000 nacidos vivos) dentro del diagnóstico diferencial de colestasis infantil para identificarlo y determinar su frecuencia.

Palabras claves: Colestasis, ductopenia, ictericia, acolia

Abstract

A 7-year-old male patient, parents and 17-year-old sister healthy. At 15 days of age, he started with vomiting, jaundice and acholia. The physical evaluation showed particular features: broad forehead, depressed nasal bridge, pointed chin, triangular face, and deep eyes. Scleras and skin with icteric-green color, facial xanthomas. Systolic heart murmur III/VI in pulmonary focus. Liver 4 cm below the right costal ridge. Biochemical profile: cholestasis, hyperammonemia and hyperlipidemia. Radiograph of column: hemivertebbras. Ultrasound: no intrahepatic biliary dilatation, atrophic gallbladder. Echocardiogram: pulmonary artery stenosis and patent ductus arteriosus. Liver biopsy: ductopenia, mild fibrosis. The criteria of cholestasis, peculiar facies, congenital heart disease and hemivertebbras with ductopenia supported the diagnosis of Alagille Syndrome. Its evolution 7 years later shows that it is present with stage II renal disease, renal tubular acidosis, arterial hypertension, secondary hyperparathyroidism, microcytic-hypochromic anemia, growth and psychomotor retardation. Complications have been compensated by medical treatment, which provides him a satisfactory quality of life. The syndrome is an autosomal dominant disorder with variable expression and the prognosis of survival will depend on the degree of commitment and malformation of organs and systems. The literature reports that life expectancy at 20 years ranges from 75 to 80%. It is important to recognize Alagille Syndrome (worldwide incidence 1/100000 live births) within the differential diagnosis of childhood cholestasis to identify it and be able to determine its frequency.

Keywords: Cholestasis, ductopenia, jaundice, acholia



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-14 Prevalencia de vaginosis bacteriana y factores asociados en mujeres de edad reproductiva

Prevalence of bacterial vaginosis and associated factors in reproductive age women

Debby D. Ramírez-González*, Diego del Valle-Urrutia

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

*Autor al que se dirige la correspondencia: dayan3891@gmail.com

Resumen

La vaginosis bacteriana (VB) es una de las principales causas de morbilidad en mujeres en edad fértil. El objetivo fue determinar la prevalencia de VB y factores asociados en mujeres de 15-45 años, que consultaron a unidad mínima de salud Tres Pinos, a los puestos de salud San Nicolás, Chispán, El Guayabal y el centro de salud de Estanzuela, Zacapa, durante febrero de 2016. Se realizó un estudio descriptivo transversal en 444 mujeres a quienes se les hizo una entrevista según un cuestionario estructurado y un examen cérvico-vaginal, prueba de KOH, medición de pH vaginal, búsqueda microscópica de células clave y morfología del agente etiológico. La prevalencia de vaginosis bacteriana fue del 78.15% (IC 95% 74.23-82.07%) y la media de edad afectada fue de 33 ± 8 años. Los factores asociados fueron: Escolaridad primaria, 182 (40.90%); no tener relaciones sexuales durante la menstruación, 307 (69.14%); planificación familiar, 132 (29.73%). De las mujeres que presentaron vaginosis, 193 (43.46%) cumplieron con los criterios de Amsel. Se realizó el cálculo de Chi 2 y Odds Ratio (OR), sin embargo, no se encontró asociación estadísticamente significativa entre las variables estudiadas. En Estanzuela, la VB representa una de las principales causas de morbilidad debido al inadecuado diagnóstico y tratamiento, reflejado así una alta prevalencia y contribuyendo a las múltiples complicaciones gineco-obstétricas en la población guatemalteca.

Palabras claves: Vaginitis, flujo vaginal, salud reproductiva

Abstract

Bacterial vaginosis (BV) is one of the major causes of morbidity in women of childbearing age, the main objective was to determine the prevalence of BV and associated factors in women between 15-45 years who consulted Minimum Health Unit Tres Pinos, health posts San Nicolás, Chispán, Guayabal and the health center of Estanzuela, Zacapa during February 2016. Transversal descriptive study was conducted in 444 women interviewed with a structured questionnaire and a cervico-vaginal examination, KOH test, vaginal pH test, microscopic search of clue cells and morphology of the etiologic agent. The prevalence of bacterial vaginosis was 78.15% (95% CI 74.23% - 82.07%) and the main age affected 33 ± 8 years. Factors associated with VB were: Elementary schooling, 182 (40.90%); not having intercourse during menstruation, 307 (69.14%); family planning, 132 (29.73%). 193 (43.46%) women who had vaginosis, met the Amsel criteria. Chi 2 and Odds Ratio (OR) were calculated, however, no statistically significant association was found between the variables studied. In Estanzuela, BV represents one of the main causes of morbidity due to inadequate diagnosis and treatment, thus reflected in its high prevalence and contributing to multiple gynecological obstetric complications in the Guatemalan population. There was no statistically significant association between the variables studied.

Keywords: Vaginitis, vaginal discharge, reproductive health



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-15 Impacto en la supervivencia del inicio programado de diálisis peritoneal (DP) en pacientes con enfermedad renal crónica (ERC)

Impact on patient survival of on scheduled initiation of peritoneal dialysis (PD) program in chronic kidney disease patients (CKD)

Erick F. Herrera, Alejandro Lucas, Vicente Sánchez-Polo*

Departamento de Nefrología y Trasplante Renal, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS), Guatemala.

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

Resumen

El IGSS es la principal institución de atención de pacientes con ERC en Guatemala. En 2009 se inició el Programa de Salud Renal (PSR) para detectar, prevenir y retardar la progresión de la ERC y referir a los pacientes al mejor tratamiento disponible (DP, hemodiálisis o trasplante). El estudio se hizo para determinar si el PSR tiene impacto en la supervivencia de los pacientes que ingresan de manera programada. Se realizó un estudio descriptivo, longitudinal en pacientes que ingresaron al programa de DP de enero 2012 a julio 2013. Los de inicio programado fueron vistos tres veces en la Clínica de Salud Renal y los no programados llegaron de emergencia al Hospital de Enfermedades; a todos se dio seguimiento por un año. Se revisaron expedientes y laboratorios y se aplicaron promedios, prueba de χ^2 y curvas de supervivencia. Se incluyeron 169 pacientes, 58 programados y 111 de urgencia. No existen diferencias entre grupos en las características basales. Según la Curva de Kaplan-Meier hay supervivencia significativa en el grupo de inicio programado (89.6%) vs los de emergencia (73.8%) ($p = .015$). No hubo significancia al año en cuanto a calidad de diálisis expresada por el modelo matemático de Kt/V (66 vs 59.5%, $p = .450$), peritonitis (22.4 vs 21.6%, $p = .787$) o cambio a hemodiálisis (10.3 vs 9.9%, $p = .968$). El inicio programado de DP tiene un impacto positivo en la supervivencia de los pacientes. No existen diferencias en los demás marcadores de calidad de diálisis luego de un año de seguimiento.

Palabras claves: Patología renal, inicio programado, supervivencia

Abstract

The Guatemalan Social Security Institute (IGSS) is the main provider of medical care to patients with CKD in Guatemala. In July 2009, the renal health program (RHP) was initiated to determine whether the RHP has also impacted the quality of PA, outcomes between those enrolled in scheduled vs unscheduled was compared. A longitudinal, descriptive study was performed among patients enrolled in PD from January 2012 to July 2013, scheduled patients were those who had at least three prior consultation at the RHP, not scheduled were those who started dialysis urgently, all of whom were followed for one year. Using chart reviews express the results in averages, percentages, χ^2 test, and survival curves. Data from 169 patients was obtained, 58 enrolled in a scheduled manner while 111 were not. There were no significant differences in baseline characteristics between the groups. Using Kaplan-Meier plots, there was a significant survival advantage among those enrolled in scheduled PA 89.6% vs 73.8% ($p = .015$). There were no significant differences between groups in obtaining goal Kt/V (66% vs 59.5%, $p = .40$), incidence of peritonitis (22.4% vs 21.6%, $p = .787$), or change to hemodialysis (10.3% vs 9.9%, $p = .968$). There is a clear impact on patient survival between those enrolled in scheduled vs non-scheduled PD through the IGSS. There were no differences between other markers of dialysis quality.

Keywords: Renal pathology, scheduled initiation, survival



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th Internationalm Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-16 Prevalencia de enfermedad renal crónica de causa no tradicional (ERCnT) en pacientes en hemodiálisis de la costa sur de Guatemala

Prevalence of chronic kidney disease of non-traditional causes in patients on hemodialysis in southwest Guatemala

Timothy S. Laux², Joaquín Barnoya², Ever Cipriano¹, Erick Herrera¹,
Noemí López², Marcos Rothstein², Vicente Sánchez-Polo¹

¹Servicio de Nefrología y Trasplante Renal, Hospital General de Enfermedades, Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, Guatemala y ²Departamento de Nefrología, Universidad de Washington, St, Louis Mo, USA

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

Resumen

La enfermedad renal crónica (ERC) de causa no tradicional (ERCnT) se presenta frecuentemente en la costa sur de América Central y regiones de Sri Lanka. Poco se sabe de esta patología pero, afecta poblaciones jóvenes, trabajadores de la agroindustria que se exponen al golpe de calor, viven debajo de 200 m.snm, tienden a tener poca proteinuria y no se asocian a factores tradicionales de ERC, además se reconocen otros factores como, deshidratación frecuente, rbdomiolisis, uso de AINES, contexto de pobreza, bajo peso al nacer y malnutrición. Se estableció la prevalencia de pacientes con ERCnT y los factores asociados a través de un estudio descriptivo de corte transversal en donde se entrevistaron 242 pacientes que reciben tratamiento de hemodiálisis en diferentes unidades de la costa sur (Escuintla, Mazatenango y Retalhuleu). Los pacientes fueron clasificados en diabéticos, hipertensos, obesos o si ninguno de esos factores. Se analizó la relación entre pacientes con factores no tradicionales de ERC: ocupación, demográficos, hábitos, altitud y tiempo en llegar a su clínica de diálisis, usando un análisis multivariado de regresión logística. Se encontró que 171 (71%) pacientes no presentaron factores tradicionales de ERC. Aunque la ocupación de agricultor es la más común, únicamente alcanzó significancia estadística la edad <50 años y el tiempo >30 min que tardan en desplazarse a la clínica de diálisis. El uso de AINES y consumo de bebidas carbonatadas fue descrito como frecuente. La prevalencia de ERCnT en pacientes que reciben hemodiálisis en la costa sur de Guatemala es alta. Es el mismo fenómeno reportado en El Salvador y Nicaragua. Queda entonces demostrado que la ERCnT también se presenta en la costa sur de Guatemala.

Palabras claves: América Central; insuficiencia renal crónica, diálisis

Abstract

Chronic kidney disease (CKD) of non-traditional causes (CKDnT) has been described in a variety of geographic contexts. Two regions where it is well-documented are the Pacific coast of Central America and regions of Sri Lanka. While little is known about the natural history of this pathology, affected individuals are younger field workers, exposed to heat stroke, live under 200 masl and tend to have minimal proteinuria until late in the course of disease and no relation with CKD traditional risk factors like diabetes or hypertension. The etiology of the epidemic of CKDnT is unknown but there are well recognized risk factor like heath stroke, frequent dehydration. Rbdomiolysis, use of AINES in a context of poverty, low birth weight and malnutrition. The aim is to document the prevalence of patients on hemodialysis in southwestern Guatemala who have CKDnT. This cross-sectional descriptive study interviewed patients on hemodialysis units (Escuintla, Mazatenango and Retalhuleu) on their health and occupational history. Patients were classified according to whether they had diabetes, hypertension or obesity or neither. The proportion of patients with and without these traditional CKD risk factors was recorded and the association between demographic and occupational factors and a lack of traditional CKD risk factors analyzed using multivariate logistic regression. 171 (71%) patients out of 242 had CKDnT risk factors. While agricultural work history was common, only travel time >30 min and age <50 years old were significantly associated with CKD in the absence of traditional risk factors. The use of AINES drugs and sodas was common. The prevalence of CKDnT is higher in this sample of patients receiving hemodialysis in Southwestern Guatemala. The same phenomenon occurs in El Salvador and Nicaragua. So, we demonstrated that CKDnT happens also in Guatemalan population.

Keywords: Central America, chronic renal insufficiency, dialysis



7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-17 Composición de oligoelementos de hojas comestibles
nativas de Mesoamérica

Trace element content in edible leaves natives in Mesoamerica

Armando Cáceres^{1,3*}, Vicente Martínez², Max Mérida^{1,3}, Anibal Sacbajá²,
Alejandra Morales¹, Sully M. Cruz¹

¹Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y ²Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala y ³Laboratorios de Productos Naturales Farmaya, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: acaceres46@gmail.com

Resumen

Los oligoelementos son importantes constituyentes nutricionales de las hierbas comestibles. Se colectaron 11 especies, nueve nativas (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Crotalaria longirostrata*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens*, *S. wendlandii*) y dos extranjeras (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*) en dos regiones del país. Se prepararon muestras de hierba seca, cocida y de caldo de hierba fresca, en las que se cuantificaron por espectrofotometría de absorción atómica macro (N, P, K) y oligoelementos (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn) y los componentes antinutricionales, taninos por espectrofotometría usando ácido tánico como control y oxalatos por permanganimetría. El contenido de oligoelementos es diverso, para Zn, la hierba control *S. oleracea* contienen buena cantidad (90-140 ppm); de las nativas *D. ambrosioides* (130-160 ppm) y *A. hybridus* (70-80 ppm) demostraron la mayor cantidad. De Fe las hierbas control tienen buena composición (*S. oleracea*, 220-280 ppm y *M. oleifera*, 105-135 ppm); de las nativas *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) y *L. synanthera* (75-140 ppm) tuvieron las mayores concentraciones. Se encontraron niveles elevados de oxalatos en *S. oleracea* (722 ± 6 mg/hg), *L. synanthera* (678 ± 8 mg/hg), *S. nigrescens* (455 ± 7 mg/hg) y *A. hybridus* (362 ± 9 mg/hg); en las demás hierbas se encontraron niveles <90 mg/hg. Los niveles de taninos fueron bajos (0.1-0.7 mg/hg) en todas las especies. Se demuestra que cuatro especies nativas tienen un contenido de oligoelementos importante y que presentan valores antinutricionales menores que los controles.

Palabras claves: *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Lycianthes synanthera*

Abstract

Trace elements are important nutritional constituents from edible herbs. Eleven species were collected, nine native (*Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus chayamansa*, *Crotalaria aconitifolius*, *Dysphania ambrosioides*, *Lycianthes synanthera*, *Sechium edule*, *Solanum americanum*, *S. nigrescens* and *S. wendlandii*) and two foreign (*Moringa oleifera*, *Spinacea oleracea*) in two regions of the country. Dry, cooked and broth samples were prepared by atomic absorption spectrometry, macro (N, P, K) and trace elements (Ca, Mg, Na, Cu, Zn, Mn) were quantified, as well as antinutritional components, tannins by spectrophotometry using tannic acid as control and oxalates by permanganometry. Trace element content is diverse, for Zn, control herb *S. oleracea* contained good quantity (90-140 ppm); *D. ambrosioides* (130-160 ppm) and *A. hybridus* (70-80 ppm) contained the largest amounts. For Fe, control herbs had good composition (*S. oleracea*, 220-280 ppm, *M. oleifera*, 105-135 ppm); from the natives *A. hybridus* (90-240 ppm), *C. aconitifolius* (75-185 ppm) and *L. synanthera* (75-140 ppm) had the largest amounts. High levels of oxalates were demonstrated in *S. oleracea* (722 ± 6 mg/hg), *L. synanthera* (678 ± 8 mg/hg), *S. nigrescens* (455 ± 7 mg/hg) and *A. hybridus* (362 ± 9 mg/hg); in the others <90 mg/hg were found. Tannin levels were low (0.1-0.7 mg/hg) in all species. It is concluded that four native species has important trace element content and showed antinutritional element lower than controllers.

Keywords: *Amaranthus hybridus*, *Cnidoscolus aconitifolius*, *Lycianthes synanthera*



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-18 Diseño de una formulación a partir de extractos de kalahuala (*Phlebodium pseudoaureum*) para un posible uso como agente antisolar

Design of a formulation from extracts of kalahuala (*Phlebodium pseudoaureum*)
for a possible use as a solar control agent

Sully M. Cruz, Maria C. Menéndez, Ana C. Valdez, Aylin Santizo, Armando Cáceres

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

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

Resumen

La kalahuala (*Polypodium leucotomos* y *Phlebodium pseudoaureum*) es un especie medicinal que tiene potencial en cosmética por sus propiedades fotoprotectoras, antioxidantes y antipsoriasis. En este estudio se diseñó una formulación cosmética a partir de extractos de *P. pseudoaureum*, se establecieron los parámetros de calidad para su uso como agente antisolar, se caracterizó la droga vegetal y extractos por pruebas fisicoquímicas, fitoquímicas y microbiológicas para evaluar su identidad y pureza. Se determinó y evaluó el espectro de absorción de los extractos de *P. pseudoaureum* para determinar el factor de protección solar y se midieron los flavonoides totales por espectrofotometría. Por pruebas fitoquímicas se detectó la presencia de flavonoides, saponinas y taninos en los extractos de fronda y en los de rizoma se evidenciaron además cumarinas. Los dos extractos absorbieron radiación ultravioleta en longitudes de onda que corresponden a la región UVC y asociados con el octilmetoxicinamato absorbieron energía en longitudes de onda cercanas a la región de máximo efecto eritematoso, presentando un efecto sinérgico en su capacidad de absorción de energía en el rango UVB. Los extractos de fronda presentaron >0.5% de flavonoides, así como el mayor factor de protección solar hasta 10, por lo que fueron los de elección para la formulación fitocosmética, cumpliendo con los parámetros de calidad organoléptica, fisicoquímica y microbiológica, demostraron efectividad en la crema y gel formulado manteniendo sus características a lo largo del tiempo según el estudio de estabilidad.

Palabras claves: frondas, flavonoides, factor de protección solar, crema, gel

Abstract

Kalahuala (*Polypodium leucotomos* and *Phlebodium pseudoaureum*) is a medicinal species with potential in cosmetics for its photoprotective, antioxidants and antipsoriasis properties. In this study a cosmetic formulation from extracts of *P. pseudoaureum* was designed, establishing quality parameters for its use as a sunscreen, the drug was characterized by testing plant extracts and physicochemical, phytochemical and microbiological to assess its identity and purity. It was determined and evaluated the absorption spectrum of *P. pseudoaureum* extracts to determine the sun protection factor and total flavonoids were identified by spectrophotometry. By phytochemical tests the presence of flavonoids, saponins, coumarins and tannins were detected in frond and rhizome extracts. Both extracts absorbed ultraviolet radiation at wavelengths that correspond to the region associated with UVC and octyl methoxycinnamate absorbed energy wavelengths near the region of maximum erythematosus effect, showing a synergistic effect on energy absorptive capacity in the UVB range. The extracts showed flavonoids in percentages >0.5%, the highest sun protection factor of 10, so were selected formulations for phytocosmetics, fulfilling the quality parameters of organoleptic, physicochemical and microbiological efficacy in the cream and gel formulated to maintain their characteristics over time according to the stability study.

Keywords: Fronds, flavonoids, solar protection factor, cream, gel



7° Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud
7th International Symposium on Multidisciplinary Research / Health Sciences

CS-19 Bioactividad de extractos de especies vegetales nodrizas de bosques de pinabetes (*Abies guatemalensis*) de Ixchiguán, San Marcos, Guatemala

Bioactivity of extracts from nurse plants species from fir (Abies guatemalensis) forests from Ixchiguan, San Marcos, Guatemala

Stella Cruz-Bolaños¹, Deyling Maldonado-de León¹, José V. Martínez-Arévalo², Armando Cáceres^{1*}

¹Escuela de Química Biológica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia y ²Subárea de Ciencias Biológicas, Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

*Autor al que se dirige la correspondencia: acaceres46@gmail.com

Resumen

Plantas nodrizas son aquellas especies útiles para la sobrevivencia y convivencia de otras especies. *Abies guatemalensis* Rehder (pinabete) es una especie endémica en peligro de extinción y para asegurar su sobrevivencia es necesario estudiar sus plantas nodrizas. Se colectaron seis especies de plantas nodrizas de bosque Los Cuervos, Ixchiguán, San Marcos y se secaron a la sombra en un horno, hasta obtener un porcentaje de humedad <10%. Se obtuvieron extractos etanólicos usando un rotavapor; los aceites esenciales por hidrodestilación con Neoclevenger. Para los análisis de actividad se montaron ensayos biocidas contra bacterias, hongos, levaduras, larvas de insectos, nauplios de *Artemia salina* y actividad antioxidante. Los aceites esenciales presentaron un porcentaje de rendimiento menor del 0.3%, siendo muy volátiles y difícil su análisis. Los extractos etanólicos demostraron poca actividad antimicrobiana y larvicida (CIM: 1 mg/mL). La actividad atrapadora de radicales libres evaluados por DPPH dio buenos resultados con *Acaena elongata* (CI₅₀ de 0.22 ± 0.01 mg/mL) y *Rubus trilobus* (CI₅₀ 0.32 ± 0.01 mg/mL) y actividad moderada con *Buddleja megalcephala* (CI₅₀ 0.76 ± 0.04 mg/mL). Estos hallazgos estimulan a continuar la investigación de plantas nodrizas para conocer las moléculas responsables de la actividad antioxidante y definir su posible aplicación como antioxidantes para la prevención o tratamiento de patologías humanas o para la preservación de alimentos o uso cosmético, permitiendo que las comunidades las cuiden y aprovechen.

Palabras claves: *Amaranthus hybridus*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Lycianthes synanthera*

Abstract

Nurse plants are species useful for the survival and coexistence of other plants. *Abies guatemalensis* Rehder (fir) is an endemic species in danger of extinction and in order to ensure its survival, it is necessary to study their nurse plants. Six species of nurse plants were collected from Los Cuervos forest, Ixchiguán, San Marcos, they were dried in the shade and in an oven until a moisture content <10% was obtained. Ethanol extracts were obtained by rotavapor; biocidal assays were established against bacteria, fungi, yeasts, insect larvae, nauplii of *Artemia salina* and antioxidant activity. Essential oils were obtained by hydrodistillation with Neoclevenger. The essential oils yields were <0.3%, being very volatile and difficult to analyze. Extracts have little antimicrobial and larvicidal activity with a MIC: 1 mg/mL of the ethanol extracts. The free radical trapping activity assay evaluated by DPPH, yielded good results: *Acaena elongata* (IC₅₀ of 0.22 ± 0.01 mg/mL) and *Rubus trilobus* (IC₅₀ 0.32 ± 0.01 mg/mL) and a moderate activity in *Buddleja megalcephala* (IC₅₀ 0.76 ± 0.04 mg/mL). These findings stimulate research on nurse plants to know the molecules responsible for the antioxidant activity and to define its possible application for the prevention or treatment of human pathologies or for the preservation of food or cosmetic use, allowing the communities to take advantage and to take care of them.

Keywords: *Amaranthus hybridus*, *Cnidioscolus aconitifolius*, *Lycianthes synanthera*



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 no lucrativa en formato digital (Open Journal System-OJS) y en forma impresa, cuyos manuscritos, aceptados para publicación son sometidos a procesos de revisión y arbitraje por pares ciegos y externos, lo que garantiza al lector y autores un alto nivel y rigor académico.

Instrucciones generales (lea detenidamente todas las instrucciones para autor)

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

palabras), título en español e inglés, los nombres de los autores (nombre, apellido), su afiliación institucional (utilizar números arábigos en superíndice) y dirección electrónica para enviar correspondencia (se indicará al autor con un asterisco).

6. Los manuscritos que informen investigaciones con seres humanos o animales, deben incluir una sección de Aspectos Éticos del trabajo, incluyendo la aprobación por un Comité de Ética cuando corresponda, el consentimiento informado en caso de estudios con seres humanos y los procedimientos utilizados para el manejo ético de animales de laboratorio.
7. Las tablas, figuras e imágenes, deben ser enviadas en archivos separados (archivos complementarios OJS) y en el formato original utilizado (Ej. .doc, .docx, .xls, .xlsx, .png, .jpg, TIFF). Las imágenes en colores, deben tener un mínimo de 300 dpi de resolución. Para el caso de mapas, se debe colocar los créditos, sistema de coordenadas y escala.

Instrucciones específicas:

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

1. Artículo científico

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

- a. Resumen: Objetivos, metodología, resultados más relevantes y conclusión. No más de 250 palabras, Incluir 5 palabras clave
- b. Abstract (inglés): Objetivos, metodología, resultados más relevantes y conclusión. No más de 250 palabras, incluir 5 keywords



- c. Introducción
- d. Métodos
- e. Resultados
- f. Discusión
- g. Agradecimientos (incluir fuente y número de financiamiento)
- h. Referencias (Normas APA)
- i. Tablas y Figuras (Normas APA)

2. Artículos de revisión

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

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

3. Ensayos

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

- a. Resumen: no más de 250 palabras. Incluir 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)

6. Congresos científicos

Se publicarán ponencias orales o de poster, trabajos innovadores que cumplan con:

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

Proceso de publicación

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

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Revisores de este volumen

Christian Alvarez

University of Michigan, Estados Unidos

Miguel Alvarez-Correa

Instituto de Estudios del Ministerio Público, Procuraduría General de la Nación, Colombia

Carolina Arévalo Váldez

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

Eduardo Bello

El Colegio de la Frontera Sur, México

Jaime Carranza

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Oscar Cóbar

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt), Guatemala

José Cruz

Independiente

Verenice Escamilla Rivera

El Colegio de la Frontera Sur, México

Gloria Espíritu Tlatempa

Universidad Nacional Autónoma de México, México

Rafael Fernandez-Botran

Department of Pathology and Laboratory Medicine, University Louisville, USA

Hugo Figueroa

Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (Senacyt), Guatemala

Jorge García Polo

State University of New York, Estados Unidos

Manuel Gatica

Asociación Guatemalteca de Gastroenterología, Hepatología y Endoscopia Gastrointestinal, Guatemala

Adrian Gil

Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala

Anaite Herrera

Universidad Francisco Marroquín, Guatemala

Abraham Juarez

Organización Panamericana de la Salud sede Guatemala

Bruno Lomonte

Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Eduardo López Bastida

Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Cuba

Rodolfo Macdonald Kanter

Asociación de Médicos Escritores, Guatemala

Alfonso Matta

Asociación de Médicos Escritores, Guatemala

Maria Carlota Monroy

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

Vitelbina Nuñez

Universidad de Antioquía, Medellín, Colombia

Andres Prera

Guatemala Green Building Council, Guatemala

Rodimiro Ramos Reyes

El Colegio de la Frontera Sur, México

Ciencia, Tecnología y Salud

ISSN: 2409-3459

Vol. 4 Num. 2 jul/dic 2017

Revisores de este volumen

Blanca Samayoa

Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Vicente Sanchez Polo

Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (Igss),
Guatemala

Leslie Sechel

Centro de Estudios Junguianos de Psicología Analítica
y Universidad Rafael Landívar, Guatemala

María Teresa Meneses

Universidad Galileo, Guatemala

Sucelly Orozco

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

Claudio Ramirez

Hospital Centro Médico, Guatemala

Nadhikrishna Samayoa

Servicio de Gastroenterología, Instituto Guatemalteco de
Seguridad Social (Iggs), Guatemala

Leslie A. Sechel

Centro de Estudios Junguianos de Psicología Analítica y
Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Hector Tuy

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente,
Universidad Rafael Landívar, Guatemala

Roberto Zuchini

Asociación de Medicina Interna, Guatemala

Editorial

Artículos Científicos

Riqueza, distribución y estado de conservación de las especies de encino en Guatemala

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

Caracterización y modelado hidrometeorológico en la cuenca del río Atulapa, Guatemala

Guillermo Santos, Jorge Faustino, Ruperto Quezada

Evaluación de las vulnerabilidades y potencialidades del paisaje en el municipio de Sacapulas, Quiché, Guatemala

David Barrios, Andy Rodríguez, Manolo García

Demencia en enfermos renales crónicos mayores de 55 años en Guatemala: prevalencia y factores asociados

Amarily Alarcón-Calderón, Carmen de Tercero, Rodrigo Aguilar, Melany Tablas, Ismar López-Murales, Emma Montejo-Camposeco

Inhibición de los efectos coagulante, fosfolipasa A2 y proteolítico del veneno de Bothrops asper por plantas usadas tradicionalmente en Centroamérica

Patricia Saravia-Otten, Rosario Hernández, Nereida Marroquín, Gabriela García, Max Mérida, Sully Cruz, Nohemí Orozco, Armando Cáceres, José M. Gutiérrez

Prevalencia de la infección por Helicobacter pylori en la población que asistió a las clínicas de Aprofam durante 2006-2011

Yesenia A. Díaz, Jorge L. de León, Lesbia E. Rivera, Vivian L. Matta

Ensayos Científicos

La gestión del conocimiento en el marco de la prestación de servicios de atención prenatal dirigida a adolescentes primigestas

Hilda E. Valencia-Marroquín

Resúmenes de Congresos

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencia y Tecnología

7º Simposio Internacional de Investigación Multidisciplinaria / Ciencias de la Salud

Los artículos científicos son indexados en:

latindex ROAD

DOAJ DIRECTORY OF OPEN ACCESS JOURNALS



BASE

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