AUTORIDADES DE LA
UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

Dr. Eduardo Flores Castro
Rector

Dr. José Emilio Moreno
Vicerrector Académico

Dr. Jaime Javier Gutiérrez
Vicerrector de Investigación y Postgrado

Mgter. Roldán Adames Aparicio
Vicerrector Administrativo

Mgter. Germán Luis Beitía, M. Sc.
Vicerrector de Asuntos Estudiantiles

Mgter. Dennis Javier Chávez
Vicerrector de Extensión

Mgtra. Nereida E. Herrera
Secretaria General

Mgter. Carlos Bellido
Director General de los Centros Regionales Universitarios
y Extensiones Docentes

Revista de Investigación de la Universidad de Panamá

Vol. 27, N° 2

Publicación de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado

SCIENTIA

Revista editada por la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá, cuyo fin es contribuir al avance del conocimiento de las Ciencias Naturales. Se publica en la modalidad de un volumen anual, que se divide en dos números o fascículos y ocasionalmente números especiales.

EDITOR: Dr. ALFREDO FIGUEROA NAVARRO
Diagramación: Editorial Universitaria Carlos Manuel Gasteazoro - Universidad de Panamá.
Impreso en Panamá / 300 ejemplares.

Los artículos aparecidos en **Scientia** se encuentran indizados en LATINDEX.

CONSEJO EDITORIAL

Dr. ENRIQUE MEDIANERO S.
Programa Centroamericano de Maestría en Entomología
Universidad de Panamá
CP 0824
Panamá

Dr. FRANCISCO MORA
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad de Panamá
Panamá

Magíster LUIS D´CROZ
Centro de Limnología y Ciencias del Mar
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. JUAN ANTONIO GÓMEZ H.
Centro de Limnología y Ciencias del Mar
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. TOMÁS DIEZ
Facultad de Medicina
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. BRUNO ZACHRISSON
Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Panamá-IDIAP
Panamá

Dra. ANAYANSI VALDERRAMA C.
Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud
Panamá

Dr. HÉCTOR BARRIOS V.
Programa Centroamericano de Maestría en Entomología
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. JUAN BERNAL
Universidad Autónoma de Chiriquí
Panamá

Dr. HERMÓGENES FERNÁNDEZ MARÍN
Instituto de Investigaciones Científicas y Servicios de Alta Tecnología - INDICASAT
Panamá

Dra. CLAUDIA RENGIFO
Facultad de Medicina Veterinaria
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. YVES BASSET
Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales
Panamá

Dr. IVÁN ARMUELLES
Facultad de Informática, Electrónica y Comunicación
Universidad de Panamá
Panamá

Magistra CLEOPATRA de ALLEN
Facultad de Enfermería
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. DIONISIO OLMEDO
Facultad de Farmacia
Universidad de Panamá
Panamá

Dr. MODALDO TUÑÓN
Universidad Latina
Panamá

NOTA INTRODUCTORIA

El presente volumen de la revista **Scientia** lo integran ocho artículos de cuatro áreas de investigación. En el campo de la Física Aplicada se presenta un artículo donde se definen las zonas potencialmente afectas por tsunamis en las localidades de Viento Frío y Palenque en la provincia de Colón. En el campo de la educación científica se contempla una forma eficaz de trabajar los doce principios de la Química Verde en la enseñanza de la Química a través del trabajo de laboratorio que realizan los estudiantes. En el campo de la Bioquímica se exhiben los resultados de evaluación de la actividad Arilesterasa de PON1 como biomarcador del estrés oxidativo en infantes panameños con HbSS, HbAS Y HbAA.

Los otros artículos, que constituyen este volumen, son del campo de la Entomología. Se exponen los resultados de un estudio de 15 meses de muestreo en el dosel del bosque del Parque Natural Metropolitano. Tres de las contribuciones se enfocan en aspectos taxonómicos y de la biología de diversos grupos de escarabajos. Finalmente, el volumen lo completa una nota científica donde se reporta una especie de araña lobo para los bosques nubosos de Panamá.

1

DEFINICIÓN DE ZONAS DE INUNDACIÓN POR TSUNAMIS: PROPUESTA PARA LAS LOCALIDADES DE VIENTO FRÍO Y PALENQUE, PROVINCIA DE COLÓN, PANAMÁ

NÉSTOR LUQUE V.[1], SILVIA CHACÓN B.[2], YADIRA ECHEVERRÍA D.[1], ARKIN TAPIA[1], EDUARDO CAMACHO[1]

[1]Universidad de Panamá, Instituto de Geociencias,
Campus Octavio Méndez Pereira.
[2]Universidad Nacional de Costa Rica,
Red de Observación del Mar de Costa Rica.
Autor para la correspondencia: Néstor Luque Vergara,
barcelona010104@yahoo.com

RESUMEN

El 7 de septiembre de 1882, frente a las costas de la Comarca Guna Yala, ocurrió un sismo de magnitud Ms=7.9, originado en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá, el cual no solo fue sentido en todo el país, sino que generó un tsunami, con olas de al menos 3 metros de altura, que cobró la vida de 75 personas. El propósito de esta investigación fue modelar numéricamente este tsunami histórico, pero considerando un sismo de mayor magnitud, al incorporar algunos lineamientos del ejercicio CaribeWave/Lantex de marzo de 2015; con el fin de conocer el posible alcance de una inundación por tsunami, en un sector de la Costa Arriba de Colón, específicamente en los poblados costeros de Viento Frío y Palenque. El modelado numérico se realizó en la interfaz ComMIT, basada en el modelo MOST de la NOAA, y permitió definir la línea de máxima inundación por tsunami en las dos localidades, conocer el tiempo de arribo de la primera ola y generar mapas mediante los Sistemas de Información

Geográfica, de las alturas máximas del tsunami, profundidad de la inundación, velocidad de la corriente y de zonas seguras. Los resultados del modelado de este evento tsunamigénico con una magnitud extrema de Mw = 8.5, indican que, de darse una inundación por tsunami, los poblados de Viento Frío y Palenque podrían inundarse en su totalidad, con un tiempo estimado de arribo de la primera ola entre 15 a 20 minutos y alcanzar profundidades superiores a los dos (2) metros sobre el suelo y velocidades de corriente que representarían un alto nivel de peligro para los habitantes y las viviendas existentes.

PALABRAS CLAVES

Tsunamis, Zonas de Inundación por tsunamis, Mapas de Inundación, Provincia de Colón, Costa Arriba de Colón, Palenque, Viento Frío.

INTRODUCCIÓN

Los tsunamis se definen generalmente como una serie de olas oceánicas desencadenadas principalmente por grandes terremotos generados bajo el fondo marino. Los mismos, en su fase final y más destructiva, inundan las costas causando graves daños a las comunidades y ambientes costeros (Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2012).

A lo largo de la historia las inundaciones por tsunamis han causado incontables muertes, pérdidas económicas y devastación en muchas partes del mundo. Según la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (2012), hasta el año 2012, mundialmente ocurrieron 279 tsunamis que causaron más de 600,000 muertes en poblados costeros.

Estudios previos de amenaza por tsunamis en Centroamérica indican que el 43% de los terremotos mayores de 7.0 grados generan tsunamis en el Pacífico; mientras que para el Caribe el 100% y también sugieren que las zonas con mayor potencial para generar tsunamis en el Atlántico corresponden a las costas de Panamá, Costa Rica y Honduras (Fernández *et al*., 2000). En los últimos 500 años en ambas costas de Centroamérica se generaron aproximadamente 49 tsunamis, de los cuales por lo menos 12 corresponden a la costa Caribe (Molina, 1997).

Los tsunamis ocurren más frecuentemente en las costas del Pacífico en comparación con otras regiones, debido a los grandes sismos generados en el Cinturón del Fuego (Comisión Oceanográfica Intergubernamental, 2012), pero

el Mar Caribe también ha sido escenario de importantes eventos tsunamigénicos, a pesar de que ocurren con menor frecuencia, debido a que más del 50% de los límites de placas de esta región poseen naturaleza transcurrente (Pérez *et al.*, 2014). Panamá fue uno de estos escenarios el 7 de septiembre de 1882, cuando frente a las costas de la provincia de Colón y la Comarca Guna Yala ocurrió un sismo de magnitud 7.9 (Ms) con origen en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá (Figura 1) el cual desencadenó un tsunami que acabó con la vida de al menos 75 personas en el Archipiélago de San Blas (Camacho *et al.*, 2010).

El extremo Este del Cinturón Deformado del Norte de Panamá es considerado como una de las fuentes más importantes generadoras de grandes terremotos en el Caribe (Camacho *et al.*, 2010).

El sismo del 7 de septiembre de 1882 se sintió en todo el país y causó daños de diferentes magnitudes a las edificaciones; además de efectos geológicos como licuefacción del suelo y deslizamientos. Por otro lado, según el relato de los indígenas, en la Comarca Guna Yala, entre 15 y 30 minutos después del terremoto llegó la primera de las cuatro (4) olas que sumergieron por varios minutos las islas del Archipiélago de San Blas. El mayor daño lo causó la tercera ola que barrió con varias comunidades y cosechas (**Star and Herald**, 1882).

Las olas de este tsunami local alcanzaron por lo menos tres (3) metros de altura en las costas de Guna Yala y el Golfo de Urabá en Colombia, pero se dieron en menor escala frente a las costas de la Ciudad de Colón, donde el mareógrafo operado por la Compagnie Universelle du Canal Interoceánique de Panamá midió un tsunami de 0.62 m (**Star and Herald**, 1882).

Por las características de este evento sísmico y el posterior tsunami, en el mes de marzo del año 2015, se realizó un simulacro de alerta de tsunami como parte del Ejercicio CARIBEWAVE / LANTEX 2015, en el cual seleccionaron como uno de los escenarios, el tsunami histórico del 7 de septiembre de 1882 (Intergovernmental Oceanographic Commission, 2014).

Los tsunamis, como cualquier otra amenaza natural, no pueden evitarse, pero todas las iniciativas o ejercicios que permitan anticiparse a estos escenarios son muy útiles para preparar a la población. En este contexto, los mapas de inundación por tsunamis, que indican el alcance de una potencial inundación y qué áreas serían afectadas, constituyen herramientas que brindan las directrices básicas para desarrollar planes de respuesta, ordenar el territorio, establecer

rutas de evacuación o sensibilizar a la población expuesta; con el fin de atenuar los efectos de un tsunami, es decir, la pérdida de vidas o de propiedades y las afectaciones económicas.

En Panamá no se cuenta con una red de mareógrafos, personal 24/7 en un Centro de alerta de tsunamis, mapas de inundación por tsunamis y tampoco se han llevado a cabo ejercicios de modelados computacionales que permitan aumentar el conocimiento sobre los efectos que tendría un probable tsunami en algún sector del país. Razón por la cual este trabajo se convertirá en el primer intento o propuesta nacional para definir zonas de afectación por la ocurrencia de un tsunami local, similar al del 7 de septiembre de 1882.

PARTE EXPERIMENTAL

Adquisición y Generación de los datos

En esta primera fase se adquirieron los datos geoespaciales existentes del área de estudio, los cuales básicamente corresponden a datos topográficos y batimétricos.

Los datos topográficos de las zonas costeras de Viento Frío, Palenque y sus alrededores se obtuvieron de un Modelo Digital de Superficie (DSM) en formato raster, con resolución horizontal de 30 metros, debido a la inexistencia de hojas topográficas a escala 1:50,000 para esta región del país, las cuales hubiesen ofrecido datos con mejor detalle de las zonas en mención.

Un modelo digital de superficie es aquel que representa las elevaciones de la superficie de la tierra, producto de mediciones de radares, los cuales recuperan las señales espectrales de retorno de cualquier objeto que se encuentre en la superficie, incluyendo vegetación, edificios, entre otros.

El modelo utilizado para desarrollar esta investigación corresponde al generado por NextMap Intermap, el cual es producto de la fusión de datos del SRTM, ASTER y GEOTOPO, cuyo control y corrección vertical se realizó utilizando tecnología LiDAR ICESat a nivel global.

Los datos topográficos se requerían en un primer formato de salida, texto plano (ASCII); por tanto, el modelo digital de superficie, en formato raster, se convirtió a una capa vectorial de puntos, utilizando los Sistemas de Información

Geográfica, desde donde se exportaron los datos en formato de texto solo con las coordenadas X, Y, Z.

Los datos batimétricos se obtuvieron de cartas náuticas digitales a escalas grandes, 1:75,000 y escala media 1:400,000 (ver Cuadro 1).

Cuadro 1. Características de las Cartas Náuticas utilizadas para la obtención de los datos batimétricos

Carta Náutica	Escala	Año y Edición	Fuente
Carta de Aproximación a Cristóbal. Costa norte de Panamá **26066**.	1:75,000	1995 12ª Edición	Gobierno de EE.UU. Defense Mapping Agency.
Carta de Aproximación al Golfo de San Blas. Cayos Chichimé a Punta Rincón **26065**.	1:75,000	1996 4ª Edición	Gobierno de EE.UU. Defense Mapping Agency.
Golfo de Los Mosquitos a Punta Mosquito. Serie Internacional **4120**.	1:400,000	2005 1ª Edición	Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas (CIOH). Publicada por la Dirección General Marítima de la Armada, República de Colombia. Disponible en: http://www.cioh.org.co/derrotero/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=62

Se utilizaron dos (2) cartas de aproximación o acceso a puertos (Cristóbal y el Golfo de San Blas), para obtener la batimetría más cercana a la costa, y una carta náutica de una serie internacional de la Dirección General Marítima de la Armada de Colombia, para obtener la batimetría de aguas más profundas; esta última carta cubre el Mar Caribe aproximadamente hasta los 11 grados de latitud norte.

Las cartas náuticas fueron georeferenciadas, mediante el uso de los Sistemas de Información Geográfica, al Sistema de coordenadas proyectadas UTM y al Datum WGS84, con el fin de digitalizar los puntos que indicaban las profundidades del fondo marino de la región bajo estudio. Estos datos puntuales con las respectivas coordenadas X, Y, Z, también se exportaron en formato de texto.

Integración de los datos

Los datos de batimetría, topografía y de la línea de costa se compilaron en un solo archivo ASCII, para ser ingresados al programa MATLAB®, con el fin de interpolar todos los puntos y generar tres mallas de inundación de diferentes tamaños (A, B y C), donde la malla C constituye la de mayor resolución.

Estas mallas fueron exportadas desde el programa MATLAB® con la extensión .MOST, formato requerido para el modelado numérico del tsunami.

Modelado Numérico del Tsunami utilizando la Interfaz ComMIT

En esta fase de la investigación se modelaron los tres procesos de evolución del tsunami, la generación y deformación del terremoto, la propagación y la inundación de la costa, a través de la Interfaz ComMIT (Community Model Interface for Tsunami) versión 1.7.5, en español "Interfaz para la elaboración en comunidad de modelos de tsunamis".

ComMIT es una interfaz gráfica intuitiva, diseñada en torno al modelo numérico de tsunamis desarrollado por Pacific Marine Environmental Laboratory (PMEL) de la NOAA denominado MOST (*Method Of Splitting Tsunamis*); ha sido diseñado para que pueda ser usado de forma sencilla por los modeladores, que permita difundir y compartir los resultados en la comunidad regional a través del internet (NOAA, NCTR).

El modelado numérico se realizó en primer lugar para un escenario histórico en particular, del cual se obtuvieron los mapas de amenaza por altura del tsunami, profundidad de la inundación y velocidad de la corriente. El segundo ejercicio de modelado correspondió a la combinación o superposición de diferentes eventos tsunamigénicos probables de la región Caribe, con el fin obtener el escenario más crítico con relación a las alturas máximas del tsunami.

Parámetros considerados para el modelado

Para el modelado basado en un escenario en particular, se tomó como referencia el sismo histórico del 7 de septiembre de 1882 frente a las costas de Guna Yala y Colón, originado en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá; pero con una magnitud superior, 8.5 Mw, versus la magnitud estimada entre 7.7 Ms y 8.0 Ms del evento original (Camacho *et al.*, 1993). Esta magnitud se selec-

cionó siguiendo los parámetros establecidos para el ejercicio CARIBEWAVE/ LANTEX, realizado en el mes de marzo de 2015, y considerando también la subestimación que se suscitó con la magnitud del terremoto y las alturas del tsunami de Japón en 2011; en otras palabras, proponer un caso extremo de esta magnitud es aceptable para la región Caribe" (Japan Meteorological Agency, 2013, Tajima *et al.*, 2013).

El segundo ejercicio de modelado contempló más de un escenario o evento tsunamigénico, específicamente dieciséis (16) escenarios distintos, originados en ocho (8) fuentes sísmicas de la región Caribe, pero con combinaciones distintas de unidades fuentes (ver Cuadro 2).

Entre los escenarios regionales consideramos fuentes de República Dominicana, Haití, Puerto Rico, Honduras, Islas Caimán, Cuba, Antillas Menores, Colombia, Venezuela y fuentes locales, en los extremos oriental y occidental del Cinturón Deformado del Norte de Panamá, frente a las costas de Colón-Guna Yala y Bocas del Toro, respectivamente.

Cuadro 2. Fuentes Tsunamigénicas y Unidades Fuentes utilizadas para definir el escenario de máximas alturas del tsunami y las zonas de evacuación.

Escenario	Región /País	Unidades fuentes	Magnitud
1	Rep. Dominicana / Haití / Pto. Rico	at48 a,b - at57 a,b	9.0 Mw
2	Honduras / Islas Caymán	at68 a,b - at77 a,b	9.0 Mw
3	Haití / Rep. Dominicana	at82 a,b - at91 a,b	9.0 Mw
4	Cuba	at63 a,b - at67 a,b	9.0 Mw
5	Antillas Menores	at38 a,b - at47 a,b	9.3 Mw
6	Colombia (Caribe)	at16 a,b - at18 a,b	8.5 Mw
7	Colombia (Caribe)	at10 a,b - at14 a,b	8.2 Mw
8	Colombia (Caribe) / Venezuela	at15 a,b - at21 a,b	8.3 Mw
9	Rep. Dominicana / Pto. Rico	at87 a,b - at92 a,b	8.2 Mw
10	Haití	at82 a,b - at86 a,b	8.6 Mw
11	Honduras / Islas Caymán	at73 a,b - at76 a,b	9.0 Mw
12	Venezuela	at19 a,b - at21 a,b	8.5 Mw
13	CDNP-orie (Guna Yala-Colón-Pmá)	at6 a,b - at8 a,b	8.5 Mw
14	CDNP-occ (Bocas del Toro-Pmá)	at1 a,b - at3 a,b	8.0 Mw
15	CDNP-orie (Guna Yala-Colón-Pmá)	at4 b - at9 b	8.5 Mw
16	CDNP-orie (Guna Yala-Colón-Pmá) CaribeWave	at6 b , cw1, cw2	8.6 Mw

Estos dieciséis escenarios de tsunami, de la región Caribe, requirieron ser modelados previa e individualmente, antes de combinarse (linealmente) o superponerse utilizando una opción del ComMIT denominada "Create Composite Wave File", que permite obtener un archivo de salida que contiene el valor máximo de la altura del tsunami para cada punto de la malla de todos los modelos superpuestos; es decir valores máximos de las máximas alturas.

Esta superposición de modelos se realizó con el fin de conocer la máxima altura probable de un tsunami y con base en esto generar el mapa de zonas seguras para la región estudiada.

Generación de los Mapas

Los resultados correspondientes a la malla C (de mejor resolución), producto de los dos modelados, se exportaron del programa ComMIT en formato NetCDF con el fin de generar los mapas de inundación mediante los Sistemas de Información Geográfica.

Los datos resultantes corresponden a la altura del tsunami en metros sobre el nivel del mar, tanto en tierra como en el mar; a la profundidad de la inundación en la costa, dada en metros sobre el suelo; a la velocidad de la corriente, en metros por segundo, tanto en tierra como en el mar y, a la altura máxima del tsunami considerando 16 escenarios tsunamigénicos del Caribe; los cuales fueron convertidos a capas de datos continuos en el Sistema de Información Geográfica ArcMap®, con el objetivo de generar los mapas de las dos localidades a escala 1:25,000.

La selección de las escalas para la elaboración de los mapas se hizo tomando como referencia algunos lineamientos o recomendaciones del Manual de Planeamiento de Evacuación por Tsunamis, del Centro de Investigaciones de la Unión Europea y el Instituto para la protección y seguridad de los ciudadanos (Scheer *et al.*, 2011).

Los mapas de zonas seguras a escala 1:10,000, para las localidades de Viento Frío y Palenque se elaboraron a partir de los resultados del modelado numérico de 16 escenarios de tsunami de la región Caribe, donde se obtuvo una capa con los valores máximos de las alturas máximas de tsunamis que pudiesen ocurrir probablemente en esta región.

La línea, que marca la distancia máxima de penetración horizontal de la inundación en esta capa, se consideró el límite de una primera zona de evacuación. Esta zona en el mapa se diferencia de las demás por poseer una trama de líneas.

La segunda zona de evacuación en el mapa se señala en color amarillo (NTHMP-MES, 2011) y constituye una extensión de la zona de evacuación determinada a partir de modelado fue definida considerando la premisa de que todas las áreas costeras por debajo de los 10 metros de altitud se hallan bajo mayor riesgo de inundación ante tsunamis (Scheer *et al.*, 2011; NTHMP, 2011).

A partir de la cota de 10 metros, se definió la zona segura en tonalidades de color verde (NTHMP-MES, 2011), diferenciando una zona de media y otra de mayor seguridad por arriba de los 20 metros de altitud.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del modelado numérico del tsunami utilizando la interfaz ComMIT (ver.1.7.5) para un evento extremo local, basado en una magnitud sísmica de 8.5 Mw, indican en primera instancia que las comunidades de la Costa Arriba de la provincia de Colón sí se inundarían por el impacto de un tsunami, generado en el sector oriental del Cinturón Deformado del Norte de Panamá.

Según el modelo, la primera ola del tsunami arribaría a las costas de las comunidades de Viento Frío y Palenque aproximadamente a los 15 ó 20 minutos de ocurrido el sismo y esta ola sería la de mayor altura. La consecuente inundación podría tener una máxima penetración horizontal en la costa hasta unos 440 metros en la comunidad de Viento Frío y unos 630 metros en Palenque.

El modelado numérico permitió determinar las alturas máximas del tsunami en las costas de Viento Frío y Palenque, donde, en la primera comunidad, el tsunami podría alcanzar un máximo de hasta 9.1 metros sobre el nivel del mar (msnm), y en Palenque aproximadamente 9.6 msnm.

En Viento Frío, la altura del tsunami podría alcanzar hasta 7.8 msnm cerca de la línea de costa o playa, acentuándose hasta unos 8.5 msnm en el centro de la comunidad. Mientras que, en Palenque, cerca de la playa, la altura del tsunami podría ser de hasta 8.9 msnm y en las áreas con mayor concentración de viviendas, hasta 8.4 msnm.

La altura máxima del tsunami no sobrepasaría la cota de 10 metros tierra adentro, en ambas comunidades.

En cuanto a la profundidad de la inundación, tenemos que ésta constituye uno de los parámetros más significativos en cuanto a la seguridad de los habitantes expuestos a estas amenazas. (Walsh *et al.* 2005) señala rangos de profundidad del agua, donde aquellas que superen los dos (2) metros y que representan alturas más arriba de la estatura de las personas indican un alto nivel de riesgo; mientras que profundidades entre 0 y 0.5 metros, es decir, alturas del agua por debajo de las rodillas de las personas o levemente por arriba de ellas indican un nivel menor de riesgo.

Para el poblado de Viento Frío, el modelado arrojó profundidades entre cinco (5) y siete (7) metros cerca de la línea de costa y profundidades algo menores, entre dos (2) y cuatro (4) metros sobre el suelo, en el centro de la comunidad. La profundidad de la inundación en la localidad de Palenque es algo superior cerca de la playa, entre siete (7) y ocho (8) metros, y a lo largo del área más poblada podría variar entre uno (1) y cuatro (4) metros, hasta ir disminuyendo poco a poco tierra adentro.

Según Koshimura y Yanagisawa, 2007, la probabilidad de que se dañen las edificaciones es mayor cuando la profundidad de la inundación supera los dos (2) metros, y con profundidades cerca de los cinco (5) metros las viviendas podrían verse destruidas en su totalidad.

Con respecto al parámetro de velocidad de la corriente, tenemos que éstas muestran un alto grado de peligrosidad. Según el modelado, en Palenque, estas oscilarían entre 3.5 y 5.0 metros por segundo (m/s) a lo largo del poblado; mientras que, en Viento Frío, los resultados arrojan leves diferencias en sectores del mismo poblado; por ejemplo, en la parte central la velocidad podría oscilar entre 2.5 y 3.0 m/s, pero en los alrededores del pueblo oscilaría entre 3.5 y 5.0 m/s.

Sobre este tema, en estudios realizados por Koshimura y Yanagisawa, 2007, donde combinaron modelados numéricos de tsunamis y percepción remota, específicamente para la región de Indonesia, demostraron que, a la velocidad de 2 m/s, los daños en las viviendas comienzan a ser significativos; mientras que cerca de los 5 m/s ya se consideran destructivos.

Para las personas, velocidades de la corriente de 1.5 m/s ya representan dificultades para mantenerse en pie; y a partir de estas velocidades el peligro aumenta hasta ser constante a unos 5.0 m/s (Lagos, 2012; Koshimura y Yanagisawa, 2007; Walsh *et al.,* 2005; Shuto, 1993).

CONCLUSIÓN

- La Interfaz ComMIT demostró ser una herramienta de suma utilidad para obtener las primeras aproximaciones, ante una posible inundación por tsunami en la costa caribe de Panamá.

- Los resultados obtenidos indican que la costa arriba de Colón sí podría verse afectada por inundaciones de tsunamis locales, generados por sismos de gran magnitud en el Cinturón Deformado del Norte de Panamá.

- Las alturas del tsunami, profundidades de la inundación y velocidades de la corriente que se obtuvieron como resultado de esta investigación, deben considerarse como un primer modelo de precisión limitada que permite aproximarse al impacto potencial que tendría un tsunami en la costa. Cuando se disponga de los recursos necesarios y de los datos con mayor resolución, la precisión del modelo y de los mapas puede ser mejorada.

- Los resultados indican que ambas comunidades podrían ser afectadas en su totalidad y considerando el escenario extremo que fue modelado, las alturas máximas del tsunami podrían alcanzar hasta 9.6 metros sobre el nivel del mar para el caso de Palenque.

- La topografía casi plana en las comunidades de Viento Frío y Palenque daría lugar a profundidades de inundación potencialmente destructivas para las edificaciones existentes y de alto grado de peligrosidad para las personas al superar los dos (2) metros de altura.

- Las velocidades de la corriente que podrían darse, según el modelo, constituirían un gran peligro, ya que las mismas superan los 2 m/s en ambas comunidades, velocidades que dificultan la movilidad de las personas y comienzan a afectar las edificaciones.

- Con base en los resultados como los obtenidos por esta investigación, las autoridades correspondientes deberían capacitar a los habitantes de las

comunidades costeras sobre cómo actuar ante la ocurrencia de un sismo fuerte y un consecuente tsunami; además, han de darle prioridad a la definición de planes de evacuación, a la selección o construcción de refugios o sitios de reunión en estas comunidades y la realización de ejercicios como simulacros ante tsunamis.

SUMMARY

DEFINITION OF INUNDATION ZONES BY TSUNAMIS. A PROPOSAL FOR THE COMMUNITIES OF VIENTO FRÍO AND PALENQUE, COLÓN PROVINCE, REPUBLIC OF PANAMÁ

On September 7, 1882, off the coast of Comarca Guna Yala occurred an earthquake of Ms =7.9, originated in Deformed Belt North of Panama, which not only was felt throughout the country, but generated a tsunami with waves of at least 3 meters high, which killed 75 people. The purpose of this research was to model numerically this historic tsunami, but considering an earthquake of greater magnitude Mw=8.5, taking into account some exercise guidelines CaribeWave / Lantex in March 2015; in order to know the scope of a possible tsunami inundation in a sector of the Costa Arriba of Colón, specifically in the coastal towns of Viento Frío and Palenque. The numerical modeling was performed in the ComMIT interface based on the MOST model NOAA, and allowed to define the line of maximum tsunami inundation in the two locations, knowing the arrival time of the first wave, estimated between 15 to 20 minutes and generating maps using Geographic Information Systems, the maximum height of the tsunami, flood depth, current speed and safe areas.

Modeling results of this tsunamigenic event with extreme magnitude, indicating that if a tsunami inundation happened, the towns of Viento Frío and Palenque could be flooded completely and reach depths exceeding two (2) meters above the ground and current speeds that would represent a high level of danger for people and existing homes.

KEY WORDS

Tsunamis, Tsunami Inundation Zone, Inundation Maps, Province of Colón, Costa Arriba of Colón, Palenque, Viento Frío.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAMACHO, E. y VÍQUEZ, V. 1993. Historical Seismicity of the North Panama Deformed Belt. **Rev. Geol. Amer. Central**, 15:49-64.

CAMACHO, E., HUTTON W. y PACHECO, J. 2010. A New Look at Evidence for a Wadati Benioff Zone and Active Convergence at the North Panama Deformed Belt. **Bulletin of the Seismological Society of America**. 100, 343-348.

COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL. 2012. **Tsunamis: Las grandes olas**, segunda edición revisada. París, UNESCO, 16 págs., ilustr. Folleto 2012-4 de la COI. (Original: inglés).

FERNÁNDEZ, M., MOLINA, E., HAVSKOV, J. y ATAKAN, K. 2000. Tsunami and Tsunami Hazards in Central America. **Rev. Natural Hazards**, 22:91-116, 2000.

TAJIMA, F., MORI, J. y KENNETT, B. 2013. A review of the 2011 Tohoku-Oki earthquake (Mw 9.0): Large-scale rupture across heterogeneous plate coupling. **Rev. Tectonophysics** 586: 15-34.

INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION. 2014. Exercise Caribe Wave/Lantex 15. A Caribbean and Northwestern Atlantic Tsunami Warning Exercise, 25 March 2015. Volume 1: **Participant Handbook**. IOC Technical Series No. 118 vol.1. Paris: UNESCO. (English).

JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. 2013. Lessons learned from the tsunami disaster caused by the 2011 Great East Japan Earthquake and improvements in JMA's tsunami warning system.

KOSHIMURA, S. y YANAGISAWA, H. 2007. Developing fragility functions for tsunami damage estimation using the numerical model and satellite imagery.

LAGOS, M. 2012. Zonificación del riesgo de tsunami en el centro-sur de Chile. **Rev. Geografía Norte Grande**, 53: 7-21.

MOLINA, E. 1997. **Tsunami Catalogue for Central América 1539-1996.** Bergen, Norway, Institute of Solid Earth Physics, University of Bergen. Technical Report No. II 1-04.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). 2006. **Method of splitting tsunami** (MOST), Software Manual.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **ComMIT Manual.** Center for Tsunami Research (NCTR).

NATIONAL TSUNAMI HAZARD MITIGATION PROGRAM (NTHMP). MAPPING AND MODELING SUBCOMMITTEE. 2011. **Guidelines and Best Practices to Establish Areas of Tsunami Inundation for Non-modeled or Low-hazard Regions.**

NATIONAL TSUNAMI HAZARD MITIGATION PROGRAM (NTHMP). MITIGATION AND EDUCATION (MES) SUBCOMMITTEE. 2011. **Tsunami Evacuation Mapping Guidelines. Guidelines and Best Practices for Tsunami Evacuation Mapping Guidelines.**

PÉREZ, O. J., RODRÍGUEZ C. y ALONSO J. L. 2014. Earthquakes, tsunamis, and the related vulnerability in South-America and the Caribbean - an overview,

In: **Extreme Natural Hazards, Disaster Risks and Societal Implications**, Special Publication of the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG), No.1, Cambridge University Press, Cambridge, UK.

SCHEER, S., GARDI, A., GUILLANDE, R., EFTICHIDIS, G., VARELA, V., DE VANSSAY, B. y COLBEAU-JUSTIN, L. 2011. **Handbook of Tsunami Evacuation Planning**. European Commission Joint Research Centre (JRC); Institute for the Protection and Security of the Citizen (IPSC). SCHEMA (Scenarios for Hazard-induced Emergencies Management), Project n° 030963.

SHUTO, N. 1993. **Tsunami intensity and disasters. Tsunamis in the World**. Edited by TINTI, S. Kluwer Academic Publishers. p.197-216.

STAR & HERALD. 1882. September 12.

WALSH, T., TITOV, V., VENTURATO, A., MOFJELD, H. y GONZÁLEZ, F. 2005. Tsunami Hazard Map of the Anacortes Whidbey Island Area. Washington: Modeled Tsunami Inundation from a Cascadia Subduction Zone Earthquake. Washington Division of Geology and Earth Resources and NOAA TIME Center PMEL.

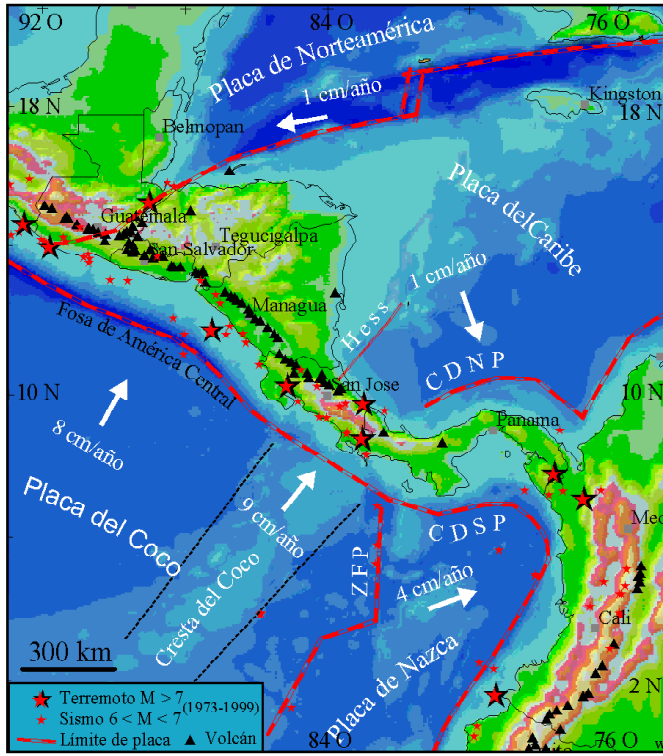
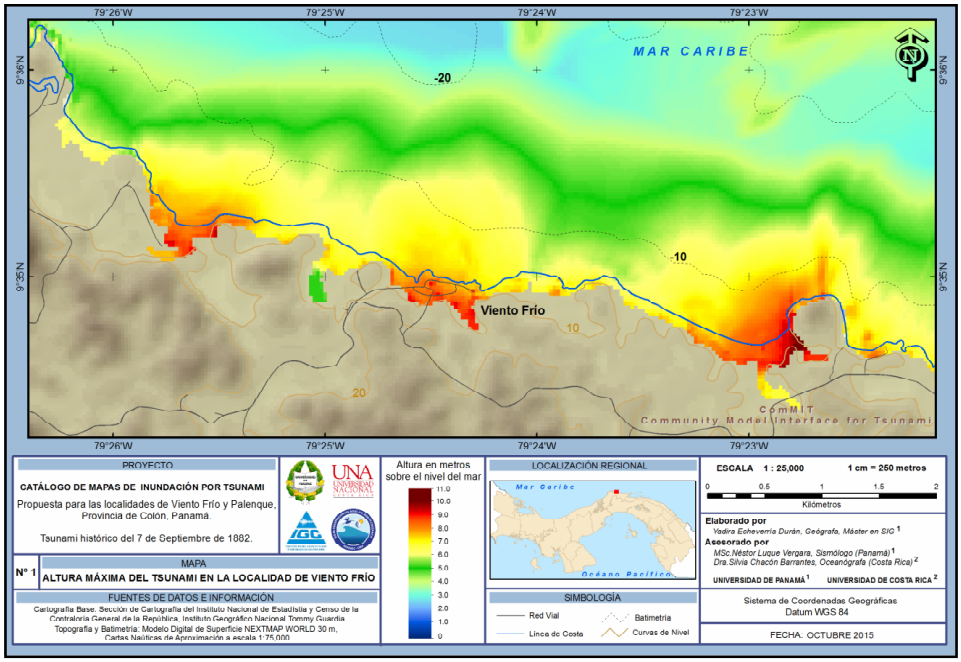
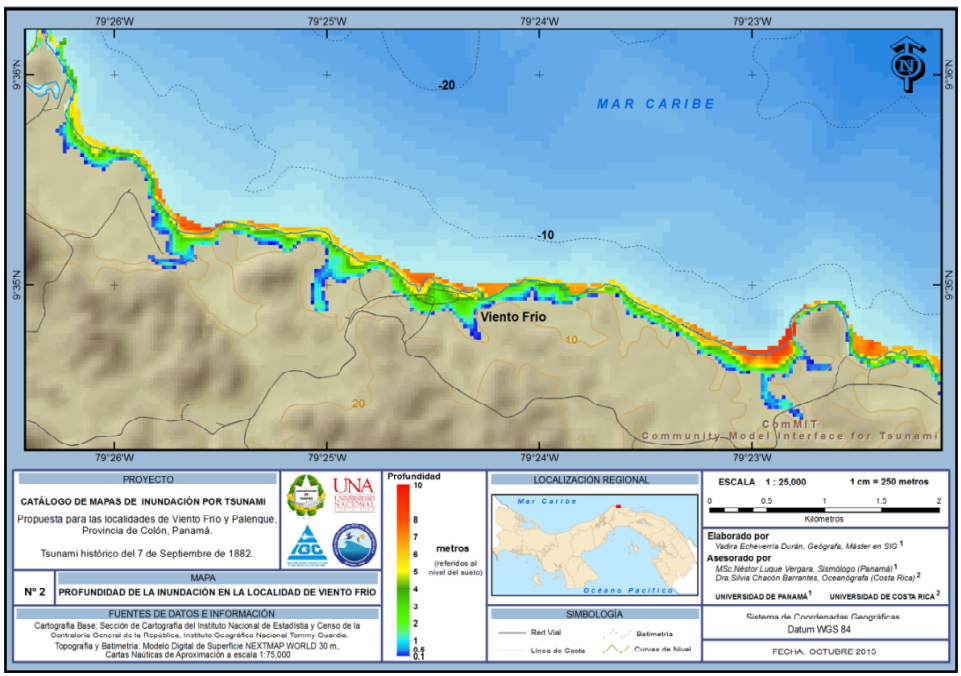


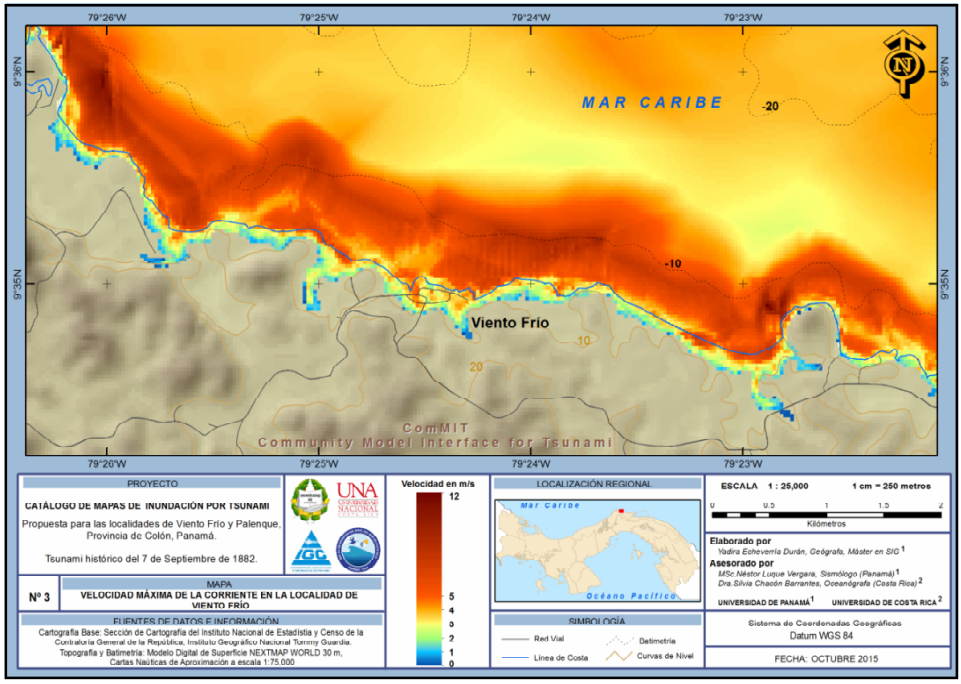
Figura 1. Marco tectónico regional, configuración de las placas tectónicas alrededor de América Central. CDNP/CDSP: Cinturón Deformado del Norte de Panamá, Cinturón Deformado del Sur de Panamá, ZFP: zona de Fractura de Panamá, Hess: Escarpe de Hess. Fuente: http:www.ineter.gob.ni (2018).



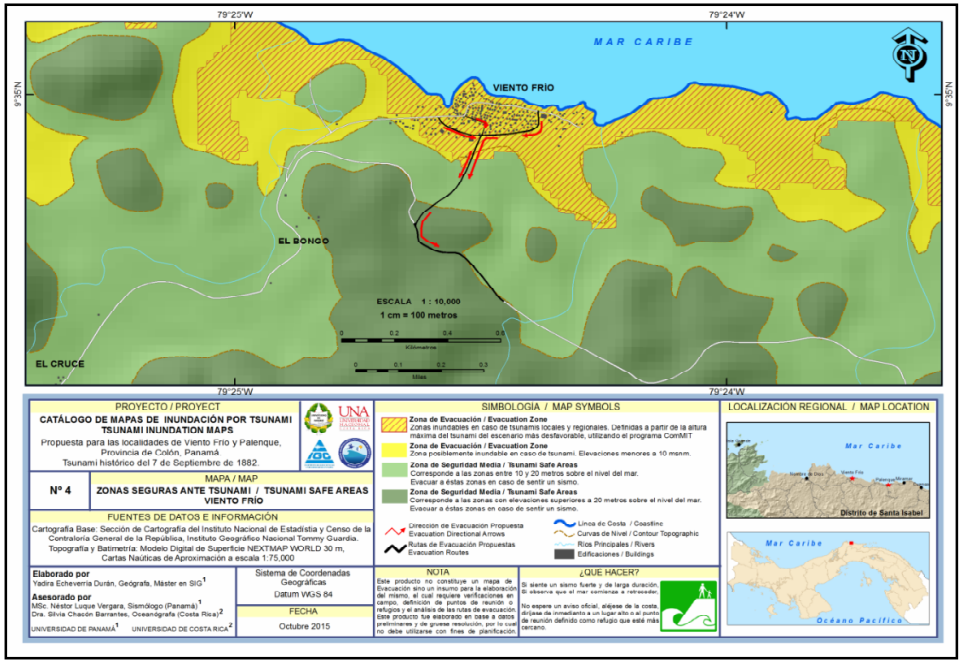
Mapa 1. Altura Máxima del Tsunami en la localidad de Viento Frío.



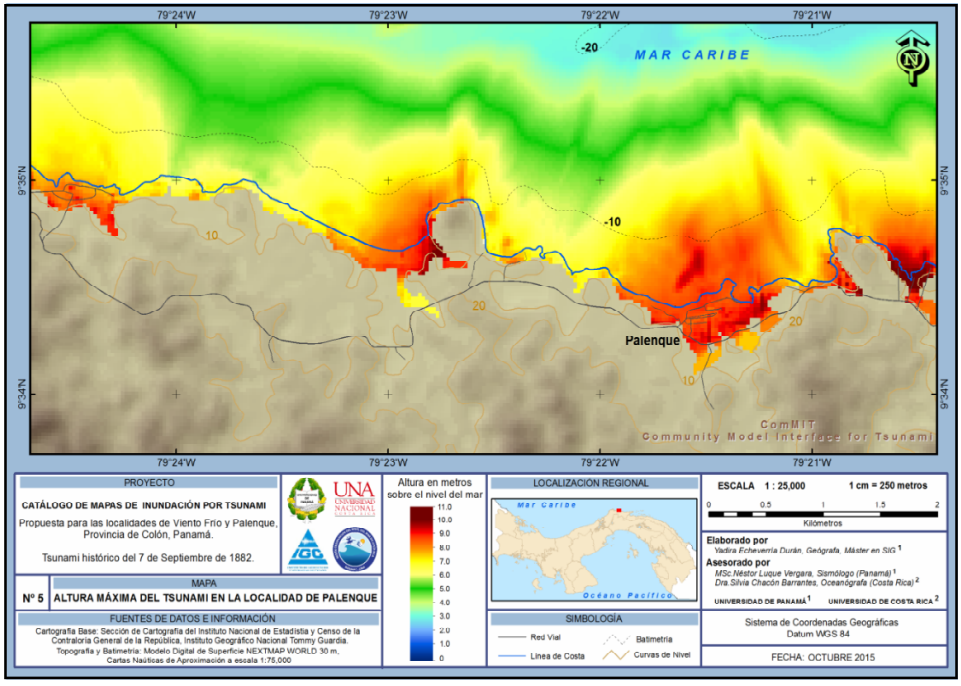
Mapa 2. Profundidad de la inundación en la localidad de Viento Frío.



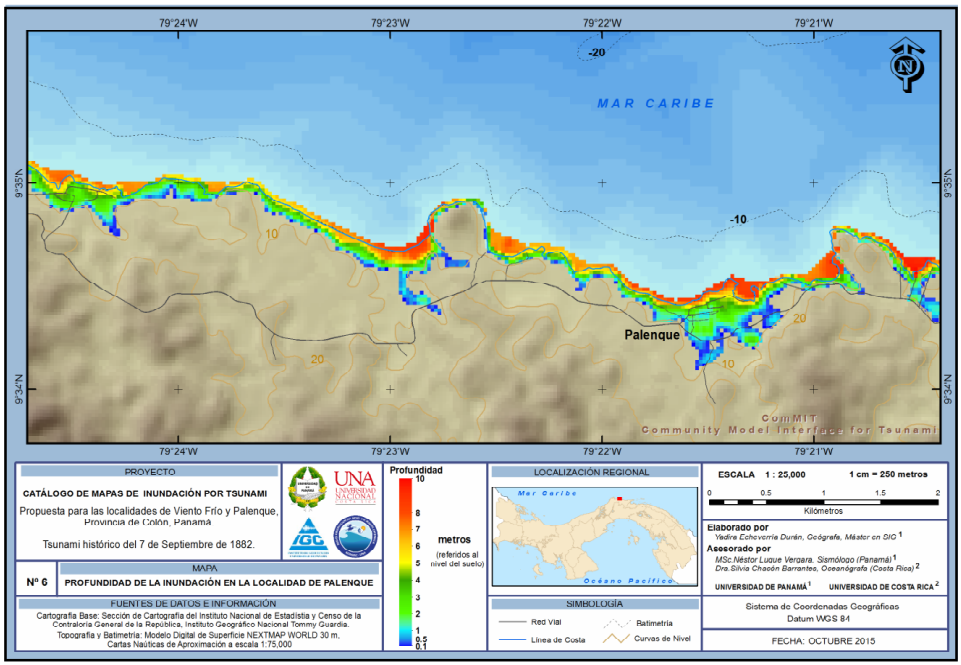
Mapa 3. Velocidad de la corriente en la localidad de Viento Frío.



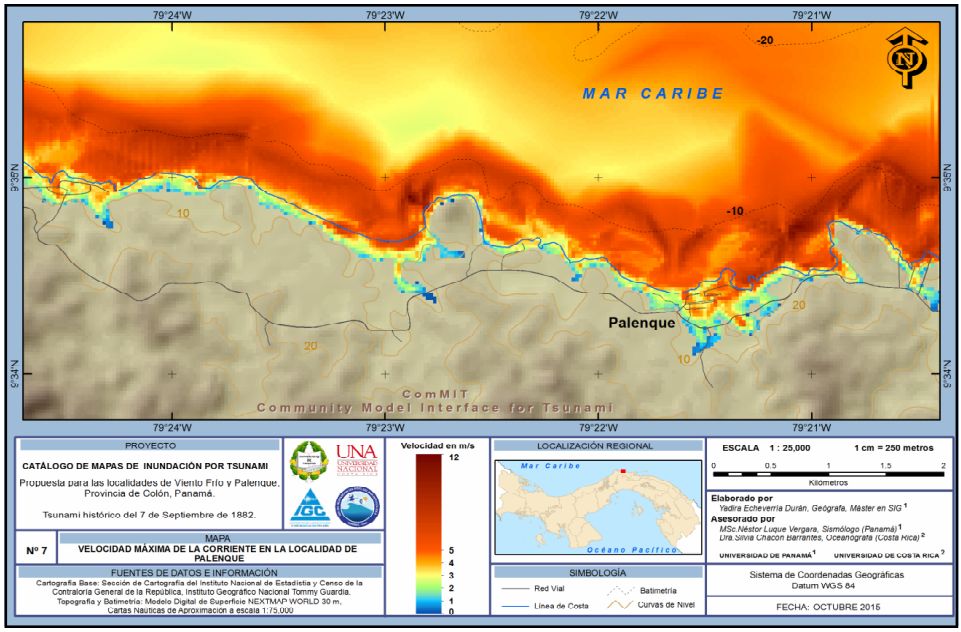
Mapa 4. Zonas Seguras ante Tsunamis en la localidad de Viento Frío.



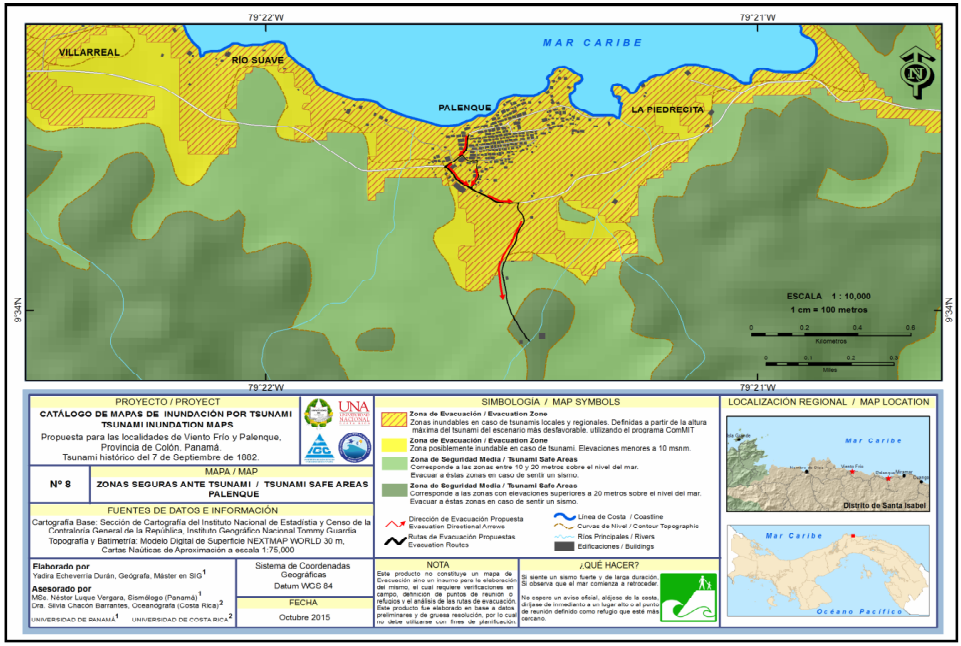
Mapa 5. Altura Máxima del Tsunami en la localidad de Palenque.



Mapa 6. Profundidad de la inundación en la localidad de Palenque.



Mapa 7. Velocidad de la corriente en la localidad de Palenque.



Mapa 8. Zonas Seguras ante Tsunamis en la localidad de Palenque.

Recibido: 17 de Agosto de 2017.
Aceptado: 27 de diciembre de 2017.

2

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ARILESTERASA DE PON1 COMO BIOMARCADOR DEL ESTRÉS OXIDATIVO EN INFANTES PANAMEÑOS CON HbSS, HbAS y HbAA

JELISSA LAGUAL[1], HELEN RODRÍGUEZ[1], ANA E. TEJADA[2], GLADYS COSSIO[3], TOMÁS A. DIEZ[2]

[1]Graduadas Lic. en Tecnología Médica, Universidad de Panamá, Facultad de Medicina.
[2]Universidad de Panamá, Departamento de Bioquímica y Nutrición, Facultad de Medicina.
[3]Universidad de Panamá y Hospital del Niño.
Autor para correspondencia: tdiez10gonzalez@gmail.com

RESUMEN

En este estudio se determinó la actividad sérica arilesterasa de PON1 en niños panameños de ambos sexos de hasta un año de edad, distribuidos en tres grupos estudio, dependiendo del tipo de hemoglobina: SS, AS y AA.

La actividad arilesterasa de PON1 fue cuantificada mediante un método cinético ultravioleta, con el objetivo de establecer un protocolo que permita, a cualquier laboratorio de genética de un hospital, medir esta actividad, la cual puede ser utilizada como un biomarcador del estrés oxidativo en pacientes con anemia falciforme o cualquier otra patología y que permita diseñar nuevos tratamientos para mejorar su calidad de vida.

Mediante un análisis estadístico de Tukey, se observó que el valor promedio de la actividad arilesterasa de PON1 obtenido en la población con HbAA fue mayor que en la

población con HbAS y HbSS, teniendo estas dos últimas valores muy cercanos (estadísticamente no diferentes), lo que evidencia que la medición rutinaria de la actividad arilesterasa de PON1 podría utilizarse como un biomarcador del estrés oxidativo en ésta, y otras patologías.

PALABRAS CLAVES: Anemia Falciforme, PON1, Arilesterasa, Estrés Oxidativo.

INTRODUCCIÓN

La Anemia Falciforme es una enfermedad hereditaria con un patrón de herencia autosómica recesiva, causada por una mutación que origina una hemoglobina anormal, la Hemoglobina S (HbS) (Martín Ruiz, *et al.*, 2008)).

Una de las alteraciones más importantes que presentan los pacientes con anemia falciforme es la vaso-oclusión. Esta alteración produce un desequilibrio entre vasoconstrictores y vasodilatadores, se favorecen los primeros y el flujo de la sangre se hace lento (Ferreira y Silva, 2013).

En los organismos aerobios, el oxígeno tiene una función fundamental en la producción de energía, pero a partir del oxígeno se producen las especies reactivas de oxígeno (ROS) que producen daño a nivel celular. Las especies reactivas de nitrógeno son otras especies altamente reactivas y, por lo tanto, también contribuyen al estrés oxidativo.

Como defensa, los organismos utilizan enzimas antioxidantes y moléculas no enzimáticas (sistemas antioxidantes endógenos y exógenos, respectivamente) que mantienen un equilibrio con las ROS. Los organismos vivos producen constantemente ROS sumadas a las que aporta el medio ambiente externo, cuando se produce un desequilibrio entre los ROS y los antioxidantes el estado que se alcanza es conocido como estrés oxidativo. Un aumento en el estado redox normal de una célula provoca efectos tóxicos que pueden conducir a daños en las células de los tejidos. Las ROS pueden oxidarlos componentes de la célula, incluyendo lípidos, ADN, proteínas y otras (Ferreira y Silva, 2013).

Evidencia reciente sugiere que el cuadro hemolítico que se observa en pacientes con anemia falciforme se debe al estrés oxidativo al cual está sometido el eritrocito. El estrés oxidativo provoca daños a las membranas y a componentes intracelulares, lo cual se relaciona con una disminución de los sistemas

antioxidantes, produciendo la salida del contenido hacia el espacio extracelular (Rusanova, 2010).

La enzima Paraoxonasa (PON1) es una esterasa calcio-dependiente que fue descrita por primera vez por su capacidad para hidrolizar productos del metabolismo de organofosfatos y pesticidas. La PON1 es una proteína de 43-45 kDa, expresada en varios tejidos, pero se sintetiza principalmente en el hígado y circula en sangre unida a la lipoproteína de alta densidad (HDL). La PON1 ha sido objeto de investigación, debido a su capacidad para proteger las lipoproteínas de baja densidad (LDL) contra el estrés oxidativo, reduciendo la formación de las células espumosas y previniendo el desarrollo de la aterosclerosis. El gen de la PON1 presenta polimorfismos que han sido asociados con enfermedades, incluyendo las coronarias, Parkinson, diabetes tipo 2 y enfermedad inflamatoria intestinal (Cataño, H.C., 2005, Nus *et al.*, 2008, Kopprasch *et al.*, 2003).

Tomando en consideración la asociación de la enzima PON1 a la HDL y la función protectora de esta última contra el riesgo aterógenico, consideramos importante estudiar el grado de actividad arilesterasa de PON1 en una muestra sana con HbAA y compararlo con muestras de una población portadora HbAS y una afectada por anemia falciforme HbSS. Más aún, dado que la determinación del grado de estrés oxidativo en una persona requiere la determinación de varios marcadores y actividades enzimáticas (entre ellos superóxido dismutasa, óxido nítrico sintasa, glutatión reductasa, glutatión peroxidasa, relación glutatión reducido/glutatión oxidado, especies reactivas de oxígeno y de nitrógeno), lo cual resulta oneroso en tiempo y dinero, consideramos importante estudiar la posibilidad de utilizar la determinación rutinaria de la actividad arilesterasa de PON1 como un solo biomarcador confiable de estrés oxidativo, no solo en individuos con anemia falciforme, sino también en otras patologías que cursan con este factor de riesgo.

PARTE EXPERIMENTAL

Universo y Muestra:

Las muestras se distribuyeron en tres brazos de estudio que incluyeron pacientes diagnosticados con HbSS, HbAS y Hb AA en el Programa Nacional de Tamizaje Neonatal con sede en el Hospital de Niño, en edades de hasta de 1 año. Se seleccionó un total de 36 participantes, 10 con HbAA, 19 HbAS y 7 HbSS. Los

criterios de inclusión fueron los siguientes: edad hasta 1 año, pacientes de ambos sexos con diagnóstico confirmado de HbSS, portadores de ambos sexos con diagnóstico confirmado de HbAS, lactantes de ambos sexos con hemoglobina normal HbAA y niños cuyos padres o tutores legales hubiesen firmado el Consentimiento Informado. Se adoptaron los siguientes criterios de exclusión: niños mayores de 1 año, niños falcémicos que presentes crisis o infección, niños con algún tipo de hemoglobinopatías y muestras hemolizadas, ya que la enzima pierde actividad (datos no publicados).

La Dra. Gladys Cossio, Dirección de Tamizaje Neonatal del Hospital del Niño, invitó a los padres de los niños a participar en este estudio. Los padres autorizaron la participación firmando el consentimiento informado.

Obtención y procesamiento de las muestras de sangre:

Personal idóneo del Laboratorio de Genética del Hospital del Niño extrajo 3 ml de sangre a cada participante mediante veno-punción del brazo. Las muestras de sangre se recolectaron en tubos sin anticoagulantes, preservadas a 4°C y transportadas en baños de hielo al Laboratorio del Departamento de Bioquímica y Nutrición, ubicado en la Facultad de Medicina de la Universidad de Panamá. Los 3 mL de sangre fueron centrifugados a 4°C y 5000 RPM durante 10 minutos. Con la ayuda de una micropipeta de 1000 µL, se separó el suero de cada muestra y se guardaron a 4°C hasta la medición de la actividad de la enzima.

Estandarización del método:

Para estandarizar el método se tomó en consideración la temperatura de almacenamiento de la muestra. La actividad arilesterasa de PON1 se midió en una muestra de suero recién obtenida; el resto de la muestra fue distribuída en tres tubos que se almacenaron durante 24 horas a las siguientes temperaturas: -30°C (congelador), 4°C (cuarto frío) y temperatura del laboratorio. Pasadas las 24 horas, se encontró que no hay pérdida apreciable de la actividad enzimática cuando se almacena a 4°C (datos no publicados). El espectrofotómetro se conectó a un baño a 25°C, por lo que todos los reactivos fueron pre-incubados a 25°C antes de iniciar la reacción. El pH de la reacción se ajustó a 8.0 con trishidroxiaminometano ya que la enzima tiene este mismo pH óptimo. La mezcla de reacción contenía $CaCl_2$, ya que el ion Ca^{2+} funciona como cofactor de la enzima.

Determinación de la actividad arilesterasa de PON1 (Richter R.J., *et al.*, 2009):

Para cada muestra se realizaron dos determinaciones, calculando el promedio de ambos.

A 10 µL de suero se agregaron 90 µL de agua destilada contenidos en tubo de vidrio de 5 mL, se mezclaron perfectamente por succión utilizando la micropipeta y se colocó en un baño a 25°C hasta nivelar la temperatura. La actividad arilesterasa se determinó mediante un método cinético siguiendo la velocidad de hidrólisis del fenilacetato 10 mM, a una longitud de onda de 270 nm, a 25°C durante 3 minutos. La mezcla de reacción contenía suero diluido, cloruro de calcio 0.9 mM, trishidroxiaminometano 20 mM pH 8 y fenilacetato 1.0 mM, en un volumen total de 3.0 mL. El ensayo se inició mediante la adición del sustrato. El coeficiente de extinción del fenol a 270 nm es 1310 $M^{-1}cm^{-1}$.

El cambio de absorbancia (D), el coeficiente de extinción del fenol, el factor de dilución de la muestra y los factores de conversión se utilizaron para calcular la actividad arilesterasa de PON1.

La actividad arilesterasa se expresó en U/mL; 1U/mL = 1 µmol de fenilacetato hidrolizado/min.

Actividad Arilesterasa = Δ Abs min/ε ε = 1310 $M^{-1}cm^{-1}$ = 1310 L/mol

$1x10^6$ µmol/1 mol • 1 mol/1310 L = 763.36 µmol/L

Actividad arilesterasa de PON1 U/mL = Δ Abs • 763.36 µM/min

Análisis Estadístico (Hervé and Williams, 2010):

Los resultados se expresaron en términos de los valores promedios de la actividad arilesterasa de PON1 ± desviación estándar. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey, método utilizado para comparar las medias de los tratamientos, por pares (de dos a dos), o sea para evaluar las hipótesis:

Ho: $\mu_1 = \mu_{2=} \mu_{3=} \mu_4$ (las medias son iguales);

H1: $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4$ (las medias son diferentes).

Consideraciones Éticas:

El protocolo de investigación se aprobó por el Comité de Bioética en Investigación del Hospital del Niño de Panamá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La población de estudio está compuesta por 36 infantes en edades de hasta de un (1) año, divididos en tres grupos diagnosticados con HbAA, HbAS y HbSS en el Programa Nacional de Tamizaje Neonatal del Hospital del Niño. No se hizo distinción de los infantes por edad (meses) y sexo. La Tabla No. 1 muestra los resultados obtenidos en las 3 poblaciones de estudio, expresados en términos de los promedios de la actividad arilesterasa de PON1 ± desviación estándar.

Tabla No. 1.
Actividad Arilesterasa (U/mL) en niños con HbAA, HbAS y HBSS

Fenotipo	n	Actividad Arilesterasa U/mL ± DS
HbAA	10	111,8681 U/mL ± 29
HbAS	19	53.36 U/mL ± 17
HbSS	7	46.59 U/mL ± 16

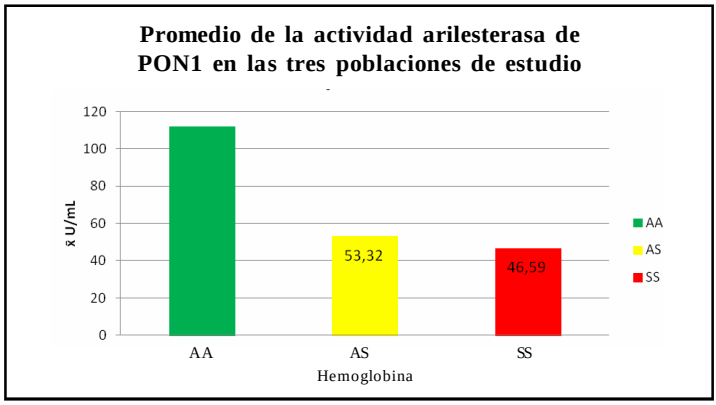
El máximo valor de la actividad arilesterasa de PON1 obtenido en individuos con HbAA (sanos) fue 154.96 U/mL, mientras que el valor más bajo fue 63.33 U/mL, obteniéndose un valor promedio de actividad de 111.86 U/mL; la desviación estándar fue 29 U/mL.

Para los individuos con HbAS (portadores), el valor máximo de la actividad arilesterasa de PON1 medido fue 86.36 U/mL, mientras que el valor más bajo obtenido fue 27.95 U/mL; el valor promedio de actividad fue 53.36 U/mL, con una desviación estándar de 17 U/mL.

Por otro lado, el valor máximo de la actividad arilesterasa de PON1 medido en individuos con HbSS (falcémicos) fue 76.86 U/mL y el menor fue de 31.68 U/mL. El valor promedio de actividad obtenido para este grupo fue 46.59 U/mL, con una desviación estándar de 16 U/mL.

Estos mismos resultados se aprecian mejor en la Gráfica No. 1.

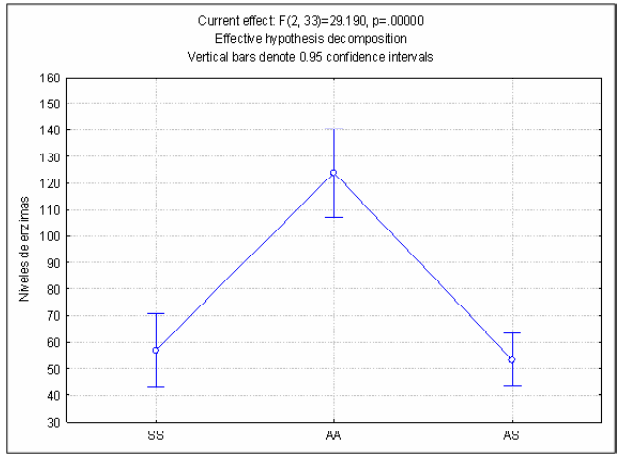
Gráfica No. 1



La Gráfica No. 1 muestra las diferencias aparentes del valor promedio de la actividad arilesterasa de PON1 obtenidos para los 3 grupos de estudio. Se observa claramente que el valor promedio obtenido en la población con HbAA la actividad arilesterasa fue mayor (más del doble) que en la población con HbAS y HbSS, teniendo estas dos últimas valores muy cercanos.

El análisis estadístico mediante la prueba de Tukey indica que existen diferencias estadísticas entre los tres grupos ($F=29.1$¸ $p = 0.0000$, $gl = 2,33$). El análisis de post comparación de medias indica que el grupo que provoca las diferencias es el sano HbAA ($p < 0.05$). Estos resultados se muestran en la Gráfica No. 2.

Gráfica No. 2. Diferencias en el promedio de la actividad arilesterasa de PON1 en los tres grupos de estudio de acuerdo con el análisis estadístico de Tukey.



Con base en el planteamiento de nuestra hipótesis, podemos inferir que el promedio de la actividad arilesterasa de PON1 en pacientes con anemia falciforme es mucho más baja que el encontrado para individuos sanos. Ciertamente, no esperábamos que el promedio de la actividad arilesterasa de PON1 en portadores fuese mucho más bajo que el registrado en individuos sanos.

Diatta *et al*. (2014) han encontrado un perfil lipídico anormal en individuos falcémicos (HbSS) que incluye una disminución en el nivel de HDL-C, un incremento en la relación TG/HDL-C y una gran fracción de LDL oxidada. Es probable que la disminución de la actividad arilesterasa de PON1 encontrada en este estudio en individuos con HbSS esté directamente relacionada con los bajos niveles de HDL-C hallados por Diatta en individuos falcémicos, dado que PON1 es una enzima asociada a la HDL.

En 1983, Eckerson *et al.* identificaron dos sitios polimórficos en la región codificadora del gen PON1, PON1-55 y PON1-192. El polimorfismo PON1-55 ATG da lugar a la isoforma (isoenzima) con un residuo de metionina (isoforma M), mientras que el polimorfismo PON1-55 TTG genera la isoenzima con un residuo de leucina (isoforma L). Esta última isoforma (L) se asocia a una mayor concentración de PON1 en suero. En forma similar, el polimorfismo PON1-192 CCA codifica para un residuo de glutamina (isoforma Q), mientras que el polimorfismo PON1-192 CGA genera la isoforma con un residuo de arginina (isoforma R). La isoforma R se asocia con una mayor actividad paraoxonasa de PON1, al ser estimulada con NaCl. Dependiendo de los alelos heredados, encontraremos pacientes falcémicos con genotipos QQ, RR o QR. En el mismo sentido, existen pacientes con genotipos LL, LM o MM. Se deduce que, dependiendo del genotipo, algunos pacientes tendrán mayor o menor protección antioxidante gracias a la actividad arilesterasa de PON1.

Menezes *et al.* (2014) exploraron la posible relevancia de PON1 en pacientes falcémicos en estado de crisis y en estado estable, estudiando su actividad y genotipo (investigando los polimorfismos M55L y R192Q) y sus asociaciones con marcadores de hemólisis, inflamación y disfunción de órganos. El grupo de estudio estuvo compuesto de 373 individuos, de los cuales 154 pacientes falcémicos estaban en estado estable, 23 pacientes falcémicos en crisis y 196 individuos controles (sanos). Estos investigadores encontraron que los pacientes falcémicos con el genotipo RR de PON1192 y MM de PON155 mostraron menos actividad PON1 que los otros genotipos. La actividad de PON1 fue más

alta en los pacientes falcémicos en crisis y en estado estable que los individuos del grupo control. La actividad PON1 fue más alta en individuos falcémicos con concentraciones más elevadas de HDL-C, mayores niveles de hierro sérico y niveles más bajos de ferritina.

Es evidente que existe una gran diferencia entre nuestros resultados y los encontrados por Menezes y sus colegas. Esta discrepancia en la mayor actividad de PON1 en los individuos del grupo falcémico puede deberse al sustrato utilizado por Menezes (entiéndase diferente) para medir la actividad de PON1 o a condiciones diferentes en su determinación. En nuestro grupo falcémico de estudio, los individuos en crisis fue un criterio de exclusión, hecho que también podría explicar la diferencia en los resultados.

Por otro lado, Ginsberg *et al.* (2009) estudiaron el efecto del polimorfismo genético de PON1 sobre la distribución poblacional de su actividad. Los resultados de estos investigadores mostraron que los efectos combinados de las dos variantes alélicas de PON1 produjeron una distribución poblacional que está asociada con un considerable grado de variabilidad en actividad enzimática entre individuos. También concluyeron que el polimorfismo 55M de PON1 afecta la cantidad de la enzima más que su actividad específica o preferencia de sustrato.

Nuestra investigación no incluyó el estudio del polimorfismo genético de PON1. Sin embargo, en otro estudio realizado por nosotros encontramos una gran variabilidad en la actividad arilesterasa de PON1 en la población panameña, dependiendo del polimorfismo genético del individuo (Tejada, 2007). Esto también podría explicar los resultados diferentes encontrados por Menezes, aun cuando esta investigadora tampoco realizó el estudio del polimorfismo genético de PON1.

CONCLUSIÓN

Dado que los individuos falcémicos están sometidos a un intenso estrés oxidativo y los resultados obtenidos en este estudio, podemos afirmar que logramos el objetivo principal de validar la actividad arilesterasa de PON1 como un biomarcador del estrés oxidativo en pacientes con anemia falciforme, tomando en consideración que hay una disminución del 60% del valor promedio de la actividad de la arilesterasa en estos pacientes, en comparación con los pacientes Hb AA. Más aún, encontramos que los individuos portadores también tienen

baja actividad arilesterasa de PON 1. Este nuevo conocimiento podría ser utilizado para predecir, y posiblemente prevenir, un episodio de crisis aguda y para diseñar nuevos protocolos de manejo de la enfermedad que contrarresten los efectos nocivos de las especies reactivas de oxígeno y otras especies oxidantes.

SUMMARY

EVALUATION OF SERUM ARILESTERASE ACTIVITY OF PONI AS A BIOMARKER OF OXIDATIVE STRESS IN PANAMANIAN CHILDREN WITH HbSS HbAS and HbAA.

In this study, the serum arilesterase activity of PON1 was determined in Panamanian children of both sexes up to one year of age, divided into three study groups, depending on the type of hemoglobin SS, AS and AA. The arilesterase activity of PON1 was quantified by an ultraviolet kinetic method, with the aim of establishing a protocol that allows any genetic laboratory of a hospital to measure this activity. Through the statistical analysis of Tukey, it was observed that the average value of arilesterase activity of PON1 obtained in the population with HbAA was higher than in the population with HbAS and HbSS, having these last two populations very close (not statistically different) values, which shows that routine measurement of arilesterase activity of PON1 could be used as a biomarker of oxidative stress in this and other diseases. This fact can also be used to allow the design of new treatments to improve their quality of life.

KEY WORDS

Sickle-Cell Anemia, PON I, Arilesterase, Oxidative Stress.

AGRADECIMIENTO

Este proyecto de investigación fue llevado a cabo gracias al patrocinio de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado de la Universidad de Panamá, a través de la Convocatoria Universitaria a Fondos de Investigación 2014.
Nuestro sincero agradecimiento al Dr. Enrique Medianero, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá, por el análisis estadístico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CATAÑO, H.C. 2005. **Perfil de distribución de los genotipos y fenotipos de Paraoxonasa (PON1) en 89 estudiantes de Farmacia y Bioquímica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.** Tesis de Doctorado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú, 55 pp.

DIATTA ALASSANE, CISSÉ FATOU, GUÈYE TALL FATOU, DIALLO FATOU, TOURÉ FALL AWA OUMAR, SARR GASTON NDÉNÉ, LOPEZ SALL PHILOMÈNE, SALL NIAMA DIOP and TOURÉ MÉÏSSA. Serum lipids and oxidized low density lipoprotein levels in sickle cell disease: Assessment and pathobiological significance. **African Journal of Biochemistry Research.** 2014, 8(2):39-42.

ECKERSON H., WYTE C., LA DU B. 1983. The human serum paraoxonase/arylesterase polymorphism. **Am. J. Hum. Genet.** 35:1126-1138.

FERREIRA, R.; SILVA, E.; Oxidative stress in sickle cell disease. 2013. **Rev. Bras. Hematol. Hemoter.** 35(1): 16-17

GINSBERG G, NEAFSEY, P, HATTIS D, GUYTON, KZ, JOHNS, DO, SONAWANE, B. Génetic polymorphism in páraoxonase 1 (PON1) 2009. Population distribution of PON1 activity. **J. Toxicol. Environ. Health B. Crit. Rev.** 12(5-6):473-507.

HERVÉ, A. and LYNNE J. WILLIAMS. 2010. "Newman-Keuls Test and Tukey Test". In **Encyclopedia of Research Design.** From https://www.utdallas.edu/~herve/abdi-NewmanKeuls2010-pretty.pdf.

KOPPRASCH, S., PIETZSCH, J., KUHLISCH, E., GRAESSLER, J. 2003. Lack of association between serum paraoxonase 1 activities and increased oxidized low-density lipoprotein levels in impaired glucose tolerance and newly diagnosed diabetes mellitus. **J. Clin. Endocrinol. Metab.** 88(4):1711-6.

MARTÍN RUIZ, M.R., FRÓMETA, E.D., DOMÍNGUEZ MENA, M., ALFONSO DÍAZ, K., SANTANA HERNÁNDEZ, ME, VIÑALES PEDRAZA, MI. 2008. Anemia Falciforme: Conocimientos y percepción actual del riesgo en jóvenes detectados al nacimiento como portadores sanos. **Rev. Cubana Genet. Comunit.** 2(3) 44-51.

MENEZES LYRA, CARVALHO, M., SALVINO, MA, CERQUEIRA, B., VILLAS BOAS, W. SOUZA GONCALVES, M. 2014. Paraoxonase 1 Activity and Pon 1 Gene Polymorphisms as a Potential Prognostic Biomarker in Sickle Cell Disease Blood. 124:4921.

NUS, M., SÁNCHEZ-MUNIZ, FJ, SÁNCHEZ-MONTERO, JM. 2008. Arilesterasa. Aspectos metodológicos y funcionales de una enzima clave en la enfermedad cardiovascular. Parte I. **An. R. Acad. Nac. Farm.** 74: 5-27

RICHTER, RJ, JARVICK, GP, FURLONG, CE. 2009. Paraoxonase 1 (PON1) status and substrate hydrolysis. **Toxicol. Appl. Pharmacol.** 235:1-9.

RUSANOVA Iryna. 2010. **Determinación de los haplotipos de anemia falciforme y su correlación con los niveles de estrés oxidativo en pacientes de 6 meses a 15 años de edad en Panamá.** Tesis Doctoral. Universidad de Granada, España, Instituto de Biotecnología. 153 pp.

TEJADA, Ana. 2007. **Estudio del polimorfismo genético y la actividad enzimática de PON-1 en grupos raciales de Panamá.** Tesis de Maestría en Ciencias Biomédicas, Universidad de Panamá. 87 pp.

Recibido: 3 de enero de 2017.
Aceptado: 10 de octubre de 2017.

3

QUÍMICA VERDE: UN ENFOQUE SOSTENIBLE PARA EL TRABAJO EXPERIMENTAL EN LABORATORIOS DE QUÍMICA ORGÁNICA EN LA UNIVERSIDAD DE PANAMÁ

ABDIEL E. APONTE[1,2], LILIA CHÉRIGO[1,3] Y NIDIA ROMERO[3]

[1] Centro de Investigaciones para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias Naturales (CIMECNE).
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Universidad de Panamá.
[2] Departamento de Química-Física.
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Universidad de Panamá.
[3] Departamento de Química Orgánica.
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología. Universidad de Panamá.

RESUMEN

Una forma eficaz de trabajar los doce principios de la Química Verde en la enseñanza de la Química es a través del trabajo de laboratorio que realizan los estudiantes. En este contexto se plantea la presente investigación, donde se incorpora un enfoque verde dentro de los Trabajos Prácticos del curso de Química Orgánica para estudiantes de Medicina. Se diseña una guía de laboratorio enfocada a redimensionar la actividad experimental bajo este enfoque de procesos limpios y con el uso de técnicas de microescala, en la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, de la Universidad de Panamá.

Se aplicaron algunos índices de evaluación de qué tan verde es un proceso químico a través de una escala tipo Likert, para conocer el grado de acercamiento verde alcanzado por los experimentos

propuestos. En general, se categorizó la guía con 56 % de los experimentos provistos con un buen acercamiento verde.

Dentro de los aspectos mejorados, se disminuyó el consumo de reactivos, evitándose la exposición prolongada e innecesaria a estos y, por lo tanto, el riesgo de accidentes. Al incorporar los principios de la Química Verde en cada experimento, la dinámica del trabajo tradicional en el laboratorio se modificó, con una participación más activa de los estudiantes, al estar pendientes de cada paso del proceso para evaluarlo y compararlo con la métrica verde aplicada.

PALABRAS CLAVES

Química verde, indicadores verdes, trabajos prácticos

INTRODUCCIÓN

Según han mostrado numerosos estudios científicos convergentes, nos enfrentamos en la actualidad a una situación marcada por toda una serie de graves problemas socio-ambientales estrechamente relacionados. Una situación de auténtica emergencia planetaria que plantea un desafío para hacer posible incluso la continuidad de la especie humana. Este hecho ha dado lugar a numerosos llamamientos de especialistas y de organismos internacionales y, en particular, a la celebración de las llamadas Cumbres de la Tierra en Río de Janeiro, en 1992, en Johannesburgo diez años después, y en 2012, la denominada Río + 20. En ellas se reclama la participación de los educadores de todas las áreas y niveles, tanto de la educación formal como de la no reglada, para que contribuyamos a formar ciudadanos y ciudadanas conscientes de la actual situación de emergencia planetaria y preparados para participar en la necesaria toma de decisiones.

En noviembre del 2014, año en que finalizó la "Década de la Educación por un Futuro Sostenible" (2005-2014), tuvo lugar en Japón la Conferencia Mundial sobre Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), cuyos fines fueron, además de hacer un balance de lo conseguido en la Década, aprobar un Programa de Acción Mundial para dar continuidad a los objetivos de la EDS. Se señalaba, entonces, que debemos modificar nuestro modo de pensar y de actuar como individuos y como sociedad, si queremos alcanzar, precisamente, el objetivo de la educación para el Desarrollo Sostenible.

La sustentabilidad de nuestra civilización depende de si podemos suministrar fuentes de energía, alimentos y productos químicos a la creciente población sin comprometer la salud de nuestro planeta a largo plazo. El desarrollo de las herramientas para lograr esos objetivos es un gran reto científico, tecnológico y social.

La industria química, los gobiernos, la academia y las organizaciones no gubernamentales han tomado diferentes medidas para enfrentar el reto de la interfase entre la química y la sustentabilidad. Entre ellas se encuentran la Iniciativa Global para el Cuidado Responsable del Consejo Internacional de Asociaciones Químicas, las conferencias sobre química sustentable de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y diversas leyes y convenios internacionales para la regulación de los productos y procesos químicos.

Uno de los conceptos más atractivos en química para lograr la sustentabilidad es la Química Verde o sostenible, cuyo objetivo es la utilización de un grupo de principios que reducen o eliminan el uso o generación de sustancias peligrosas en el diseño, manufactura y aplicaciones de productos químicos, lo que en muchos casos implica el rediseño de los productos y procesos utilizados. (Doria Serrano, 2009).

La Química Verde cuenta con doce principios, originalmente definidos por Anastas y Warner (1998) que se han aplicado en el desarrollo de una amplia gama de productos y procesos cuyo objetivo ha sido minimizar los riesgos a la salud y al medio ambiente, reducir la generación de desechos y prevenir la contaminación.

PRINCIPIOS DE QUÍMICA VERDE	
Nº	**PRINCIPIO**
1	Prevenir la generación de residuos.
2	Economía de los átomos.
3	Síntesis químicas menos peligrosas (tóxicos).
4	Diseño de productos químicos seguros.
5	Empleo de disolventes seguros.
6	Empleo de disolventes seguros.
7	Empleo de materias primas provenientes de recursos renovables.
8	Reducción de productos derivados.
9	Uso de procesos católicos homogéneos, heterogéneos y microheterogéneos.
10	Diseño para la degradación.
11	Análisis de contaminantes en tiempo real.
12	Minimización de riesgos de accidentes químicos.

La Química Verde presenta una nueva filosofía y establece estándares altos para llevar a cabo la investigación y producción de sustancias y procesos químicos, maximizando sus beneficios y minimizando los efectos secundarios que pueden ser dañinos al ser humano y al medio ambiente. A pesar de los éxitos alcanzados durante los últimos 15 años, la disciplina está en sus inicios y aún quedan muchos retos que deben enfrentarse en laboratorios de investigación y desarrollo de institutos, universidades e industrias, por lo que los químicos deben poner en juego sus conocimientos y creatividad.

Con la finalidad de contribuir al cambio educativo que favorezca la búsqueda cotidiana de la sostenibilidad y teniendo en consideración los 12 principios de la Química Verde, las diferentes áreas en las que ésta aplica y la necesidad de implementar todo un enfoque dentro de la Química, tanto a nivel industrial como en los laboratorios de investigación y docencia, se han propuesto escalas para evaluar qué tanto acercamiento verde tiene un método experimental, desde el ámbito educativo. Para realizar esta labor y avanzar en el sentido antes indicado, se ha propuesto el empleo de una herramienta metodológica mixta: cualitativa, mediante un código de color y semicuantitativa, a través del uso de una escala numérica tipo Likert, que permite evaluar qué tan verde es un proceso, con fundamento en los 12 principios de la Química Verde. (Morales y col., 2011; F; Fernández y col., 2013).

En la implementación de una estrategia limpia o verde, la educación debe ser un componente fundamental y esto significa modificar la forma en la que se consideran las interacciones entre las actividades del hombre/medio ambiente, concatenadas con las actividades de laboratorio que son el centro de la formación a nivel superior. En el currículo de la química implica cambiar la forma de pensar y actuar de los docentes para educar, en una química socialmente responsable, a los futuros profesionales de este campo del conocimiento y disciplinas afines.

PARTE EXPERIMENTAL

El proyecto se desarrolló mediante etapas sucesivas:

a) Diagnóstico: aplicación de una encuesta a los estudiantes al inicio del semestre, sobre aspectos generales del trabajo en el laboratorio de química.

b) Desarrollo e implementación de una guía con prácticas verdes: experimentos de laboratorio rediseñados, que se incorporaron y validaron durante el semestre con el grupo experimental.

c) Análisis de las prácticas tradicionales del curso de Química Orgánica: se discutió el impacto ambiental y los riesgos asociados con cada uno de los reactivos utilizados en las actividades de laboratorio, en el transcurso de un semestre, las cantidades empleadas y su disposición final.

d) Análisis de las prácticas experimentales con enfoque Verde: se clasificaron las sustancias empleadas, de acuerdo a las normas internacionales vigentes y se ponderaron índices cualitativos y semi-cuantitativos que evalúen el acercamiento verde de un desarrollo experimental (Fernández, 2013).

e) Valoración de los efectos producidos a partir del cambio de reactivos y el uso de las técnicas de microescala en el laboratorio de Química Orgánica: se aplicó un cuestionario al finalizar la implementación del enfoque de QV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

a) Diagnóstico

Con el objetivo de identificar en qué condiciones se encuentran los laboratorios de química, cómo se trabaja y el conocimiento que tienen los estudiantes sobre normas de seguridad, se realizó una encuesta sobre aspectos generales del trabajo en el laboratorio de química, aplicada al inicio del semestre a estudiantes de Medicina. En el cuadro N° 1 se puede visualizar las preguntas realizadas y sus respectivas ponderaciones por parte de los estudiantes.

Podemos destacar del cuadro N° 1 que todos los estudiantes encuestados están al tanto de la presencia de cámara de extracción, extintores y de un lugar para guardar los útiles escolares. Cada uno de estos elementos es indispensable para el trabajo seguro en un laboratorio de química, por lo que se infiere, a partir de las respuestas ofrecidas, que los estudiantes de medicina cuentan con la información sobre los equipos necesarios para trabajar con seguridad, haciéndose necesario explorar si saben para y por qué utilizar la cámara de extracción y los extintores.

Por otra parte, más de la mitad de los estudiantes encuestados no sabe si los laboratorios cuentan con un sistema de alarma y botiquín para emergencias, en caso de riesgos o peligros mientras se está trabajando. Un 24 % de los estudiantes desconoce las normas de actuación frente a una emergencia, lo cual indicaría falta de información previa, específicamente cuando cursa química general.

Resultan de especial interés los aspectos antes señalados, porque de ocurrir un accidente, algunos de los estudiantes no tendrían idea de cómo actuar, aumentando el riesgo para el resto del grupo.

De manera general podemos indicar que la valoración de los encuestados con respecto al cumplimiento de las normas personales para trabajar en el laboratorio oscila entre 92 y 100 %, correspondiendo éstas, respectivamente, a la utilización de gafas de seguridad y bata, lavarse las manos al concluir el laboratorio y no consumir alimentos dentro del laboratorio.

Otros aspectos positivos a resaltar sobre las normas de seguridad que se mantienen en el laboratorio de química orgánica es la señalización que recuerda las buenas prácticas en el laboratorio, se cuenta con dos puertas que permanecen abiertas durante la realización de los experimentos y el laboratorio tiene una buena ventilación, que favorece la renovación del aire interior.

Cuadro N° 1
Distribución porcentual de las respuestas a las interrogantes de la encuesta diagnóstica

Preguntas	Sí	No	No se
¿El laboratorio de química posee un sistema de alarma?	17,7 %	29 %	53,3 %
¿El laboratorio cuenta, mínimo, con dos puertas?	54,8 %	41,9 %	1,6 %
¿En el laboratorio hay señalizaciones para recordar normas y cuidados al realizar los experimentos?	96,8 %	3,2 %	
¿El laboratorio cuenta con una cámara de extracción?	100 %		
¿Cuenta el laboratorio con un extintor?	100 %		
¿El laboratorio está ventilado?	88,7 %	11,3 %	
¿Se dispone de un lugar específico para guardar el material escolar?	100 %		
¿Existe un botiquín equipado en el laboratorio?	29 %	9,7 %	61,3 %
¿Te han informado sobre las normas de actuación ante una emergencia?	74,2 %	24,2 %	1,6 %
¿Se trabaja siempre con puertas cerradas?	19,4 %	75,8 %	6,5 %
¿Te pones la bata al entrar?	100 %		
¿Lees las guías de los experimentos?	98,4 %	1,6 %	
¿Alguna vez has consumido alimentos en el laboratorio?	3.2 %	93,5 %	
¿Utilizas gafas protectoras durante algunos procesos?	91.9 %	4,8 %	

b) Desarrollo e implementación de una guía con prácticas verdes

En esta etapa del proyecto se realizó una búsqueda exhaustiva de experimentos con enfoque verde en bases de datos. La selección de las prácticas se fundamentó en su mayoría a la disponibilidad de los reactivos en el Departamento de Química Orgánica y de acuerdo a los principios de la Química Verde. A continuación, se enlistan los doce experimentos seleccionados:

Experimento #	Título
1	Fuerzas intermoleculares.
2	Análisis químico cualitativo - detección de N, S, Cl, Br, I
3	Construcción de modelos moleculares.
4	Obtención de acetileno y comprobación de sus propiedades.
5	Identificación y clasificación de alcoholes.
6	Identificación de cetonas y aldehídos.
7	Síntesis de aspirina.
8	Ácidos carboxílicos y algunos de sus derivados.
9	Aislamiento y caracterización de proteínas.
10	Yodación aromática electrofílica.
11	Condensación aldólica cruzada sin solventes.
12	Reacción de esterificación por irradiación con microondas.

Podemos destacar que se incorporaron nuevos procedimientos y contenidos, como el de fuerza intermolecular, condensación aldólica cruzada sin solventes y reacción de esterificación por irradiación con microondas. También, se ajustaron algunos temas con reactivos verdes como el caso del experimento de análisis químico cualitativo en el que se cambió el uso de sodio metálico por carbonato de sodio con zinc. El experimento para la obtención de acetileno se realizó a microescala, mediante el uso de jeringas. Otros experimentos cualitativos de identificación (experimentos 5 y 6), también se ajustaron a microescala.

c) Análisis de las prácticas convencionales del curso de Química Orgánica

Con el objetivo de evaluar de manera cualitativa el impacto ambiental y los riesgos asociados con cada uno de los reactivos utilizados en las actividades de laboratorio, en el transcurso de un semestre. Se clasificaron las sustancias empleadas, de acuerdo a las normas internacionales vigentes y se ponderaron a través de índices que evalúen el acercamiento verde de un desarrollo experimental.

Para visualizar el cambio efectuado en las prácticas experimentales del curso de química orgánica se compararon los solventes empleados, estudiándose los volúmenes respectivos que se consumían durante el semestre en la guía de experimentos tradicional y en la nueva guía con el enfoque de la Química Verde. El empleo de solventes orgánicos implica un problema de contaminación ambiental y riesgo para la salud. Sin olvidar el alto costo económico que tiene la institución en su adquisición. Es por ello que importa elaborar guías de laboratorios donde se empleen volúmenes pequeños de solventes orgánicos. Podemos resaltar que con la guía de experimentos provista del enfoque de la Química Verde se reduce hasta un 96 % el volumen utilizado de acetona, 93 % de formaldehido, 90 % de metanol y 40 % de etanol. Por otra parte, se evidenció la disminución de sólidos orgánicos en las nuevas prácticas con enfoque verde, con respecto a la guía tradicional.

d) Análisis de las prácticas experimentales con enfoque verde

Cabe resaltar que con la guía de experimentos dotada del enfoque de la Química Verde se logran desarrollar las mismas competencias que con la guía tradicional, y otras habilidades y destrezas como trabajar a microescala.

Para valorar qué tan amigable con el ambiente es el experimento desarrollado, se utilizó una escala de colores, empleando los principios de la Química Verde (Cuadro N° 2).

Cuadro N° 2
Escala de colores para análisis y evaluación de un experimento

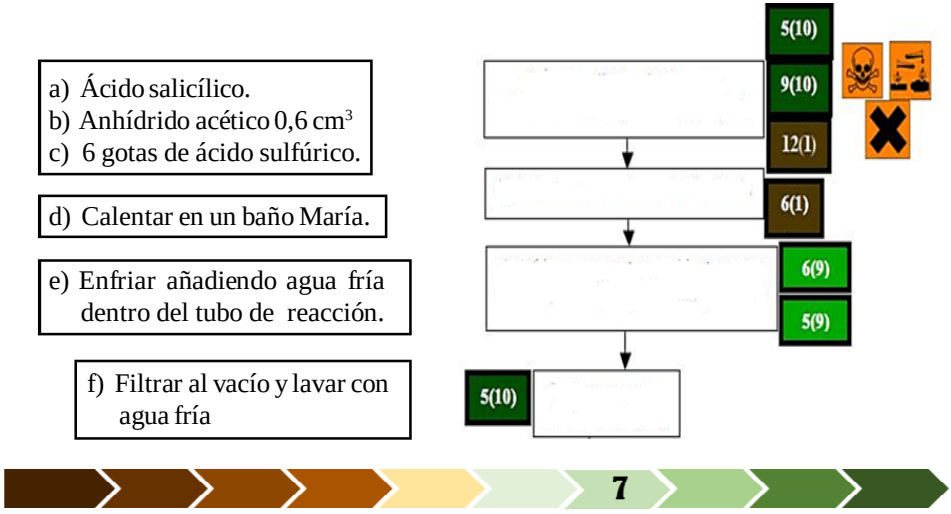
	(10)	Totalmente verde
	(9)	Gran acercamiento verde
	(8)	Muy buen acercamiento verde
	(7)	Buen acercamiento verde
	(6)	Ligero acercamiento verde
	(5)	Transición café a verde
	(4)	Ligeramente café
	(3)	Medianamente café
	(2)	Muy café
	(1)	Totalmente café

Adaptado de **Educ. quím**., 22(3), 240-248, 2011.

Para la evaluación de los experimentos con base en la escala de colores, se hizo el diagrama de flujo de cada etapa o paso del método experimental de la práctica de laboratorio, incluyendo los respectivos pictogramas de reactivos y disolventes, así como el principio de la Química Verde que se estaba evaluando en esa etapa específica.

En el diagrama N° 1 se ejemplifica el procedimiento para la evaluación de cada experimento, lo que permitió definir qué tan verde resulta. Se elabora una tabla mostrando el orden en el cual aparecen cada uno de los pasos experimentales en el diagrama de flujo y la evaluación justificada en los principios de la Química Verde que se hace para cada paso del proceso. Se realiza la evaluación global sumando la categoría numérica de cada principio (número entre paréntesis) dividida entre el número de ellos. Finalmente se presenta al pie del diagrama de flujo experimental, el resultado en la escala tipo Likert de asignación numérica y de color correspondiente.

Diagrama N°1.
Modelo de evaluación de cuán verde es un experimento (# 7)



Evaluación del Experimento # 7: Síntesis de Aspirina

a, ***b*** y ***c***: empleo de disolvente, con respecto al principio 5, este paso es totalmente verde (10). Empleo de catalizador (H_2SO_4), se considera válido evaluar al principio 9 como totalmente verde (10); sin embargo, dado que el catalizador es dañino, con respecto al principio 12, se califica como totalmente café (1).
d: calentamiento con respecto al principio 6 se considera totalmente café (1).
e: El enfriamiento se realiza a temperatura ambiente o mediante baño de hielo, por lo que este paso es adecuado evaluarlo con gran acercamiento verde (9) en cuanto a los principios 6 y 5.
f: Para la filtración y lavado del compuesto de interés se emplea agua, disolvente considerado verde por excelencia; sin embargo, se deben considerar los residuos generados. En consecuencia, este paso es conveniente calificarlo como totalmente verde (10) con relación al principio 5.

En el cuadro N° 3 se coloca el promedio de la valoración para cada experimento, de acuerdo a la interpretación de los principios por parte de los estudiantes. Los experimentos del 10 al 12 se incorporaron después de la participación de los estudiantes en la validación de los experimentos.

Cuadro N° 3
Promedio de la valoración de los experimentos con enfoque verde

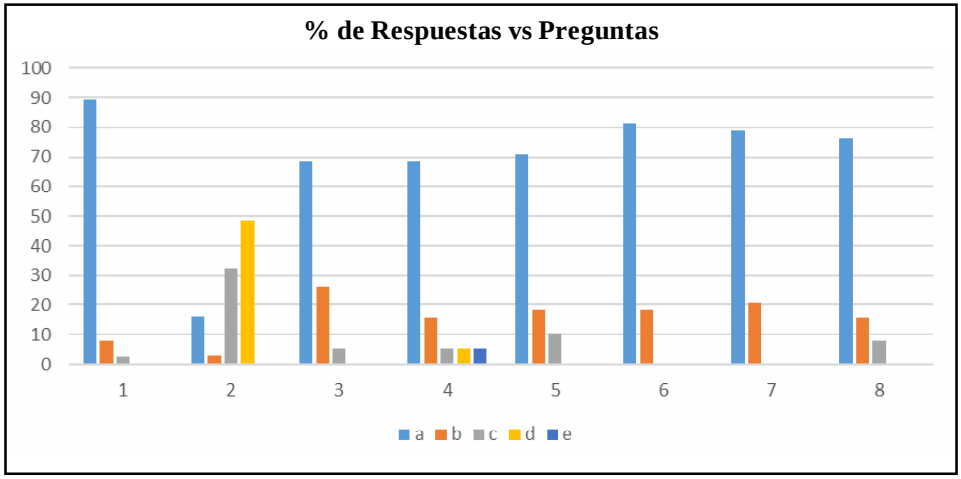
Experimento No.	***1***	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***	***7***	***8***	***9***
Valoración Promedio	8.2	5.6	10	6.5	5.6	5.7	7.3	5.7	6.1

Del promedio de la valoración de cada experimento desarrollado en la guía con enfoque de Química verde, se puede resaltar que el 44 % de ellos fueron considerados con un ligero acercamiento verde; experimentos No. 2, 5, 6 y 8, el 33 % se valoraron entre 6,0 y 7,0 con un buen acercamiento verde y el 23 % fue evaluado con un gran acercamiento verde, experimentos 1 y 3. En cumplimiento con nuestros objetivos logramos tener una guía con 56 % de los experimentos dotados de un buen acercamiento verde, contribuyendo al cuidado de nuestro entorno inmediato.

b) Valoración de los efectos producidos a partir del cambio de reactivos y el uso de las técnicas de microescala en el laboratorio de Química Orgánica.

Se aplicó un cuestionario de ocho cuestiones (Gráfica N°1) al finalizar la implementación del enfoque de Química Verde, durante el segundo semestre de 2014.

Gráfica N°1
Preguntas de valoración del enfoque de Química Verde



- Podemos destacar que el 89 % de los estudiantes encuestados considera que **se genera contaminación mientras se realizan prácticas de laboratorio** y que este problema es importante. En este escenario, el sector educativo juega un papel importante; de modo que la educación, en todos sus niveles, no debe estar descontextualizada de la realidad del estudiante y de la sociedad misma. En este contexto, surge la necesidad de buscar alternativas que generen cambios de conducta hacia el ambiente, y en tal sentido se dirige la siguiente investigación.

- Un 48 % de los estudiantes señala que **los problemas de contaminación que surgen en los laboratorios deberían ser solucionados por** la comunidad universitaria, es decir, hay una responsabilidad compartida, donde todas las instancias, administrativas, docentes y estudiantiles tienen algo que aportar en la prevención y mejoramiento de las condiciones bajo las cuales se está trabajando actualmente.

• Sobre la afirmación de que **las actividades químicas son muy contaminantes**, un 68 % de los estudiantes está de acuerdo con esta aseveración y un 26 % en desacuerdo. En general, hay una percepción negativa del uso de sustancias químicas, debido, en parte, al desconocimiento de las metodologías verdes de trabajo a nivel de la docencia.

• El 68 % de los estudiantes reconoce que **el uso de pequeñas cantidades de reactivos está relacionado con la QV** y el 16 % señala que ésta se vincula con la reducción de riesgo en el laboratorio. Estos son principios fundamentales que permiten la inclusión de aspectos ambientales durante la actividad experimental en la docencia y que todo alumno debiera conocer después de su paso por un laboratorio de química.

• Un 71 % de los estudiantes muestra una **opinión positiva frente a los temas referidos a la Química Verde que trabajaron durante el curso**, en comparación con su experiencia previa en el curso de química general. Los trabajos de laboratorio deben trascender el tradicional espacio en que los estudiantes manipulan los instrumentos y realizan montajes, para convertirse en un escenario que permita crear valores y actitudes, entre los cuales deben destacar los referidos a la conservación del entorno.

• El 82 % de los estudiantes **asocia el trabajo experimental realizado con el cuidado ambiental** que debe tenerse en todas las actividades, incluyendo las académicas. En este sentido, el proyecto busca promover la química como ciencia responsable tomando en cuenta los beneficios que ofrece la Química Verde en el laboratorio.

• El 79 % de los estudiantes encuestados señala que **se familiarizó con el concepto de Química Verde**, a raíz de su experiencia en el laboratorio de química orgánica con los fundamentos, beneficios, los doce principios y las alternativas de solventes orgánicos que ofrece este enfoque. Esto contribuye a generar una actitud positiva hacia los cambios que introduce esta nueva alternativa y promueve la necesidad de incorporar estos métodos verdes en la formación científica.

• Un 76 % de los estudiantes indica que **el enfoque de Química Verde sería apropiado para aplicarlo en todos los cursos** de Química. Las innovaciones del estudio realizado permiten inferir que la propuesta de introducir en el trabajo de laboratorio el enfoque de la Química Verde puede ser objeto de

futuros estudios, adaptaciones, evaluaciones o profundizaciones que conlleven a su implementación, divulgación y enriquecimiento.

CONCLUSIONES

La utilización de la herramienta metodológica semicuantitativa y cualitativa mediante un código de color y basada en los 12 principios de la Química Verde expuesta en este trabajo permite reconocer cuán verde y qué tan limpio es un proceso químico dentro de un laboratorio de docencia, enmarcándolo dentro del criterio de sostenibilidad. En general, un 56 % de los experimentos realizados se categorizaron con un buen acercamiento verde.

El trabajo de los estudiantes en el laboratorio de química orgánica, aplicando sus conocimientos sobre la Química Verde para llevar los procesos a ser amigables con el medio ambiente, les proporciona un aprendizaje significativo.

El problema ambiental debido al desarrollo no sostenible debe llevar a los docentes a educar en la construcción de la sostenibilidad, con el fin de formar profesionales comprometidos con su medio y la sociedad.

SUMMARY

GREEN CHEMISTRY: A SUSTAINABLE APPROACH FOR EXPERIMENTAL WORK IN ORGANIC CHEMISTRY LABORATORIES AT THE UNIVERSITY OF PANAMA

An effective way to work the twelve principles of Green Chemistry, in the teaching of Chemistry, is through laboratory work done by students. In this context, the present research is presented, which incorporates a green approach within the practical work of the course of Organic Chemistry for medicine students.

A laboratory manual was developed to redesign the experimental activity under this approach of clean processes and with the use of microscale techniques, in the Faculty of Natural Sciences, Exact Sciences and Technology of the University of Panama.

The greenness evaluation of the experiments was carried out through the use of a Likert-type numerical scale, which allows to evaluate how green a process is, with the result that 56 % of the experiments showed a good green approach.

An efficient green chemistry approach led to the reduced consumption of reagents, avoiding the prolonged and unnecessary exposure to them and, at the same time, diminishing the risk of accidents. The general utility of this methodology, which presents significant advantages over the traditional practical works, was demonstrated not only by incorporating the principles of Green Chemistry in each experiment, but reaching a more active participation of the students, because they have to be aware of all the procedure steps in order to obtain an appropriate evaluation about the green approach of a particular experiment.

KEY WORDS: Green Chemistry, green metrics, practical works

AGRADECIMIENTO

Esta investigación se realizó gracias al apoyo de la Vicerrectoría de Investigación y Posgrado de la Universidad de Panamá, mediante la asignación de fondos al proyecto VIP-01-04-00-17-2014-10. De igual manera agradecemos al estudiante John Sánchez, de la Licenciatura en Química, por su apoyo técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Declaración de Río sobre el medio ambiente y el desarrollo. 1992. Obtenido en http://www.unesco.org/education/pdf/RIO_S.PDF.

Informe de la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible. Johannesburgo (Sudáfrica), 26 de agosto a 4 de septiembre de 2002. Obtenido en http://www.cinu.org.mx/prensa/eventos/unctadxi/aconf199d20&c1_sp.pdf.

Río +20. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible. Río de Janeiro (Brasil). 20 a 22 de junio de 2012. Obtenido en https://rio20.un.org/sites/rio20.un.org/files/a-conf.216-l-1_spanish.pdf.pdf.

DORIA, Ma. del C. (2009). "Química verde: un nuevo enfoque para el cuidado del medio ambiente". **Educ. quím.**, 20, 412-420.

ANASTAS, P.T. y WARNER, J.C. (1998). **Green Chemistry: Theory and Practice**. Oxford University Press, Oxford.

MORALES, MARINA y col. (2011). ¿Qué tan verde es un experimento? **Educ. quím.**, 22(3), 240-248.

FERNÁNDEZ-SÁNCHEZ, L., SOTO-TÉLLEZ, M. y HERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, L. (2013). Uso de indicadores verdes para evaluar cuán limpio es un proceso en su síntesis tradicional vs la síntesis triboquímica y en microescala. **Av. cien. ing.**, 4(2), 79-90.

Recibido: 5 de septiembre de 2017.
Aceptado: 20 de diciembre de 2017.

4

COMPOSICIÓN DE LA COMUNIDAD DE ARTRÓPODOS QUE HABITAN EN EL DOSEL EN UN BOSQUE TROPICAL DE TIERRAS BAJAS EN PANAMÁ

ENRIQUE MEDIANERO[1*], GONZALO CARRASCO[2], EVELYNE PÉREZ[3], BISETH ARAÚZ-ARAÚZ[4], GABRIELA CASTAÑO-MENESES[5] y ALEX O. MARTÍNEZ-TORRES[6]

[1]Departamento de Ciencias Ambientales y Programa de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá. Miembro del Sistema Nacional de Investigación (SNI-SENACYT), [2]Departamento de Estadística, Universidad de Panamá, [3]Escuela de Estadística, Universidad de Panamá, [4]Facultad de Biociencias y Salud Pública, Universidad Especializada de las Américas, [5]Ecología de Artrópodos en Ambientes Extremos, UMDI-Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Juriquilla, Querétaro, México, [6]Laboratorio de Microbiología Experimental y Aplicada, Universidad de Panamá, *Autor para correspondencia: Enrique Medianero; enrique.medianero@up.ac.pa

RESUMEN

Se estudió la composición de la comunidad de artrópodos asociados a nueve especies de árboles en el dosel del Parque Natural Metropolitano en Panamá. Durante 60 semanas se realizaron recolectas de artrópodos utilizando trampas Malaise modificadas. Para llegar al dosel del bosque se utilizó una grúa de construcción instalada en el Parque. Se recolectaron 37 225 individuos, pertenecientes a 162 familias. Los resultados indican que Diptera es el orden mejor representado. Cecidomyiidae, Chironomidae, Psychodidae, Mycetophilidae, Ceratopogonidae, Agaonidae, Torymidae, Formicidae, y Cicadellidae fueron las familias más abundantes. *Enterolobium cyclocarpum* y *Anacardium excelsum* son las especies con mayor número de artrópodos asociados, tanto en número de familias como de individuos. Los análisis indican que

existe dependencia entre las familias de artrópodos y la especie de árbol donde se recolectaron. La familia Cecidomyiidae la cual tiene el hábito de inducir cecidias fue la taxon más abundante.

PALABRAS CLAVES

Insectos arbóreos, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera.

INTRODUCCIÓN

El dosel del bosque tropical representa uno de los ambientes más fascinantes para desarrollar estudios de las comunidades de artrópodos (Erwin, 1982, 2013; Lowman, 1992, 1993, 2012; Basset *et al*., 2003, 2012, 2015; Nakamura *et al*., 2017). Si bien es un hecho que la mayor diversidad de especies ocurre en los trópicos (Erwin, 2013), se estima que muchas interacciones en el bosque tropical se realizan en su dosel, debido al gran número de especies que en él habitan y a la gran cantidad de biomasa que se genera en este estrato del bosque (Erwin y Scott, 1980; Erwin, 1983; Stork, 1988; Nadkarni, 1994; Blüthgen *et al*., 2000; Ozanne *et al*., 2003; Basset *et al*., 2003, 2012, 2015, Nakamura *et al*., 2017).

El dosel del bosque tropical presenta características tales como iluminación, temperatura, velocidad del viento, fluctuación de la humedad relativa, concentración de ozono y condensación del agua, radicalmente mayores a los de otros estratos del bosque (Blanc, 1990; Parker, 1995; Lamaud *et al*., 2002; Nakamura *et al*., 2017). Adicionalmente, el tipo y la cantidad de defensas químicas y físicas que contienen las hojas de los árboles son mayores en el dosel que en los otros ambientes del bosque (Barone y Coley, 1996; Dominy *et al*., 2003).

Aunque el conocimiento de la diversidad y los patrones de distribución de especies en el dosel están creciendo, siguen siendo limitados, particularmente para los invertebrados (Nakamura *et al*., 2017). Se estima que de los artrópodos que habitan en un bosque entre un 20 a 25% lo hacen exclusivamente en el dosel, proporción que puede aumentar debido al tipo de bosque, la estructura del dosel y el microclima (Basset *et al*., 2003). Estudios sobre la composición de las comunidades del dosel del bosque tropical no son frecuentes (ver Erwin, 1982; Stork, 1988; Marquis, 1991; Basset, 1996, 2001; Basset y Samuelson, 1996; Springate y Basset, 1996; Basset *et al*., 1992, 2012, 2015; Barrios, 2003; Ødegaard, 2003; Diodato y Fuster, 2016). Con excepción de los trabajos de Basset *et al*. (2012, 2015), la mayoría de estos estudios han sido realizados con

métodos de nebulización (Dial *et al*., 2006), en períodos de muy corta duración y con pocas especies de árboles, debido principalmente a lo difícil de ascender al dosel del bosque (Lowman, 2012; Erwin, 2013). En consecuencia, la información de los grupos taxonómicos de artrópodos que habitan en el dosel es escasa (Basset *et al*., 2012). Esta investigación aporta a esta falta de información sobre la composición en términos de órdenes y familias de artrópodos que habitan en el dosel de un bosque tropical de tierras bajas, utilizando un método de acceso al dosel exclusivo de pocos lugares en el mundo, el cual permite desarrollar estudios del dosel a largo plazo. En este estudio se pretendió responder la siguiente pregunta: ¿cuáles son los grupos de artrópodos más abundantes en el dosel de un bosque tropical de tierras bajas? Para responder estas preguntas nos propusimos los siguientes objetivos: 1-Determinar la composición taxonómica a nivel de orden y familia de la comunidad de artrópodos en el dosel del bosque tropical del Parque Natural Metropolitano en Panamá. Debido a las condiciones ambientales extremas que ocurren en el dosel, esperamos que artrópodos con exoesqueletos más fuertes sean los grupos que dominen la riqueza de órdenes y familias en este estrato del bosque tropical del Parque Natural Metropolitano en Panamá.

PARTE EXPERIMENTAL

Sitio de estudio. El estudio se desarrolló en el Parque Natural Metropolitano (PNM), ubicado en la Provincia de Panamá (8°59' 41.55'' de latitud N y 79°32' 35.22'' de longitud O), con una altitud máxima de 150 m snm. El sitio de estudio se clasifica como un bosque semicaducifolio tropical de tierras bajas - bastante intervenido (ANAM, 2012) y dentro de una zona de vida en transición entre el bosque húmedo tropical y el bosque seco premontano, con una temperatura promedio anual de 28º C y una precipitación promedio anual de 1740 mm (Tossi, 1971). El PNM tiene una extensión aproximada de 232 hectáreas (ha), presenta una época lluviosa de mayo a noviembre y una estación seca que generalmente va de diciembre a abril. El dosel de este bosque presenta una altura de 25 a 30 m, con árboles que emergen a 40-45 m. En el trópico americano, el PNM es la única área protegida que se encuentra dentro de los límites de una ciudad y junto con el Parque Nacional Camino de Cruces y el Parque Nacional Soberanía, forman parte de un corredor biológico que se extiende a lo largo de la ribera Este del Canal de Panamá (MIAMBIENTE, 2017).

Para alcanzar el dosel se utilizó una grúa de construcción instalada en este bosque por el Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales (STRI) (http:/

/www.stri.si.edu/english/research/facilities/terrestrial/cranes/index.php). Esta grúa tiene una altura máxima de 42 m y un radio de 51 m, permitiendo el estudio de 8,100 m^2 de bosque (Wright y Colley, 1996). En el área que abarca el radio de la grúa, se han identificado aproximadamente 80 especies de plantas, entre árboles y lianas (Ødegaard, 2000). Entre las especies dominantes en el dosel se encuentran *Luehea seemannii* Triana & Planch, *Anacardium excelsum* (Kunth) Skeels, *Ficus insipida* Willd., *Castilla elastica* Cerv. y *Cordia alliodora* (R. y P.) Oken. En el sitio donde está ubicada la grúa el bosque tiene una edad aproximada de 80 años (Wright y Colley, 1996) y según Campos-Pineda *et al*., (2017), el área del bosque que cubre la grúa tiene características de bosque caducifolio.

Recolecta de insectos. Para recolectar los insectos se utilizó un modelo de trampa que sigue el principio de una trampa Malaise para estudios del dosel (Basset, 1988). Las trampas se confeccionaron con tela de organza, con dimensiones de 66.5 cm de largo, por 60 cm de alto y en su extremo más alto se colocó un frasco recolector de polietileno con alcohol al 70% (Fig.1).

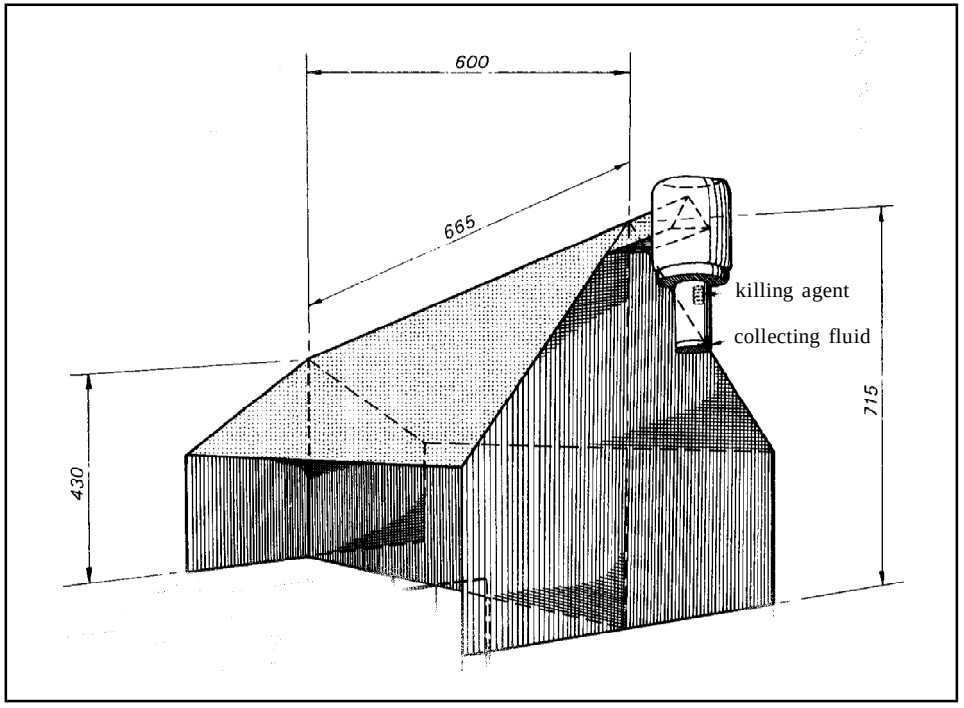


Figura 1. Modelo y dimensiones de la trampa utilizada para la recolecta de artrópodos del dosel (tomado de Basset, 1988).

En el área de influencia de la grúa se colocó una trampa en cada una de las siguientes nueve especies de árboles: *Enterolobium cyclocarpum* Griseb. (Fabales: Fabaceae), *Pseudobombax septenatum* (Jacq.) Dugand (Malvales: Bombacaceae), *Luehea seemannii* (Malvales: Malvaceae), *Cordia alliodora* (Lamiales: Boraginaceae), *Castilla elastica* (Urticales: Moraceae), *Anacardium excelsum* (Sapindales: Anacardiaceae), *Cecropia peltata* L. (Rosales: Cecropiaceae), *Pittoniotis trichantha* Griseb. (Rubiales: Rubiaceae) y *Ficus insipida* Willd. (Rosales: Moraceae). Estas especies e individuos fueron seleccionadas ya que son los árboles más altos y que emergen del dosel. De las especies *L. seemannii, A. excelsum* y *F. insipida* se seleccionaron 2 individuos, ya que eran las especies dentro del radio que cubre la grúa que poseen dos o más individuos. La trampa colocada en cada árbol fue revisada semanalmente, desde marzo de 2004 hasta junio de 2005, completando un total de 60 semanas por trampa. Las recolectas fueron semanales ya que la tasa de evaporación en el dosel es muy rápida y dejar más tiempo la muestra podría provocar el daño de la misma. En cada recolecta se procedió a recoger, en un envase, el contenido de los frascos de polietileno de la trampa; la muestra era identificada con la especie de árbol, el número de la trampa y la fecha de recolecta. Los envases de polietileno eran aforados nuevamente con alcohol y colocados en la trampa para un nuevo período de recolecta. Las muestras eran trasladadas a uno de los laboratorios del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá. Los ejemplares obtenidos se identificaron hasta el nivel de orden y familia utilizando las claves taxonómicas de Borror *et al*. (1992).

Análisis Estadísticos Las variables dependientes analizadas fueron; el número de familias y el número de individuos de cada familia de artrópodo (abundancia) recolectados en las 12 trampas colocados en las nueve especies de árboles en el dosel del bosque durante las 60 semanas (13 meses).

Para verificar la eficiencia de los muestreos se construyeron curvas de acumulación de especies con el estimador Chao 1; para tales propósitos se utilizó el programa Estimates 9.1.0 (Colwell, 2016). Para determinar si existe dependencia entre las familias de artrópodos recolectados y los árboles hospedantes se realizó un análisis Factorial de Correspondencia con XL-STAT (Addinsoft, 2017).

RESULTADOS

Se recolectaron un total de 37 225 artrópodos pertenecientes a 19 órdenes de la Clase Hexapoda y de la Clase Arachnida (Cuadro 1).

Cuadro 1
Número de individuos por Clase y Orden de artrópodos recolectados en 12 árboles de nueve especies que emergen en el dosel del bosque tropical del Parque Natural Metropolitano, Panamá

Clase Hexapoda	No. de familias	Abundancia	Abundancia relativa
Orden	162	36709	98.6
Diptera	37	24317	66.56
Hymenoptera	27	6547	17.57
Hemiptera	27	1773	4.77
Coleoptera	33	1915	3.9
Lepidoptera	8	1280	3.44
Psocoptera	8	320	0.82
Thysanoptera	2	194	0.52
Blattaria	2	175	0.47
Collembola	4	101	0.27
Orthoptera	2	28	0.11
Neuroptera	3	21	0.06
Dermaptera	4	16	0.04
Isoptera	1	15	0.04
Embioptera	1	2	0.01
Mantodea	1	3	0.01
Strepsiptera	1	1	0.01
Trichoptera	1	1	0.01
Clase Arachnida		516	1.4
Orden			
Araneae		514	1.38
Acari		2	0.01

Se identificaron 162 familias de Hexapoda (Cuadro 2). Los individuos del orden Araneae no se identificaron a familia ya que la mayoría eran estados inmaduros. El estimador de riqueza (Chao 1) indica que se consiguió recolectar el 90% de las familias de artrópodos que habitan en el dosel del bosque del PNM (Fig. 2).

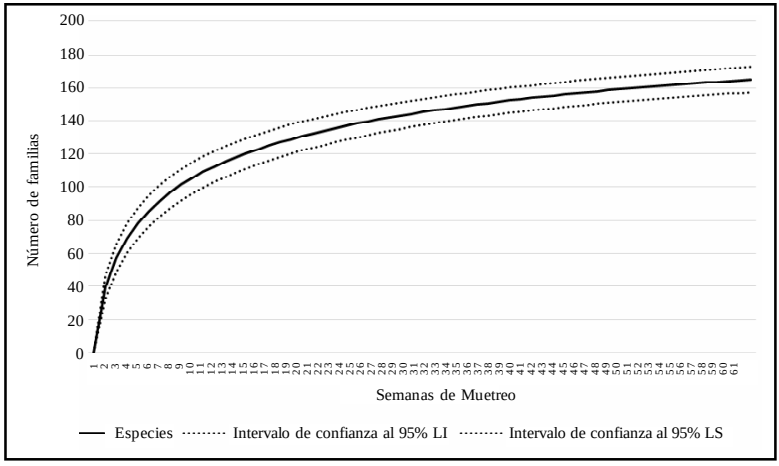


Figura 2. Curva de acumulación basada en la abundancia de los artrópodos recolectados durante 60 semanas en el dosel del PNM.

El número promedio de familias de artrópodos recolectados por semana en el dosel del bosque fue 40 ±7, (el intervalo de confianza para el promedio de familias al 95% de confianza fue de 40±1.8), el mínimo de familias recolectadas en una semana fue de 24 y el máximo de 55, el número más frecuente de familias por semana fue de 41. El valor promedio de artrópodos recolectados (abundancia) por semana fue de 620 ± 576.

El orden Diptera fue el mejor representado, tanto en número de familias como en número de individuos; este orden representó el 65% del total de individuos recolectados, seguido por el Hymenoptera con 18%, Hemiptera con 5%, Coleoptera con un 5% y Lepidoptera con 3% (Cuadro 2). En la Clase Arachnida, el orden mejor representado fue Araneae, pero apenas con el 1% de los artrópodos recolectados. Los individuos del resto de los órdenes sumaron el 3% de la muestra.

En todo el estudio, 10 familias de insectos estuvieron representadas por al menos mil individuos, lo que equivale al 81% de la recolecta. Estas familias fueron Cecidomyiidae, Chironomidae, Psychodidae, Mycetophilidae, Ceratopogonidae (Diptera), Agaonidae, Torymidae, Formicidae (Hymenoptera), y Cicadellidae (Hemiptera) (Cuadro 2). Los microlepidoptera estuvieron representados con 1151 individuos (3%). Las restantes 153 familias engloban el 19% de la muestra y, de estas últimas, 76 familias estuvieron representadas por menos de 10 individuos (Cuadro 2).

En cuanto a la persistencia de las familias durante las 60 semanas, 14 de las familias se recolectaron durante al menos 50 semanas destacando las familias Cecidomyiidae y Cicadellidae las cuales figuran en todos los muestreos (Cuadro 3).

Cuadro 2
Familias de Hexapoda recolectadas e identificadas en el dosel del bosque del PNM.

Orden	Familia	Abundancia
Diptera	Cecidomyiidae	13223
Diptera	Chironomidae	5803
Hymenoptera	Torymidae	2980
Hymenoptera	Formicidae	1403
Hemiptera	Cicadellidae	1342
Diptera	Psychodidae	1322
Lepidoptera	Microlepitoptera	1151
Hymenoptera	Agaonidae	1065
Diptera	Mycetophilidae	1065
Diptera	Ceratopogonidae	1005
Diptera	Phoridae	785
Hymenoptera	Braconidae	733
Coleoptera	Sciaridae	461
Coleoptera	Scolytinae	261
Diptera	Dolichopodidae	239
Coleoptera	Cerambycidae	213
Diptera	Tachinidae	198
Thysanoptera	Thripidae	183
Blattaria	Blattellidae	174
Hemiptera	Cixiidae	155
Coleoptera	Endomychidae	154
Coleoptera	Chrysomelidae	148
Diptera	Tipulidae	145
Diptera	Culicidae	108
Pscoptera	Psocidae	108
Coleoptera	Curculionidae	102
Pscoptera	Lepidopsocidae	96
Coleoptera	Mordellidae	91
Collembola	Entomobryidae	89
Coleoptera	Phalacridae	86
Hemiptera	Tropiduchidae	80
Diptera	Drosophilidae	77
Coleoptera	Mycetophagidae	72
Coleoptera	Coccinellidae	64
Pscoptera	Caecillidae	62
Diptera	Empididae	60
Hymenoptera	Mymaridae	55
Hymenoptera	Eulophiidae	52
Lepidoptera	Pyralidae	50
Hymenoptera	Ichneumonidae	49
Diptera	Lonchaeidae	42
Diptera	Agromyzidae	40
Coleoptera	Phengodidae	39
Coleoptera	Lampyridae	35
Pscoptera	Pseudocaeciliidae	35
Lepidoptera	Gelechiidae	33
Hymenoptera	Scelionidae	33
Diptera	Pipunculidae	30
Coleoptera	Staphylinidae	30
Coleoptera	Cleridae	29
Coleoptera	Cucujidae	27
Orthoptera	Gryllidae	25
Hemiptera	Miridae	25
Hymenoptera	Vespoidae	25
Diptera	Lauxaniidae	24
Hemiptera	Derbidae	22
Lepidoptera	Noctuidae	22
Hemiptera	Dictyopharidae	20
Hymenoptera	Platigasteridae	20
Coleoptera	Meloidae	19
Hemiptera	Pentatomidae	19
Diptera	Scatopsidae	17
Hemiptera	Achilixiidae	16
Lepidoptera	Geometridae	16
Hymenoptera	Apidae	15
Neuroptera	Coniopterygidae	15
Hymenoptera	Eupelmidae	15
Isoptera	Termitidae	15
Hymenoptera	Drynidae	14
Hemiptera	Tettigoniidae	14
Hemiptera	Membracidae	13
Pscoptera	Psyllidae	13
Hymenoptera	Pteromalidae	13
Coleoptera	Ptilodactylidae	13
Hemiptera	Aleyrodidae	12
Diptera	Asilidae	12
Hymenoptera	Chalcididae	12
Coleoptera	Nitidulidae	12
Hymenoptera	Rhopalosomatidae	12
Coleoptera	Chelonariidae	11
Diptera	Chloropidae	11
Thysanoptera	Phlaeothripidae	11

Orden	Familia	Abundancia
Hymenoptera	Diapriidae	10
Hymenoptera	Encyrtidae	10
Dermaptera	Labiidae	9
Collembola	Poduridae	9
Coleoptera	Anthribidae	8
Diptera	Odiniidae	8
Hymenoptera	Pompilidae	8
Diptera	Simuliidae	8
Diptera	Stratiomyidae	8
Hymenoptera	Trichogramatidae	8
Hemiptera	Kinnaridae	7
Hemiptera	Flatidae	6
Diptera	Syrphidae	6
Hemiptera	Tingidae	6
Coleoptera	Bruchidae	5
Coleoptera	Elateridae	5
Hemiptera	Lygaeidae	5
Diptera	Ulididae	5
Hemiptera	Cercopidae	4
Neuroptera	Chrysopidae	4
Pscoptera	Liposcelididae	4
Lepidoptera	Lycaenidae	4
Hemiptera	Pyrrhocoridae	4
Hymenoptera	Signiforidae	4
Diptera	Tabanidae	4
Coleoptera	Tenebrionidae	4
Hemiptera	Achilidae	3
Orthoptera	Acrididae	3
Hemiptera	Alydidae	3
Hemiptera	Anthocoridae	3
Hymenoptera	Betylidae	3
Diptera	Calliphoridae	3
Dermaptera	Chelisochidae	3
Hemiptera	Coreidae	3
Dermaptera	Forficulidae	3
Hemiptera	Issidae	3
Coleoptera	Oedemeridae	3
Hemiptera	Reduviidae	3
Diptera	Thérevidae	3
Hemiptera	Acanaloniidae	2
Coleoptera	Anthicidae	2
Diptera	Bibionidae	2
Hymenoptera	Ceraphronoidae	2

Orden	Familia	Abundancia
Hymenoptera	Figitidae	2
Lepidoptera	Hesperiidae	2
Collembola	Isotomidae	2
Neuroptera	Mantispidae	2
Hymenoptera	Megachilidae	2
Diptera	Micropezidae	2
Diptera	Neriidae	2
Lepidoptera	Nymphalidae	2
Embioptera	Oligotomidae	2
Coleoptera	Psephenidae	2
Diptera	Richardiidae	2
Diptera	Acroceridae	1
Hemiptera	Aetalionidae	1
Coleoptera	Alleculidae	1
Diptera	Anisopodidae	1
Pscoptera	Archipsocidae	1
Blattaria	Blattidae	1
Coleoptera	Bostrichidae	1
Coleoptera	Carabidae	1
Hymenoptera	Eucharitidae	1
Hymenoptera	Eurytomidae	1
Hemiptera	Fulgoridae	1
Coleoptera	Helodidae	1
Coleoptera	Hydrophilidae	1
Dermaptera	Labiduridae	1
Hemiptera	Ligaeidae	1
Coleoptera	Lycidae	1
Pscoptera	Psecilidae	1
Diptera	Sarcophagidae	1
Coleoptera	Scarabaeidae	1
Diptera	Sciomyzidae	1
Collembola	Sminthuridae	1
Diptera	Tephritidae	1
Trichoptera		1
Strepsiptera		1

Cuadro 3. Persistencia de las familias en las 60 semanas de muestreo.

Familia	No. de semanas presentes	Familia	No. de semanas presentes	Familia	No. de semanas presentes	Familia	No. de semanas presentes
Cecidomyiidae	60	Lauxaniidae	17	Kinnaridae	5	Richardiidae	2
Cicadellidae	60	Noctuidae	17	Melodidae	5	Strepsiptera	2
Araña	59	Dictyopharidae	16	Odiniidae	5	Acanaloniidae	1
Formicidae	59	Entomobryidae	16	Phlaeothripidae	5	Acroceridae	1
Phoridae	59	Phengodidae	16	Poduridae	5	Aetalionidae	1
Psychodidae	56	Pipunculidae	16	Stratiomyidae	5	Alleculidae	1
Chironomidae	55	Derbidae	15	Tingidae	5	Anisopodidae	1
Braconidae	53	Platigasteridae	15	Ulididae	5	Archipsocidae	1
Tachinidae	53	Torymidae	15	Cercopidae	4	Betylidae	1
Blattellidae	52	Scatopsidae	14	Chrysopidae	4	Blattidae	1
Chrysomelidae	52	Membracidae	13	Liposcelididae	4	Bostrichidae	1
Microlepitoptera	52	Apidae	12	Lycaenidae	4	Carabidae	1
Ceratopogonidae	51	Asilidae	12	Signiforidae	4	Collembola	1
Scolytidae	51	Culicidae	12	Syrphidae	4	Embioptera	1
Dolichopodidae	49	Mycetophagidae	12	Tabanidae	4	Eucharitidae	1
Cerambycidae	48	Pentatomidae	12	Acrididae	3	Eurytomidae	1
Sciaridae	46	Rhopalosomatidae	12	Alydidae	3	Fulgoridae	1
Curculionidae	44	Tettigoniidae	12	Anthocoridae	3	Helodidae	1
Cixiidae	43	Achilixiidae	11	Calliphoridae	3	Hydrophilidae	1
Tipulidae	40	Caecillidae	11	Coreidae	3	Labiduridae	1
Mycetophilidae	38	Eupelmidae	11	Diapriidae	3	Lycidae	1
Endomychidae	36	Geometridae	11	Forficulidae	3	Psephenidae	1
Psocidae	36	Pseudocaeciliidae	11	Issidae	3	Sarcophagidae	1
Tropiduchidae	35	Chelonariidae	10	Mantidae	3	Scarabaeidae	1
Mordellidae	34	Clusiidae	10	Oedemeridae	3	Sciomyzidae	1
Ichneumonidae	32	Gelechiidae	10	Reduviidae	3	Sminthuridae	1
Lepidopsocidae	31	Pteromalidae	10	Scelionidae	3	Tephritidae	1
Drosophilidae	30	Encyrtidae	9	Tenebrionidae	3		
Eulophiidae	29	Anthribidae	8	Therevidae	3		
Empididae	28	Chloropidae	8	Acari	2		
Lonchaeidae	28	Coniopterygidae	8	Achilidae	2		
Mymaridae	27	Nitidulidae	8	Anthicidae	2		
Coccinellidae	26	Simuliidae	8	Bibionidae	2		
Phalacridae	25	Aleyrodidae	7	Ceraphronidae	2		
Agaonidae	24	Cantharidae	7	Chalcididae	2		
Agromyzidae	23	Drynidae	7	Chelisochidae	2		
Thripidae	23	Pompilidae	7	Figitidae	2		
Cucujidae	22	Psyllidae	7	Hesperiidae	2		
Scelionidae	20	Termitidae	7	Isotomidae	2		
Staphylinidae	20	Trichogramatidae	7	Mantispidae	2		
Vespidae	20	Labiidae	6	Megachillidae	2		
Cleridae	19	Lygaeidae	6	Micropezidae	2		
Gryllidae	19	Ptilodactylidae	6	Neriidae	2		
Miridae	19	Bruchidae	5	Nymphalidae	2		
Pyralidae	18	Elateridae	5	Oligotomidae	2		
Lampyridae	17	Flatidae	5	Pyrrhocoridae	2		

La especie de árbol donde se recolectó más familias de artrópodos fue *Anacardium excelsum* con 125 familias y en orden descendente *Enterolobium cyclocarpum* (107), *Luehea seemannii* (99), *Castilla elastica* (94), *Ficus insípida* (87), *Pseudobombax septenatum* (72), *Cordia alliodora* (64), *Cecropia peltata* (43) y *Pittoniotis trichantha* (21).

En cuanto a la abundancia de artrópodos por árboles hospedantes, las especies de árboles donde se recolectaron más artrópodos fueron *Enterolobium cyclocarpum* y *Anacardium excelsum*, seguidas de *Castilla elástica*, *Ficus insipida* y *Luehea seemannii*. Por otro lado, las especies de árboles donde menos artrópodos se obtu-

vieron fue en *Pittoniotis trichantha, Cecropia peltata, Cordia alliodora* y *Pseudobombax septenatum* (Fig. 3).

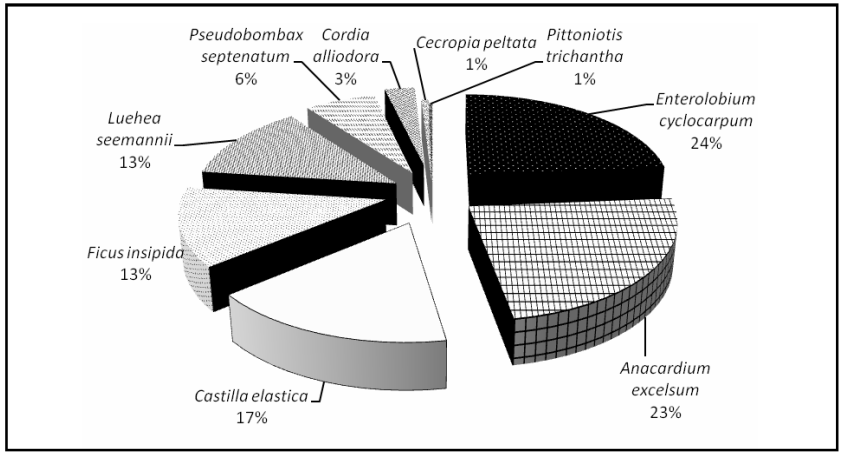


Figura 3. Porcentaje de artrópodos recolectados en dosel de las diferentes especies de árboles estudiadas.

El análisis Factorial de Correspondencia indica que existe dependencia entre las familias de artrópodos y la especie de árbol hospedante ($X2 = 38908$, $gl = 1408$, $p < 0.0001$). El análisis explica el 75.91% de la varianza de la matriz de abundancia de artrópodos con los 2 primeros factores y la inercia total fue 1.045.

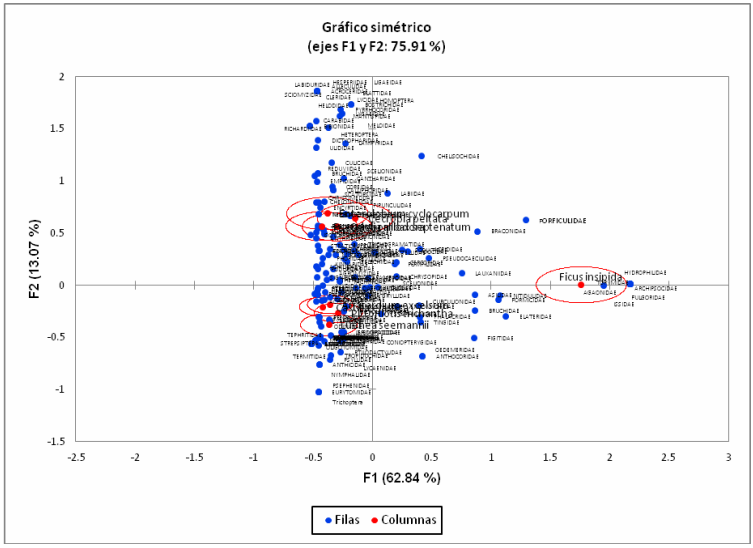


Figura 4. Análisis factorial de correspondencia entre las familias de artrópodos y las especies de árboles hospedantes.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio indican que la comunidad de artrópodos del dosel del bosque tropical del PNM está constituida principalmente por familias e individuos del orden Diptera, Hymenoptera, Hemiptera y Coleoptera. La dominancia del orden Diptera, en la comunidad de artrópodos del dosel del PNM, es consistente con datos obtenidos en otros bosques en el mundo, en donde este orden de insecto siempre se encuentra alternado la dominancia con los órdenes Coleoptera e Hymenoptera (Stork, 1988; Springate y Basset 1996; Palacios-Vargas y Castaño-Meneses, 2003; Hurtado-Guerrero *et al*., 2003; Diodato y Fuster, 2016). La destacada presencia del orden Hemiptera, debido, principalmente, a individuos de la familia Cicadellidae es de resaltar ya que debido al hábito de alimentación de este grupo nos indica que debe haber meristema joven en constante producción por las plantas para que los individuos de Cicadellidae puedan introducir su estilete para alimentarse. La familia Cicadellidae ha sido reportada dominando en el dosel los bosques subtropical secos de Argentina (Diodato y Fuster, 2016).

Los resultados obtenidos en este estudio son la consecuencia de al menos dos aspectos. El primero es el método de recolecta utilizado y el segundo la composición florística del bosque muestreado. La trampa Malaise utilizada para las recolectas en este estudio es un método pasivo para la captura de insectos de vuelo rápido por lo que su mayor eficiencia es para atrapar individuos del orden Diptera e Hymenoptera, tal y como lo reflejan nuestros resultados. El 10% de familias restantes que, según la curva de acumulación de especies, falta por recolectar corresponde a aquellas familias que presentan otros mecanismos de desplazamiento y que no pueden ser atrapadas con esta trampa Malaise. Estudios recientes (Basset *et al*., 2007, 2012), sugieren que, para tener una estimación más completa de la composición de las comunidades de artrópodos, principalmente, en los tropicales, se hace necesario utilizar más de un método de recolectada para los mismos. El segundo aspecto que tiene que ver con la composición florística del sitio de muestreo implica relaciones de coevolución y/o coespeciación entre las especies de árboles y los artrópodos. Esto se observa en el mayor número de familias e individuos recolectas en algunas especies de árboles y en los resultados del Análisis de Correspondencia que indican que existe dependencia entre los árboles donde se colocaron las trampas y las familias de artrópodos. Asociación que es muy clara entre las familias Agaonidae y Torimydae y *Ficus insipida*.

La abundancia y la persistencia de la familia Cecidomyiidae (Diptera) en el dosel del bosque estudiado son de resaltar, ya que la mayoría de las especies de esta familia tienen el hábito de inducir cecidias (agallas). Éste se considera uno de los hábitos más evolucionados dentro de la fitofagia. Este resultado apoya las hipótesis de Medianero *et al*. (2001, 2003), quienes indican que en el dosel del bosque habitan el mayor número de especies de insectos cecidógenos (inductores de cecidias) que en cualquier otro ambiente o estrato del bosque. El mayor número de individuos de la familia Tachinidae (Diptera) sobre los miembros de las familias Braconidae e Ichneumonidae (Hymenoptera) sugiere que en este estrato del bosque el hábito de parasitar lo ocupan las especies del orden Diptera. Estos datos se complementan con los obtenidos por Van Bael *et al*. (2004), quienes registran la emergencia de un número plural de especies de la familia Tachinidae de larvas de Lepidoptera recolectadas manualmente en el dosel del PNM.

SUMMARY

COMPOSITION OF THE CANOPY ARTHROPODS COMMUNITY IN A TROPICAL LOWLAND FOREST IN PANAMA.

The composition of arthropod community associated with 9 species of trees in the canopy of Parque Natural Metropolitano in Panama was studied. During 60 weeks arthropods were sampled using modified Malaise traps. The canopy was reached using a construction crane established in the park. A total of 37 225 individuals belonging to 162 families were collected. The results indicate that the order Diptera is best represented. The most abundant families were Cecidomyiidae, Chironomidae, Psychodidae, Mycetophilidae, Ceratopogonidae, Agaonidae, Torymidae, Formicidae and Cicadellidae. The species of *Enterolobium cyclocarpum* and *Anacardium excelsum* were the ones with higher association of arthropods, both in number of families and individual. The analysis indicates that there is a dependency between the families of arthropods and tree species. Cecidomyiidae family with gall-induce habit was more abundant taxon.

KEY WORDS: Arboreal insects, Diptera, Hymenoptera, Hemiptera, Coleoptera.

AGRADECIMIENTO

Al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales por las facilidades prestadas para el uso de la grúa; a Mirna Samaniego (STRI) por la ayuda con la identificación de especies de plantas. Enrique Medianero es miembro del

Sistema Nacional de Investigación de Panamá y es financiado con fondos de gobierno de Panamá a través de la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) y la Universidad de Panamá. Biseth Araúz es financiada por una beca del gobierno de Panamá (IFAHRU-SENACYT). Alex Martínez es financiado por el Programa de Reinserción de Talento de la SENACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADDINSOFT-SARL. 2017. **XL-STAT 2017**. **Leading data analysis and statistical solution for Microsoft Excel**. París, Francia.

AUTORIDAD NACIONAL DEL AMBIENTE. 2012. **Atlas Ambiental de la República de Panamá**. Novo Art S.A. Panamá. 190p.

BARONE, J. y COLLEY, P. 1996. Herbivory and plant defences in tropical forest. **Annual Review of Ecology and Systematics** 27: 305-335.

BARRIOS, H. 2003. Insect herbivores feeding on conspecific seedlings and trees. En Y. BASSET, V. NOVOTNY, S. E. MILLER y R. L. KITCHING (Eds.), ***Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal Dynamics and Resource use in the Canopy***. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 282-290.

BASSET Y., CIZEK L., CUÉNOUD P., DIDHAM R. K., GUILHAUMON F., MISSA O., NOVOTNY V., ØDEGAARD F., ROSLIN T., SCHMIDL J., TISHECHKIN A. K., WINCHESTER N. N., ABERLENC H-P, BAIL J., BARRIOS H., BRIDLE J. R., CASTAÑO-MENESES G., CORBARA B., CURLETTI G., DUARTE DAROCHA W., DEBAKER D., DELABIE J. H.C., DEJEAN A., FAGAN L. L., FLOREN A., KITCHING R. L., MEDIANERO E., MILLER S. E., GAMA DE OLIVEIRA E., ORIVEL J., POLLET M., RAPP M., RIBEIRO S. P., ROISIN Y., ROUBIK D. W., SCHMIDT J. B., SORENSEN L. y LEPONCE M. 2012. How many arthropod species live in a tropical forest? **Science** 338; 1481-1484.

BASSET, Y. 1988. A composite interception trap for sampling arthropods in tree canopy. **Journal of the Australian Entomological Society** 27; 213-219.

BASSET, Y. 1991. The spatial distribution of herbivory mines and gall within an Australian rain forest tree. **Biotropica** 23; 271-281.

BASSET, Y. 1996. Local communities of arboreal herbivores in Papua New Guinea: Predictors of insect variables. **Ecology** 77; 1906 - 1919.

BASSET, Y. 2001. Communities of insects' herbivores foraging on saplings versus matures trees of *Pourouma bicolor* (Cecropiaceae) in Panama. **Oecologia** 129; 253-260.

BASSET, Y. ABERLENC, H. P. y DELVARE, G. 1992. Abundance and stratification of foliage arthropods in a lowland rain forest of Cameroon. **Ecological Entomology** 17, 310-318.

BASSET, Y. y SAMUELSON, G. A. 1996. Ecological characteristics of an arboreal community of Chrysomelidae in Papua New Guinea. En: P. JOLIVET y M. COX (Eds.), *Chrysomelidae* **Biology, vol. 2, Ecological studies**. Academic Publishing, Amsterdam, The Netherlands. Pp. 243-262.

BASSET, Y., CIZEK L., CUÉNOUD, P., DIDHAM, R. K., NOVOTNY, V., ØDEGAARD, F., ROSLIN, T., TISHECHKIN, A. K., SCHMIDL, J., WINCHESTER, N. N., ROUBIK, D. W., ABERLENC, H. P., BAIL, J., BARRIOS, H., BRIDLE, J. R., CASTAÑO-MENESES, G., CORBARA, B., CURLETTI, G., DUARTE DA ROCHA, W., DE BAKKER, D., DELABIE, J. H., DEJEAN, A., FAGAN, L. L., FLOREN, A., KITCHING, R. L., MEDIANERO, E., GAMA DE OLIVEIRA, E., ORIVEL, J., POLLET, M., RAPP, M., RIBEIRO, S. P., ROISIN, Y., SCHMIDT, J. B., SØRENSEN, L., LEWINSOHN, T. M.,y LEPONCE, M. 2015. Arthropod Distribution in a Tropical Rainforest: Tackling a Four Dimensional Puzzle. **PLoS One** Dec 3;10(12): 0144110.

BASSET, Y., CORBARA, B., BARRIOS, H., CUENOUD, P., LEPONCE, M., ABERLENC, H.-P., BAIL, J., BITO, D., BRIDLE, J. R., CASTAÑO-MENESES, G., CIZEK, L., CORNEJO, A., CURLETTI, G., DELABIE, J. H. C., DEJEAN, A., DIDHAM, R. K., DUFRENE, M., FAGAN, L. L., FLOREN, A., FRAME, D. M., HALLE, F., HARDY, O. J., HERNANDEZ, A., KITCHING, R. L., LEWINSOHN, T. M., LEWIS, O. T., MANUMBOR, M., MEDIANERO, E., MISSA, O., MITCHELL, A. W., MOGIA, M., NOVOTNY, V., OLIVEIRA, E. G. DE, ØDEGAARD, F., ORIVEL, J., OZANNE, C. M. P., PASCAL, O., PINZON, S., RAPP, M., RIBEIRO, S. P., ROISIN, Y., ROSLIN, T., ROUBIK, D. W., SAMANIEGO, M., SCHMIDL, J., SØRENSEN, L. L., TISHECHKIN, A., VAN OSSELAER, C. y WINCHESTER, N. N. (2007). IBISCA-Panama, a large-scale study of arthropod beta-diversity and vertical stratification in a lowland rainforest: rationale, description of study sites and field methodology. **Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique- Entomologie** 77; 39-69.

BASSET, Y., NOVOTNY, V., MILLER, S. E. y KITCHING, R. 2003. Canopy entomology, an expanding field of natural science. En: Y. BASSET, V. NOVOTNY, S. E. MILLER y R. L. Kitching (Eds.), **Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal Dynamics and Resource use in the Canopy**. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 4-6.

BLANC, P. 1990. Bioclimatologie comparée de la canopée et du sous-bois. En F. HALLE y P. BLANC (Eds.), **Biologie d'une canopée de forêt équatoriale**. Rapport de Mission Radeau des Cimes, Octobre-Novembre 1989, Petit Saut - Guyane Française, Montpellier II et CNRS-París VI, Montpellier/París. Pp. 42-43.

BLÜTHGEN, N., VERHAAGH, M., GOITÍA, W., JAFFÉ, K., MORAWETZ, W., y BARTHLOTT, W. 2000. How plants shape the ant community in the Amazonian rainforest canopy: the key role of extrafloral nectaries and homopteran honeydew. **Oecologia** 125; 229-240.

BORROR, D., TRIPLEHORN, C. y JOHNSON, N. 1992. **An introduction to the study of insect**. 6th. Sauders College Publishing. U.S.A. 875 pp.

CAMPOS-PINEDA, E. G., MORENO J. y MENDIETA, J. 2017. Análisis florístico de la vegetación arbórea de una parcela de bosque en el Parque Natural Metropolitano, Provincia de Panamá. **Scientia** 27: 7-24.

DIAL, R. J., ELLWOOD, M. D. F., TURNER, E. C. y FOSTER, W. A. 2006. Arthropod abundance, canopy structure, and microclimate in a Bornean lowland tropical rain forest. **Biotropica** 38 (5): 643-652.

DIODATO, L. y FUSTER. A. 2016. Composición del ensamblaje de insectos del dosel de bosques subtropicales secos del Chaco semiárido, Argentina. **Caldasia** 38 (1):197-210.

DOMINY, N. J., LUCAS, P. W., y WRIGHT, S. J. 2003. Mechanics and chemistry of rain forest leaves: canopy and understory compared. **Journal of Experimental Botany** 54; 2007-2014.

ERWIN, T. 1982. Tropical forest; their richness in Coleoptera and other Arthropod species. **The Coleopterists Bulletin** 36: 74-75.

ERWIN, T. 1983 Tropical forest canopies: the last biotic frontier. **Bulletin of the Entomological Society of America** 29: 14-19.

ERWIN, T. 2013. Forest Canopies, Animal Diversity. En: **Encyclopedia of Biodiversity**. Levin, S. (Ed.). Academic Press Elsevier. Pp.511-515.

ERWIN. T. y SCOTT, J. C. 1980. Seasonal and size patterns, trophic structure and richness of Coloptera in the tropical arboreal ecosystem: the fauna of the tree *Luehea seemanii* Triana and Planch in the Canal Zone of Panama. **The Coleopterists Bulletin** 34: 305- 322.

COLWELL, R. K. 2016. **EstimateS**, **Version 9.1.0**: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from SamplesM (Software and User's Guide). Freeware for Windows and Mac OS.

HURTADO-GUERRERO J. C., VASCONCELOS-DA FONSECA, C. R., HAMMOND, P. M. y STORK, N. 2003. Seasonal variation of canopy arthropods in Central Amazon. En Y. BASSET, V. NOVOTNY, S.E. MILLER and R.L. KITCHING (Eds.), **Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal Dynamics and Resource use in the Canopy**. Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 170-175.

LAMAUD, E., CARRARA, A., BRUNET, Y., LÓPEZ, A., y DRUILHET, A. 2002. Ozone fluxes above and within a pine forest canopy in dry and wet conditions. **Atmospheric Environment** 36: 77-88.

LOWMAN, M. 1993. The ecology of tropical rain forest canopies. **Trends in Ecology and Evolution** 8: 104-107.

LOWMAN, M. D. 1995. Herbivory as a canopy process in rain forest trees. En: **Forest canopies**. M. D. LOWMAN y N. M. NADKARNI (Eds.), Academic Press, New York, New York, USA. Pp. 431-455.

LOWMAN, M. D., SCHOWALTER T. D. y FRANKLIN, J. F. 2012. **Methods in Forest Canopy Research.** University of California Press, USA. 240 pp.

MARQUIS, R. J. 1991. Herbivore Fauna of *Piper* (Piperaceae) in a Costa Rican Wet Forest: Diversity, specificity and impact. En: **Plant-Animal Interactions: Evolutionary Ecology in Tropical and Temperate Regions**. P. W. PRICE, T. M. LEWINSOHN, G. W. FERNANDES y W. W. BENSON (Eds.). John Wiley y Sons, New York. Pp. 179-208.

MEDIANERO, E. y BARRIOS, H. 2001. Riqueza de insectos cecidógenos en el dosel y sotobosque de dos zonas ecológicas en Panamá. **Scientia** 16: 17-42.

MEDIANERO, E., VALDERRAMA, A. y BARRIOS, H. 2003. Diversidad de insectos minadores de hojas y formadores de agalla en el dosel y sotobosque del bosque tropical. **Acta Zoológica Mexicana** (nueva serie) 89: 153-168.

MIAMBIENTE, 2017. Áreas protegidas y Vida Silvestre. Parque Natural Metropolitano. http://www.miambiente.gob.pa/index.php/sistema-nacional-de-areas-protegidas-sinap

WRIGHT, S. J. y COLLEY, M. 1996. **Accessing the canopy**. **Assessment of biological diversity and microclimate of the tropical forest canopy**: Phase 1, United Nations Environmental Program, Nairobi, Kenya. 94pp.

NADKARNI, N. M. 1994. Diversity of species and interactions in the upper tree canopy of forest ecosystems. **American Zoologist** 34: 70-78.

NAKAMURA, A., R. L. KITCHING, M. CAO, T. J. CREEDY, T. M. FAYLE, M. FREIBERG, C. N. HEWITT, T. ITIOKA, L. P. KOH, K. MA, Y. MALHI, A. MITCHELL, V. NOVOTNY, C. M. P. OZANNE, L. SONG, H. WANG, y L. A. ASHTON. 2017. Forest canopy science: achievements and horizons. **Trends in Ecology and Evolution** 36(6): 438-451.

ØDEGAARD, F. 2000. The relative importance of trees versus lianas as hosts for phytophagous beetles (Coleoptera) in tropical forests. **Journal of Biogeography** 27: 283–296.

ØDEGAARD, F. 2003. Taxonomic composition and host specificity of phytophagous beetles in dry forest in Panama. En: **Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal Dynamics and Resource use in the Canopy**. Y. BASSET, V. NOVOTNY, S. E. MILLER y R. L. KITCHING (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 226-226.

OZANNE, C. M. P., ANHUF, D., BOULTER, S. L., KELLER, M., KITCHING, R. L., KÖRNER, C., MEINZER, F. C., MITCHELL, A. W., NAKASHIZUKA, T., SILVA DIAS, P. L., STORK, N. E., WRIGHT, S. J., y YOSHIMURA, M. 2003. Biodiversity meets the atmosphere: a global view of forest canopies. **Science** 301: 183-186.

PALACIOS-VARGAS, J. G. y CASTAÑO-MENESES, G. 2003. Seasonality and community composition of springtails in mexican forest. En: **Arthropods of Tropical Forests. Spatio-temporal Dynamics and Resource use in the Canopy**. Y. BASSET, V. NOVOTNY, S. E. MILLER y R. L. KITCHING (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge. Pp. 159-169.

PARKER, G. G. 1995. Structure and microclimate of forest canopies. En: **Forest Canopies**. M. D. Lowman y N. M. Nadkarni (Eds.). Academic Press, San Diego.USA. Pp. 431-455.

SPRINGATE, N. D. y BASSET, Y. 1996. Diel activity of arboreal arthropods associated with Papua New Guinean trees. **Journal of Natural History** 30: 101-112.

STORK, N. E. 1988. Insect diversity: Facts, fiction and speculation. **Biological Journal of Linnean Society** 35: 321-337.

TOSSI, J. 1971. **Zonas de vida. Una base ecológica para la investigación silvícola e inventario forestal en la República de Panamá**. Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma. 126 pp.

VAN BAEL, S., AIELLO, A., VALDERRAMA, A., MEDIANERO, E., SAMANIEGO, M. y WRIGHT, S. J. 2004. General herbivore outbreak following an El Niño-related drought in lowland Panamanian forest. **Journal of Tropical Ecology** 20: 625-633.

Recibido: 15 de octubre de 2017.
Aceptado: 29 de diciembre de 2017.

5

DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN VERTICAL Y TEMPORAL DE LOS ESCARABAJOS AMBROSIALES PLATYPODINAE (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EN LA ISLA BARRO COLORADO, PANAMÁ

OSWALDO R. RODRÍGUEZ[1,2] y HÉCTOR BARRIOS[1]

[1]Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá. correos electrónicos: oroflores@yahoo.com, hector.barriosv@up.ac.pa (autor para correspondencias).
[2]Departamento de Protección Agrícola y Forestal, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

RESUMEN

En la Isla Barro Colorado, un ecosistema tropical en la cuenca Atlántica del Canal de Panamá, se estudió la diversidad, las distribuciones verticales y temporales de Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae). Los muestreos se realizaron con trampas Pensilvania de luz ultravioleta ubicadas en el sotobosque y el dosel, a alturas de 3 y 27 metros respectivamente. El tiempo efectivo de captura de las trampas fue durante cuatro años, 24 horas del día. Los especímenes fueron identificados taxonómicamente a nivel de especie y cuantificadas sus abundancias por estrato del bosque y por meses del año. Se capturaron 16 especies, considerándose que se capturó el 73% de las especies de la localidad muestreada. *Euplatypus parallelus* (Fabricius), 1801 fue la especie más capturada. La diversidad y abundancia fueron mayores en el sotobosque. En el dosel, en los meses de verano la abundancia fue menor en comparación al sotobosque. La distribución temporal de la abundancia en el dosel fue menor en los meses de verano, mientras que en el sotobosque las capturas fueron estables todos los meses.

Los patrones de distribución vertical y temporal de la abundancia, en el sotobosque, están relacionados con la humedad necesaria y la disponibilidad de recursos alimenticios para estos insectos y sus simbiontes.

PALABRAS CLAVES: Dosel, sotobosque, ecosistema tropical.

INTRODUCCIÓN

Los Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) se encuentran entre los grupos dominantes de insectos en los bosques húmedos tropicales; la mayoría de las especies se encuentran en estos bosques, con menos de diez especies que alcanzan áreas templadas (Jordal, 2015). Son un grupo de insectos casi exclusivamente con hábitos xilomicetófagos (Wood, 1982), los cuales están asociados con hongos que crecen sobre la madera y son utilizados como alimento por estos insectos (Hulcr y Stelinski, 2016). Su papel principal, en los ecosistemas naturales, se asocia con los procesos de descomposición de la madera (Pérez de la Cruz *et al.*, 2016). Según Wood (1982), estos insectos reemplazan o igualan a los Scolytinae xilomicetófagos en su rol ecológico en los ecosistemas tropicales.

Dentro de este grupo taxonómico existen especies de importancia forestal que causan inestabilidad en las comunidades vegetales (Atkinson y Equihua, 1985). Aunque atacan árboles debilitados o recién muertos, existen algunas especies capaces de colonizar y hasta causar la muerte a plantas sanas. A nivel mundial algunas especies han sido asociadas a daños en árboles (Ploetz *et al.*, 2013). En América han reportado como plagas primarias de árboles forestales: *Euplatypus segnis* (Chapuis), 1865 importante como plaga primaria del nogal (Soto *et al.*, 2013), *E. Parallelus* (Fabricius), 1801 ataca una gran variedad de árboles (Cibrián *et al.*, 1995, Beaver, 2013) y *Megaplatypus mutatus* Chapuis, 1865 en álamos y eucaliptos (Casaubon *et al.*, 2006, Zanuncio *et al.*, 2010).

A pesar de que estos insectos participan en importantes procesos ecológicos y algunas especies son de importancia fitosanitaria, su ecología y diversidad ha sido poco estudiada. Esto puede estar relacionado a sus distribuciones geográficas que son casi exclusivamente tropicales. Así como la práctica de estudiarlos como gremio xilomicetófago junto con los Scolytinae que son más diversos (Wood, 1982) y con mayor interés científico. Está forma de estudiarlos junto con los Scolytinae ha ocasionado, por lo general, que queden relegados en las inferencias científicas. De la región Neotropical pocos estudios ecológicos de este grupo de Curculionidae se conocen, la mayoría han sido realizado en

México (Pérez de la Cruz *et al.*, 2011; Pérez de la Cruz *et al.*, 2016) y Brasil (Da Silva *et al*., 2014; Macedo-Reis *et al*., 2016).

Investigaciones sobre escarabajos xilomicetófagos afirman que este gremio requiere, en su hábitat, de altos contenidos de humedad, temperatura y recursos alimenticios para sus hongos simbiontes (Maeto y Fukuyama, 2003; Hulcr *et al*., 2008). Lo que conlleva a que dentro del bosque los xilomicetófagos, como los Scolytinae, presenten variaciones poblacionales y estructurales de la comunidad según la estacionalidad, y el estrato vertical del bosque, existiendo más riqueza y abundancia en el sotobosque (Leksono *et al.*, 2005; Dodds, 2014). Partiendo de las anteriores afirmaciones y con el objetivo de aportar al conocimiento ecológico de los Platypodinae, se realizó el presente estudio en un ecosistema de tierras bajas (Isla Barro Colorado) ubicado en la vertiente atlántica del Canal de Panamá. Con el propósito de identificar las variaciones de la comunidad de Platypodinae dentro del estrato vertical del bosque y a lo largo de los meses del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

Para realizar el presente trabajo se utilizó material entomológico recolectado en la Isla Barro Colorado (BCI), Panamá (fig. 1). La isla se localiza en el lago Gatún del Canal de Panamá (fig. 1b) en las coordenadas 09°10'N y 79°51'W (Windsor, 1990; Leigh, 1999; Ovalle y Sánchez, 2001). Tiene una extensión de 15.6 kilómetros cuadrados; está cubierta principalmente por un bosque semicaducifolio joven de 100 años (Lang, 1983; Foster y Brokaw, 1990). La estación seca comienza a finales de diciembre o inicios de enero extendiéndose hasta finales de abril o inicios de mayo. La temporada lluviosa inicia desde el mes de mayo y finaliza en diciembre (Windsor, 1990). Presenta precipitaciones hasta de 2600 milímetros anuales; la temperatura promedio anual es de 27°C, humedad relativa promedio de 83,9% y tasas de evapotranspiración de 100 mm por mes (Lang, 1983; Windsor, 1990; Condit, 1998; Condit *et al.*, 2000).

Captura y procesamiento del material biológico

Durante los años 2015 y 2016 se revisaron muestras de Platypodinae recolectadas en BCI por el Programa de Monitoreo de Flora y Fauna del Smithsonian Tropical Research Institute (STRI). Los especímenes provenían

de capturas semanales realizadas entre los años 1987-1990. Las capturas se realizaron con dos trampas Pensilvania de luz ultravioleta modificadas con cuatro láminas acrílicas (49 cm de alto, 13.5 cm de ancho y 0.6 cm de espesor); estas modificaciones les daban a las trampas funciones de intercepción (González, 2005). Las trampas estaban ubicadas en un área del bosque tropical semicaducifolio de la isla (fig. 1c), una instalada en el sotobosque y otra en el dosel, a alturas de 3 y 27 metros respectivamente. El tiempo efectivo de captura de las trampas fue constante, trabajando durante cuatro años, las 24 horas del día. Las muestras se recolectaron semanalmente, depositadas en viales de vidrio con alcohol al 70% como preservante y rotuladas con información relacionada a estrato y fechas de colectas. La limpieza, separación, mantenimiento y revisión de las muestras se realizó en las instalaciones del Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá (PCMENT).

Identificación taxonómica

Los especímenes fueron identificados taxonómicamente en las instalaciones del PCMENT. La identificación taxonómica se realizó hasta el nivel de géneros y especies. Para la identificación de Platypodinae se utilizaron las claves de Chapuis (1865), Blandford (1905), Schedl (1972) y Wood (1993), así como los recursos del sitio http://www.barkbeetles.info (Atkinson, 2016). Para confirmar o corroborar algunas de las identificaciones se consultó la colección de referencia del PCMENT. Una vez realizada la identificación taxonómica, se organizó una base de datos en el programa Microsoft Excel 2016 con un total de 2019 registros.

Análisis estadísticos

Para determinar diferencias estadísticas en la abundancia y riqueza entre los estratos se realizaron Pruebas de Bondad de Ajuste (PBA) utilizando la distribución Ji Cuadrada. Para esta prueba se utilizó el programa IBM SPSS Statistics versión 23. Para determinar la existencia de dependencia entre las especies y el estrato del bosque donde fueron colectadas se utilizó el Análisis de Correspondencia Simple (ACS) con el programa XLSTAT versión 18.06.

Se calcularon índices de diversidad alfa y beta. En la diversidad alfa, se calcularon los índices de dominancia de Simpson y el de Fisher; el primero se utilizó para identificar si existe alguna especie dominante en cada estrato, mientras que el de Fisher se implementó para estimar la diversidad alfa de

cada estrato donde se colectaron las especies. Para la diversidad beta se calcularon los índices de Jaccard y Bray-Curtis. Los cálculos de diversidad alfa y beta se realizaron con los programas EstimateS versión 9.1.0, BioDiversity Pro versión 2 y PAST versión 3.14.

Para determinar diferencias estadísticas en la distribución temporal de la abundancia y riqueza de Platypodinae en cada estrato se realizaron Análisis de Varianza de Medidas Repetidas o ANOVA de medidas repetidas (ANOVAMR). Los datos de abundancia se transformaron con el logaritmo natural Ln(n), para que cumplieran los supuestos de normalidad. Para determinar diferencias estadísticas entre los estratos durante los meses del año, se utilizaron Pruebas de Bondad de Ajuste (PBA) con el estadístico Ji Cuadrado. Las comparaciones estadísticas de ANOVAMR y PBA se realizaron con el programa STATISTICA versión 8. Para todas las pruebas estadísticas se estableció un nivel de significancia de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de Platypodinae

Un total de 16 especies de Platypodinae se encontraron en los muestreos (cuadro 1). Según los estimadores de riqueza ACE y Chao 1, la riqueza de Platypodinae puede estar conformada por 22 especies (fig. 2); además, estos estimadores indicaron que, con la intensidad de muestreo y la trampa utilizada en este estudio, se llegó a conocer el 73% de las especies de Platypodinae de la localidad muestreada.

Se capturaron un total de 2019 especímenes; estos fueron capturados en ambos estratos, con cantidades de 1284 y 735 especímenes en el sotobosque y dosel respectivamente (cuadro 1). La especie más capturada fue *Euplatypus parallelus*, que representó el 70.88% de las capturas; las demás especies fueron capturadas en porcentajes menores al ocho por ciento (fig. 3).

La riqueza y abundancia de Platypodinae capturada en el presente estudio está condicionada por la intensidad de muestreo y por la cantidad y el tipo de trampas utilizadas. Según Attkinson (2013), las trampas lumínicas no colectan con mucha frecuencia especies de escarabajos ambrosiales y descortezadores, debido a que la mayoría de las especies son de hábitos diurnos, pasan la mayor parte de su ciclo de vida dentro de sus plantas hospederas y que el único momento en

que están fuera de sus hospederos es cuando están camino a la próxima planta. El tipo de trampa frecuentemente utilizada en los estudios de escarabajos ambrosiales y descortezadores son las trampas de embudos tipo Lindgren, cebadas con semioquímicos (Lindgren, 1983; Erbilgin y Raffa, 2001; Macías *et al.*, 2004; Seybold *et al.*, 2006; Miller y Crowe, 2011; Sanders, 2011). Capturas de platipódinos realizadas por Pérez de la Cruz *et al.*, (2011) fueron más eficientes utilizando alcohol etílico al 70% como atrayente en comparación de la luz fluorescente.

La prevalencia de *Euplatypus parallelus* encontradas en las capturas es frecuente en los estudios de escarabajos ambrosiales platipódinos. Investigaciones realizadas en bosques de Brasil registran la dominancia de esta especie en los muestreos (Da Silva *et al*., 2014; Macedo-Reis *et al*., 2016); de igual forma, en estudios realizados en localidades mexicanas (Pérez de la Cruz *et al*., 2011; Pérez de la Cruz *et al*., 2016). Aunque la diversidad encontrada en el presente estudio es válida e importantes para el conocimiento de la comunidad de Platypodinae en la Isla Barro Colorado, es parcial e incompleta. La trampa utilizada en este estudio ha sido modificada (ver detalles en la sección materiales y métodos); la misma funciona durante el día que es cuando las especies de Platipodinae son activas. Sin embargo, para estudios posteriores se deben utilizar las técnicas de captura apropiadas para este grupo de insectos (trampas de intercepción y de embudos cebadas con alcohol etílico y colecta en hospederos), así como el muestreo de los diferentes sitios de BCI.

Distribución vertical

En el sotobosque se capturaron 15 especies, mientras que en el dosel fueron 13 (cuadro 2). De la cantidad de especies totales encontradas en el estudio, 12 se capturaron en ambos estratos, es decir que la riqueza se compartió en un 75%. Las cantidades de especies de los estratos no fueron diferentes estadísticamente (Prueba de Bondad de Ajuste (PB), X^2=0.1428, p>0.7054, gl=1). Con respecto a las capturas obtenidas en los estratos fueron mayores en el sotobosque (1284 especímenes) en comparación que el dosel (735), existiendo diferencias significativas entre los estratos (PBA, X^2= 149.28, p>0.0001, gl=1). Según el Análisis de Correspondencia Simple (ACS), existe dependencia de las especies, sus abundancias y el estrato donde fueron capturadas ($X2$= 147.74, p< 0.0001), lo que indicaría que la abundancia de las especies varía entre los estratos.

El índice de diversidad Alfa de Fisher indica que la diversidad encontrada fue mayor en el sotobosque. Mientras que en el dosel la dominancia fue mayor (0.68). Lo que indicaría que, en el sotobosque, las especies capturadas estaban mejor representadas y en el dosel había una especie que se capturó en mayor cantidad que las demás, siendo *Euplatypus parallelus* la especie dominante en los muestreos. Este patrón podría estar relacionado con la presencia de mayor cantidad de biomasa vegetal representada por troncos y ramas muertas y/o en proceso de descomposición, en el sotobosque. Esta biomasa, que se acumula en este estrato, podría explicar la mayor diversidad y abundancia de las especies en el sotobosque como lo sugieren algunos autores (Pérez de la Cruz *et al.*, 2016).

Según los resultados se evidencian mayores capturas y diversidad en el sotobosque, además que las abundancias de cada especie no se comportan igual entre estrato, sino que tienden a ser más abundantes en un estrato mientras en el otro no. Aunque los Platypodinae son casi en su totalidad de distribución tropical (Wood, 1982), muy pocos estudios relacionados con la distribución vertical de este grupo se han realizado en el área Neotropical. Los estudios realizados en este grupo están enfocados principalmente en su distribución temporal, así como estudios de abundancia poblacional de especies dominantes y de importancia económica (Pérez de la Cruz *et al.*, 2011; Da Silva *et al.*, 2014; Macedo-Reis *et al*., 2016; Pérez de la Cruz *et al*., 2016).

Los patrones observados en los platipódinos pueden estar relacionados con su actividad trófica dentro del ecosistema. Según Wood (1982), más del 99% de las especies de Platypodinae son de hábitos xilomicetófagos. Está condición alimenticia los condiciona a ser más abundantes y, de cierta forma, diversos en los lugares donde hay recursos alimenticios y las condiciones ambientales para el desarrollo de los hongos simbiontes asociados. Según Maeto y Fukuyama (2003), los xilomicetófagos son descomponedores de árboles muertos, ramas y semillas. Sin embargo, este grupo trófico es más abundante en condiciones de lugares con alto contenido de humedad que en sitios con alta temperatura y bajas humedades (Hulcr *et al*., 2008). Esto último está relacionado con varias condiciones microambientales y biológicas que afectan el establecimiento y el crecimiento de los hongos simbióticos asociados con los xilomicetófagos (Maeto y Fukuyama, 2003).

Distribución temporal

Las cantidades de especies capturadas entre los estratos a lo largo de los meses del año no fueron diferentes estadísticamente, tampoco fueron diferentes a nivel de cada estrato durante los meses ($F=1.73$, $p<0.090$, $gl=11$). Con respecto a las capturas, según las pruebas X^2 (cuadro 3), a lo largo de los meses del año fueron estadísticamente mayores en el sotobosque en comparación del dosel durante los meses de enero a abril, junio y julio; en los demás meses no se encontraron diferencias estadísticas entre las capturas de los estratos. A nivel de cada estrato, sólo en la distribución temporal del dosel se encontraron diferencias significativas en los meses ($F=3.14$, $p<0.010$, $gl=11$). Las pruebas *post-hoc* de Tukey indicaron que existen diferencias estadísticas en las capturas del dosel entre el mes de febrero y los meses de mayo ($p= 0.018$, $gl= 10.091$) y octubre ($p= 0.047$ $gl= 10.091$), registrándose menores capturas en el mes de febrero (fig. 4).

Por medio del análisis realizado en el presente estudio se identifica que la cantidad de especies encontradas en cada estrato durante los meses del año fue similar estadísticamente; de igual forma la comparación de cantidad de especies de cada estrato por mes del año. Estos resultados orientan a concluir que la comunidad de Platypodinae, en términos de riqueza, es estable durante los meses del año en cada estrato, así como entre los estratos. No obstante, es probable que exista una dinámica en la composición de la riqueza de la comunidad que no sería recomendable predecir con los datos de este estudio, ya que, por el tipo y técnica de muestreo utilizada, generaría inferencias poco confiables. Otro aspecto importante es que existen muy pocos estudios sobre distribución temporal de la comunidad de Platypodinae; la mayoría de los estudios se han enfocado en la fluctuación poblacional de especies como, por ejemplo, Pérez-de la Cruz *et al.*, (2011), Da Silva *et al.,* (2014) y Pérez-de la Cruz *et al.*, (2016).

Con respecto a los resultados y análisis estadísticos de las capturas se evidencia que, en el sotobosque, las capturas fueron estables y que las variaciones numéricas encontradas en el dosel coincidieron principalmente con los meses de la época seca considerados en la Isla Barro Colorado (Windsor, 1990). Los Platypodinae son un grupo de insectos casi exclusivamente con hábitos xilomicetófagos (Wood, 1982), los cuales están asociados con hongos que crecen sobre la madera y son utilizados como alimento por estos insectos (Hulcr y Stelinski, 2016). Los xilomicetófagos son predominantes descomponedores tempranos de árboles muertos, ramas y semillas, siendo muy abundantes en los

bosques tropicales (Maeto y Fukuyama, 2003). Sin embargo, este grupo trófico es más abundante en condiciones de lugares con alto contenido de humedad (Hulcr *et al.*, 2008). Esto último está relacionado con varias condiciones microambientales y biológicas que afectan el establecimiento y el crecimiento de los hongos simbióticos en la madera (Maeto y Fukuyama, 2003). Es muy probable que el patrón de distribución temporal y vertical de los xilomicetófagos, en los meses de verano, esté relacionado con la mayor humedad y disponibilidad de recursos en el sotobosque.

CONCLUSIONES

En una sección del bosque de la Isla Barro Colorado, Panamá, se capturaron durante cuatro años de muestreo 16 especies de escarabajos de la subfamilia Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae), considerándose que, con la intensidad de muestreo y la trampa utilizada, se llegó a conocer el 73% de las especies de la localidad muestreada. La especie *Euplatypus parallelus* fue la más abundante.

La diversidad y la abundancia de los Platypodinae se caracterizó por ser mayor en el sotobosque. En el dosel, en los meses de verano, la abundancia fue menor en comparación al sotobosque.

Las capturas presentaron distribución temporal en el dosel, caracterizadas por ser menores en los meses de verano, mientras que, en el sotobosque, las capturas fueron estables durante todos los meses del año.

Los Platypodinae presentaron patrones de distribución vertical y temporal, siendo estables en abundancia en el sotobosque en comparación del dosel, lo cual está relacionado con la humedad necesaria y la disponibilidad de recursos alimenticios para este grupo de insectos y sus simbiontes.

SUMMARY

DIVERSITY, VERTICAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION OF THE PLATYPODINAE AMBROSIA BEETLES (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) IN BARRO COLORADO ISLAND, PANAMA.

In Barro Colorado Island, a tropical ecosystem in the Atlantic basin of the Panama Canal, diversity, vertical and temporal distributions of Platypodinae

(Coleoptera: Curculionidae) were studied. The catches were taken with Pennsylvania ultraviolet light traps located in the canopy and understory, at heights of 3 and 27 meters respectively. The effective capture time of the traps was for four years, 24 hours of the day. The specimens were identified taxonomically at the species level and their abundances were quantified by stratum of the forest and by months of the year. Sixteen species were captured, considering that 73% of the species of the sampled locality was captured. *Euplatypus parallelus* was the most abundant species. The diversity and abundance was greater in the understory. In the canopy, in the summer months, abundance was lower compared to the understory. The temporal distribution of abundance in the canopy was lower in the summer months, while in the understory the catches were stable every month. The patterns of vertical and temporal distribution of abundance in the understory are related to the necessary humidity and the availability of food resources for these insects and their symbionts.

KEYWORDS: Canopy, understory, tropical ecosystem.

AGRADECIMIENTOS

A las siguientes instituciones, las cuales realizaron aportes imprescindibles para efectuar la presente investigación: al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD) por el apoyo financiero; al Programa Centroamericano de Maestría en Entomología de la Universidad de Panamá (PCMENT) por el préstamo de instalaciones y equipos y al Smithsonian Tropical Research Institute (STRI) de Panamá por permitir el acceso al material entomológico de Platypodinae; a la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT) por el apoyo a uno de los autores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINSON, T.H. y EQUIHUA-MARTÍNEZ, A. 1985. Lista comentada de los coleópteros Scolytidae y Platypodidae del valle de México. ***Folia Entomológica Mexicana***, 65, 63-108.

ATKINSON, T.H. 2013. Estado de conocimiento de la taxonomía de los escarabajos descortezadores y ambrosiales de México (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **XVI Simposio Nacional de Parasitología Forestal,** Comisión Nacional Forestal. 306: 13-28.

ATKINSON, T.H. 2016. **Bark and Ambrosia Beetles (en línea).** Disponible en http://www.barkbeetles.info

BEAVER, R.A. 2013. The invasive neotropical ambrosia beetle *Euplatypus parallelus* (Fabricius, 1801) in the oriental region and its pest status (Coleoptera: Curculionidae, Platypodinae). ***Entomologist's Monthly Magazine,*** 149, 143-154.

BLANDFORD, W.F.H. 1905. Fam. Scolytidae. ***Biol.Centrali-Americana,*** 4(6), 81-298.

CASAUBON, E., CUETO, G. y SPAGARINO, C. 2006. Diferente comportamiento de *Megaplatypus mutatus* (=*Platypus sulcatus*) (CHAPUIS, 1865) en un ensayo comparativo de rendimiento de 30 clones de *Populus deltoides* Batr. en el bajo Delta Bonaerense del Río Paraná. ***Revista de Investigaciones Agropecuarias,*** 35(2),103-115.

CHAPUIS, F. 1865. **Monographie des Platypides.** Ed. LIÈGE, Bélgica. 369 pp.

CIBRIÁN, T.D., MÉNDEZ M, J.T., CAMPOS B, R., YATES III, H.O. y FLORES, J.E. 1995. **Insectos Forestales de México/Forest Insects of Mexico**. México: Universidad Autónoma Chapingo. 453 pp.

CONDIT, R. 1998. Ecological implications of changes in drought patterns: shifts in forest composition in Panama. ***Climatic Change***, 39 (2-3), 413-427.

CONDIT, R., WATTS, K., BOHLMAN, S.A., PÉREZ, R., HUBBELL, S.P. y FOSTER, R.B. 2000. Quantifying the deciduousness of tropical forest canopies under varying climates. ***Journal of Vegetation Science***, 11 (5), 649-658.

DA SILVA, J.C.P., PINHEIRO, G.C. y FLECHTMANN, C.A.H. 2014. Influence of tapping on the abundance of Scolytinae and Platypodinae (Curculionidae) in *Hevea brasiliensis* in northwestern São Paulo State, Brazil. IV Congresso Brasileiro de Heveicultura, 24-26 June 2015.

DODDS, K.J. 2014. Effects of trap height on captures of arboreal insects in pine stands of northeastern United States of America***. The Canadian Entomologist,*** 146 (01), 80-89.

ERBILGIN, N. y RAFFA, K.F. 2001. Modulation of predator attraction to pheromones of two prey species by stereochemistry of plant volatiles. ***Oecologia,*** 127, 444-453.

FOSTER, R.B. y BROKAW, N.V.L. 1990. Estructura e historia de la vegetación de la Isla de Barro Colorado. En: **Ecología de un bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo**. Eds: Leigh, G.R., Rand, A.S. y Windsor, D.M. p 113-128. Washington: Smithsonian Institution Press.

GONZÁLEZ T, M.A. 2005. **Estratificación vertical, diversidad y estacionalidad de Coleoptera: Curculionoidea en la Isla Barro Colorado.** Tesis. Universidad de Panamá, Ciudad de Panamá, Panamá. 105 pp.

HULCR, J., BEAVER, R.A., PURANASAKUL, W., DOLE, S.A. y SONTHICHAI, S. 2008. A comparison of bark and ambrosia beetle communities in two forest types in Northern Thailand (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae and Platypodinae). ***Environmental Entomology,*** 37(6), 1461-1470.

HULCR, J. y STELINSKI, L.L. 2017. The ambrosia symbiosis: from evolutionary ecology to practical management. ***Annual review of entomology,*** 62, 285-303.

JORDAL, B. H. 2015. Molecular phylogeny and biogeography of the weevil subfamily Platypodinae reveals evolutionarily conserved range patterns. ***Molecular phylogenetics and evolution,*** 92, 294-307.

LANG, G. 1983. Tree growth, mortality, recruitment and canopy gap formation during a 10 year period in a tropical moist forest. ***Ecology***, 64 (5), 1075-1080.

LEIGH, E.G. 1999. **Tropical Forest Ecology: a view from Barro Colorado Island.** New York: Oxford University Press. 245 pp.

LEKSONO, A. S., TAKADA, K., KOJI, S., NAKAGOSHI, N., ANGGRAENI, T., y NAKAMURA, K. 2005. Vertical and seasonal distribution of flying beetles in a suburban temperate deciduous forest collected by water pan trap. ***Insect Science,*** 12 (3), 199-206.

LINDGREN, B.S. 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). ***The Canadian Entomologist,*** 115(03), 299-302.

MACEDO-REIS, L.E., DE NOVAIS, S.M.A., MONTEIRO, G.F., FLECHTMANN, C.A.H., DE FARIA, M.L. y DE SIQUEIRA NEVES, F. 2016. Spatio-Temporal Distribution of Bark and Ambrosia Beetles in a Brazilian Tropical Dry Forest. ***Journal of Insect Science,*** 16(1), 1-9.

MACÍAS SÁMANO, J.E., NIÑO DOMÍNGUEZ, A., CRUZ LÓPEZ, J.A. y ALTÚZAR MÉRIDA, R. 2004. **Monitoreo de descortezadores y sus depredadores mediante el uso de semioquímicos**. México: Colegio de la Frontera Sur. 27 pp.

MAETO, K. y FUKUYAMA, K. 2003. Vertical stratification of ambrosia beetle assemblage in a lowland rain forest at Pasoh, Peninsular Malaysia. En **Pasoh: ecology of a lowland rain forest in Southeast Asia.** Eds: Okuda, T., Manokaran, N., Matsumoto, Y., Niiyama, K., Thomas, S.C. y Ashton, P.S. p. 325-336.

MILLER, D.R. y CROWE, C.M. 2011. Relative performance of Lindgren multiple-funnel, intercept panel, and colossus pipe traps in catching Cerambycidae and associated species in the southeastern United States. ***Journal of Economic Entomology,*** 104(6), 1934-1941.

OVALLE, K. y SÁNCHEZ, V. 2001. **Diversidad de Curculionoidea en el bosque del Monumento Natural Barro Colorado, capturados con trampas Malaise.** Tesis Licenciatura, Universidad de Panamá, Panamá. 123 pp.

PÉREZ DE LA CRUZ, M., VALDÉZ CARRASCO, J.M., ROMERO NÁPOLES, J., EQUIHUA MARTÍNEZ, A., SÁNCHEZ SOTO, S. y PÉREZ, C. 2011. Fluctuación poblacional, plantas huéspedes, distribución y clave para la identificación de Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) asociados al agroecosistema cacao en Tabasco, México. ***Acta Zoológica Mexicana,*** 27(1), 129-143.

PÉREZ-DE LA CRUZ, M., HERNÁNDEZ-MAY, M.A., DE LA CRUZ-PÉREZ, A., y SÁNCHEZ-SOTO, S. 2016. Scolytinae y Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) de dos áreas de conservación en Tabasco, México. ***Revista de Biología Tropical,*** 64(1), 335-342.

PLOETZ, R.C., HULCR, J., WINGFIELD, M.J., y DE BEER, Z.W. 2013. Destructive tree diseases associated with ambrosia and bark beetles: black swan events in tree pathology?. ***Plant Disease,*** 97(7), 856-872.

SANDERS J, S.E. 2011. **Evaluación de tres compuestos simuladores de alfa pineno y sinérgicos de frontalín para la captura de gorgojos descortezadores de pino y fauna asociada en trampas de embudo múltiple en el municipio de San Fernando, Nueva Segovia.** Tesis de Ingeniería. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua. 48 pp.

SCHEDL, K.E. 1972. **Monographie der Famile Platypodidae (Coleoptera).** Junk, The Hague. 322 pp.

SEYBOLD, S.J., HUBER, D.P.W., LEE, J.C., GRAVES, A.D. y BOHLMANN, J. 2006. Pine monoterpenes and pine bark beetles: a marriage of convenience for defense and chemical communication. ***Phytochemistry Reviews,*** 5, 143-178.

SOTO, H.M., GARCÍA, O., y CARBAJAL, C. 2013. Fauna de Curculionidae (Coleoptera) en huertas de aguacate Hass (*Persea americana* Mill) en Xalisco, Nayarit. ***Dugesiana,*** 20(2), 93-98.

WINDSOR, D.M. 1990. **Climate and Moisture Variability in a Tropical Forest: Longterm Records from Barro Colorado Island, Panamá**. Smithsonian Contribution to the Earth Sciences. Washington: Smithsonian Institution Press. 145 pp.

WOOD, S.L. 1982. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae), a taxonomic monograph. ***Great Basin Naturalist Memoirs,*** (6), 1-1356.

WOOD, S.L. 1993. Revision of the genera of Platypodidae (Coleoptera). ***Great Basin Naturalist,*** 53, 259-281.

ZANUNCIO, A.J.V., PASTORI, P.L., KIRKENDALL, L.R., LINO-NETO, J., SERRÃO, J.E., y ZANUNCIO, J.C. 2010. *Megaplatypus mutatus* (Chapuis) (Coleoptera: Curculionidae: Platypodinae) attacks hybrid *Eucalyptus* L'Héritier De Brutelle clones in Southern Espírito Santo, Brazil. ***The Coleopterists Bulletin,*** 64(1), 81-83.

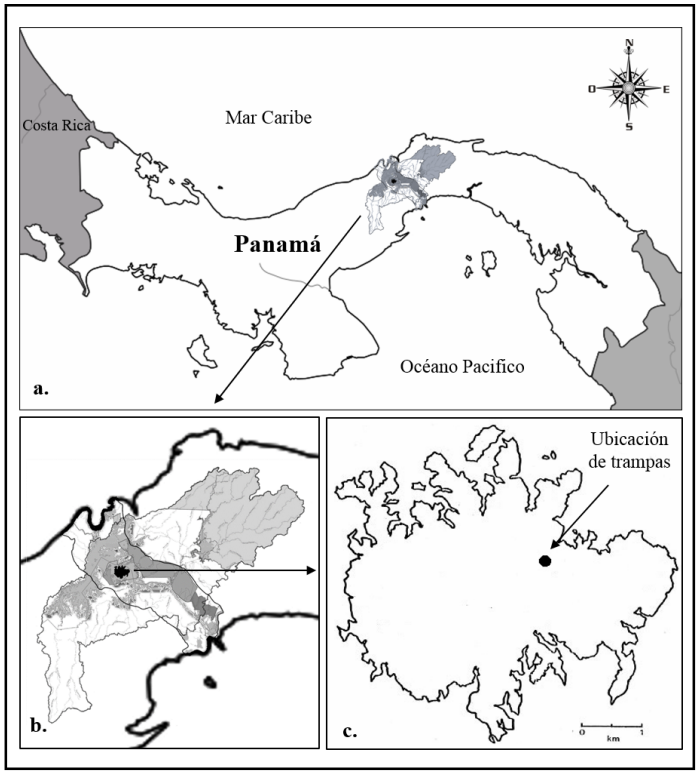


Figura 1. Ubicación de la Isla Barro Colorado, Panamá. **a.** ubicación en la República de Panamá. **b.** ubicación en el Área del Canal de Panamá y **c.** detalle de la isla con indicación de la ubicación de las trampas utilizadas.

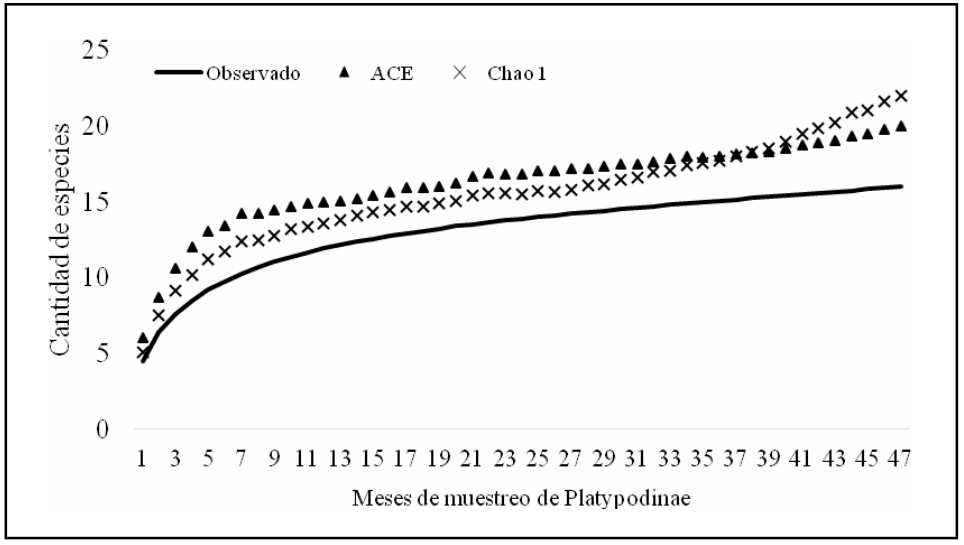


Figura 2. Curva de acumulación de especies de Platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) capturadas (observadas) y esperadas en la localidad muestreada de Isla Barro Colorado.

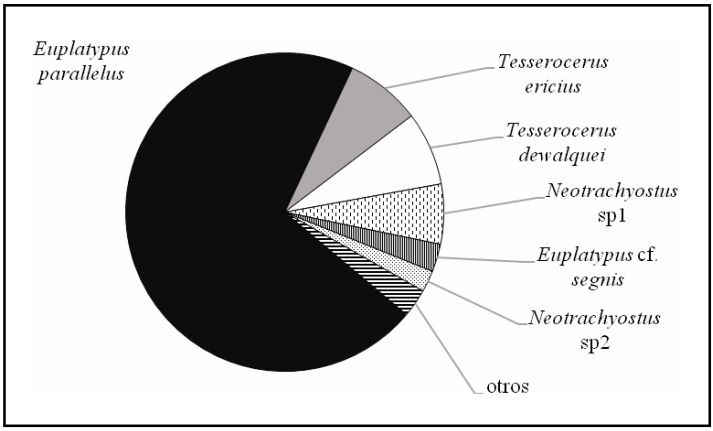


Figura 3. Distribución porcentual de las capturas de especies de Platypodinae; capturados en Isla Barro Colorado.

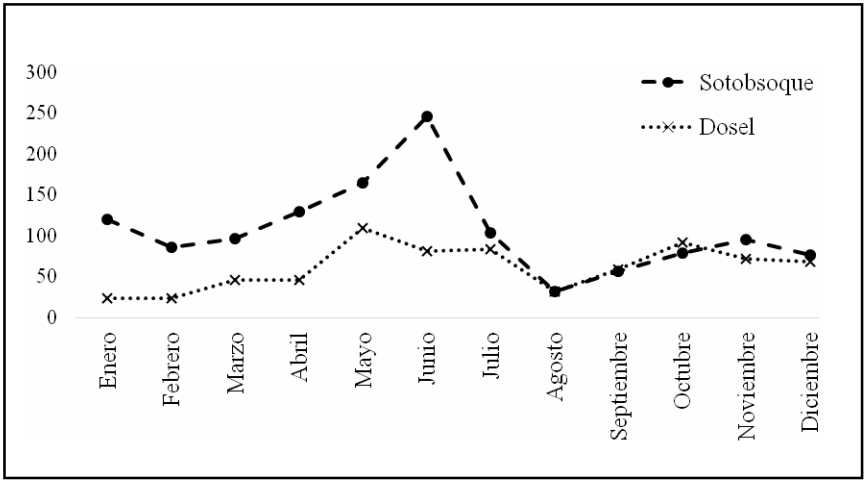


Figura 4. Distribución temporal de las capturas de Platypodinae por estratos.

Cuadro Nº 1
Abundancia de las especies de Platypodinae capturadas en el sotobosque y en el dosel del bosque de Isla Barro Colorado, Panamá.

Especies	Abundancias por estratos		Total
	Sotobosque	Dosel	
Euplatypus parallelus (Fabricius) 1801	827	604	1431
Tesserocerus ericius Blandford 1896	109	46	155
Tesserocerus dewalquei Chapuis 1865	142	9	151
Neotrachyostus sp1.	109	14	123
Euplatypus cf. *segnis*	26	31	57
Neotrachyostus sp2.	38	6	44
Costaroplatus pulchellus (Chapuis) 1865	11	8	19
Teloplatypus cf. *ustulatus*	11	4	15
Mecopelmus cf. *zeteki*	1	6	7
Euplatypus cf. *cribicollis*	3	2	5
Megaplatypus cf. *mutatus*	2	2	4
Teloplatypus sp1	2	2	4
Megaplatypus cf. *limbatus*	1	-	1
Conocephalus sp.	-	1	1
Megaplatypus sp.	1	-	1
Teloplatypus sp2.	1	-	1
Total	**1284**	**735**	**2019**

Cuadro Nº 2
Abundancia, riqueza e índices de diversidad de Platypodinae capturados en el sotobosque y dosel de la Isla Barro Colorado, Panamá

Atributos	Estrato		Total
	Sotobosque	Dosel	
Especies capturadas*	15a	13a	**16**
Especies presentes en ambos estratos	12		**12**
Especímenes capturados*	1284a	735b	**2019**
Índice de diversidad alfa: Alfa de Fisher	17.36	16.41	-
Índice de diversidad alfa: Dominancia de Simpson	0.44	0.68	-
Índice de diversidad Beta: Jaccard	0.75		

* letras diferentes en la misma fila indican diferencias significativas.

Cuadro 3

Abundancia y riqueza de Platypodinae capturados en los estratos durante los meses del año. Las Pruebas de Bondad de Ajuste con el estadístico Ji Cuadrado son aplicados a la abundancia y riqueza de las especies entre estratos.

Mes	Sotobosque		Dosel		Pruebas Ji Cuadrada entre estratos	
	No.[a]	Spp.[b]	No.	Spp.	Abundancia	Especies
Enero	120	9	24	5	X^2= 64.00 p< 0.000, gl=1	X^2= 1.1428 p > 0.2850, gl=1
Febrero	86	8	23	5	X^2= 36.4128 p< 0.000, gl=1	X^2= 0.6923 p > 0.4053, gl=1
Marzo	96	7	46	7	X^2= 17.6056 p< 0.000, gl=1	X^2= variable constante
Abril	129	4	46	3	X^2= 39.3657 p< 0.000, gl=1	X^2= 0.1428 p > 0.7054, gl=1
Mayo	165	6	109	6	X^2= 11.4452 p< 0.000, gl=1	X^2= variable constante
Junio	246	8	81	4	X^2= 83.2568 p< 0.000, gl=1	X^2= 1.3333 p > 0.2482, gl=1
Julio	104	8	83	4	X^2= 2.3582 p > 0.1246, gl=1	X^2= 1.3333 p > 0.2482, gl=1
Agosto	32	3	32	5	X^2= variable constante	X^2= 0.500 p > 0.4795, gl=1
Septiembre	56	5	59	3	X^2= 0.0782 p > 0.7796, gl=1	X^2= 0.500 p > 0.4795, gl=1
Octubre	79	7	92	7	X^2= 0.9883 p > 0.3201, gl=1	X^2= variable constante
Noviembre	95	8	72	7	X^2= 3.1676 p > 0.0751, gl=1	X^2= 0.066 p > 0.7962, gl=1
Diciembre	76	6	68	5	X^2= 0.4444 p > 0.5049, gl=1	X^2= 0.090 p > 0.7630, gl=1

[a] **No.:** número de especímenes capturados.
[b] **Spp.:** número de especies.

Recibido: 7 septiembre de 2017.
Aceptado: 9 de noviembre de 2017.

6

EL MICÓFAGO *Scaphidomorphus bosci* Guérin-Méneville, 1841 (COLEOPTERA: EROTYLIDAE) Y SU HONGO *Trichoderma* sp. COMO ALIMENTO, PROVINCIA DE DARIÉN, PANAMÁ.

ALONSO SANTOS MURGAS[1]; *DALILA MONTAÑEZ[2]; LUZ E. BARRÍA[3]

[1]Universidad de Panamá; Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild.
[2]Departamento de Microbiología y Parasitología, Universidad de Panamá.
[3]Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Becario de SENACYT. e-mail: alonso.santos@up.ac.pa ; luzbarria22@hotmail.com; prof.dalmontz.up@gmail.com.
Autor de correspondencia: Dalila Montañez

RESUMEN

La familia Erotylidae comprende más de 280 géneros y de 3 500 especies a nivel mundial, siendo una de las más diversas de la superfamilia Cucujoidea, se alimentan de hongos y son de colores vistosos. En el Parque Nacional Darién se reconocen 14 géneros y 37 especies agrupadas en dos subfamilias: Erotylinae y Tritominae. Este trabajo tiene como objetivo reportar el hongo con el cual se alimentan estadios inmaduros y adultos del escarabajo *Scaphidomorphus bosci* Guérin-Méneville, 1841 en el Parque Nacional Darién. Se realizaron 12 visitas al campo entre los años 2013 a 2017 en la Estación Rancho Frío, Provincia de Darién. Se realizaron tres transeptos de 2 km en los senderos, dentro del bosque, inspeccionando sobre troncos y madera en descomposición para detectar la presencia del escarabajo *S. bosci*. Se colectaron un total de 32 adultos, 135 larvas y 128 pupas, ubicadas del escarabajo, ubicados sobre macrohongo creciendo sobre madera muerta. Se

colectaron muestras del macrohongo y se trasladaron al laboratorio, siguiendo las normas indicadas por el personal del Laboratorio de Microbiología y Parasitología, de la Escuela de Biología, de la Universidad de Panamá. Los sitios de muestreo fueron geo-referenciados y se tomaron datos biológicos y ecológicos donde se localizaron los escarabajos. El hongo fue aislado e identificado como *Trichoderma* (Ascomycota, Hypocreales (Hypocreaceae, Teleomorfo Hypocrea), presente en casi todos los suelos y crece sobre madera muerta, corteza, estiércol, otros hongos, materiales de construcción y animales, incluidos los humanos, demostrando gran oportunidad potencial y adaptación a las condiciones ecológicas. En conclusión, la relación hongo-escarabajo *S. bosci* podría ser un "hongo maleza" que forma parte de la dieta del escarabajo, pudiendo tener también una relación comensalista con el escarabajo y ser usado como una fuente suplementaria de alimento.

PALABRAS CLAVES: Escarabajos, hongos, Parque Nacional Darién.

INTRODUCCIÓN

Los escarabajos de la familia Erotylidae Latreille, 1802 tienen una variabilidad extraordinaria. Sus tamaños van desde 1,5 mm hasta 30 mm y sus formas pueden ser desde alargadas, casi cilíndricas o aplanadas, hasta casi circulares con el dorso muy convexo. Se diferencian especies con actividad diurna, con colores brillantes, generalmente rojo, anaranjado, amarillo o morado en combinación con negro, formando patrones de rayas, manchas o anillos y ojos con facetas finas, de otras que por el contrario son nocturnas; son mucho más lentas; su coloración es más opaca, y tienen ojos gruesamente facetados. Las coloraciones contrastantes y con brillo vistoso pueden ser advertencias aposemáticas para los depredadores, informándoles sus propiedades tóxicas en caso de ser probados como alimento (Wegrzynowicz, 2002; Leschen, 2003).

Los escarabajos de los hongos de la familia Erotylidae, tienen antenas con los tres o cuatro últimos segmentos formando una clava, fórmula tarsal 5-5-5, palpos maxilares generalmente dilatados (Skelley, 1999).

La subfamilia Erotilinae es la subfamilia con más especies, y todas ellas parecen estar exclusivamente asociadas a hongos basidiomicetos. Muchas especies son micófagas; tanto sus larvas como los adultos se alimentan de las fructificaciones de basidiomicotas que suelen crecer sobre tejidos enfermos o muertos de plantas (Robertson *et al.*, 2004; Skelley, 1999) y otras muchas se alimentan de plantas

vivas, pero también hay especies que se alimentan de tejidos vegetales muertos, o pueden ser saprófagas, polinívoras, o excepcionalmente alimentarse de sustancias de origen animal. Algunos erotílidos durante los períodos adversos pueden pasar por una etapa de reposo como imagos o pupas dentro o cerca de su fuente de alimento. Las larvas mudan tres veces antes de pupar (Robertson *et al.*, 2004).

Estos escarabajos adultos de erolítidos copulan sobre o cerca de la fuente de alimento, donde las hembras fertilizadas depositan sus huevos sobre el macrohongo y sus larvas se alimentan de los cuerpos fructíferos; por lo tanto, no causan daños visibles a las setas. Otros excavan galerías y depositan sus huevos dentro de madrigueras en el soporte duro del hongo, consumiendo todas las partes accesibles; mientras que las larvas de erotílidos superiores son herbívoras que se alimentan en la superficie de las fructificaciones o dentro del macrohongo (Andrew *et al.*, 2005). Todo lo anterior determina diferencias en las larvas que permiten distinguir grupos en la subfamilia Erotilinae. Las larvas frecuentemente son gregarias. En algunos casos, como en *Pselaphacus* spp., se han observado comportamientos casi sociales con protección materna del primer instar larvario (Wegrzynowicz, 2002; Leschen, 2003; Robertson *et al*., 2004; Simmirita y McHugh, 2010).

El género *Trichoderma* fue descrito por Persoon en 1794. Posteriormente, Rifai (1969) hizo el primer agrupamiento en especies agregadas que se utiliza hasta el presente, a pesar de las dificultades que se presentan para la identificación de especies por este método, debido a la cercanía morfológica y la evolución de las mismas (Martínez *et al*., 2013). Debido a cambios en el código de nomenclatura, el género *Trichoderma* ha sido propuesto para la conservación de su teleomorfo *Hypocrea* (Rossman *et al*., 2013). *Hypocrea* fue descrito por el micólogo Elias Fries en 1825 (Fries, 1825); es un género de hongos de la familia Hypocreaceae. Se estima que el género contiene 171 especies que crecen sobre madera podrida, y a menudo se asocian con otros hongos (Kirk *et al*., 2008). Los géneros anamórficos asociados con *Hypocrea* incluyen *Acremonium*, *Gliocladium*, *Trichoderma* y *Verticillium* (Hanlin, 1990).

Las especies pertenecientes al género *Trichoderma* (Hypocreales, Hypocreaceae, teleomorfo *Hypocrea*) son hongos de la división Ascomycota, saprótrofos que están presentes en casi todos los suelos y sobreviven en diferentes concentraciones de materia orgánica, pero también pueden desarrollarse en otros hábitats, encontrándose sobre material orgánico en

descomposición, creciendo en madera muerta, corteza, estiércol, otros hongos, materiales de construcción y animales, incluidos los humanos, demostrando gran oportunidad potencial y adaptación a las condiciones ecológicas (Grondona *et al*., 1997; Klein y Eveleigh, 1998; Villegas, 2005; Infante *et al.*, 2009; Druzhinina *et al*., 2011). *Trichoderma* son hongos de crecimiento rápido y muy comunes del suelo; poseen una alta capacidad enzimática que les permite colonizar rápidamente las raíces de plantas, pero también han desarrollado mecanismos para atacar, parasitar y/o alimentarse de otros hongos y así, aprovechar una fuente nutricional adicional. *Trichoderma* spp., producen conidios abundantes y tienen amplia gama de enzimas, que les permite habitar en casi todos los suelos agrícolas y en otros ambientes, demostrando gran plasticidad ecológica (Infante *et al*., 2009).

Como su hábitat es en el suelo, se le encuadra como control biológico de patógenos presentes en el mismo; no obstante, se ha demostrando que también tienen acción contra hongos causantes de enfermedades fungosas (Samuels *et al*., 2010; Schuster y Schmoll, 2010; Martínez *et al*., 2013). Actualmente, se han realizado muy pocos estudios acerca de la sobrevivencia, establecimiento y proliferación de este hongo antagonista en la naturaleza (Rodríguez, 1990).

En el presente trabajo se da a conocer el hongo con el cual se alimenta el escarabajo micófago *Scaphidomorphus bosci* Guerin-Menev, 1841 Erotylidae, Coleoptera en el Parque Nacional Darién (Fig. 1 y Fig. 2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron 12 visitas al campo entre los años 2013 y 2017 a la Estación Rancho Frío, Parque Nacional de Darién, Provincia de Darién. Las visitas fueron realizadas la primera a inicio de año (enero-junio), la segunda a mediados de año (julio-octubre) y la últimas al final de cada año (noviembre-diciembre).

Las muestras de los insectos se colectaron y guardaron en viales de vidrios con alcohol al 75%; posteriormente fueron llevadas al Museo Invertebrados G. B. Fairchild, para el procesamiento e identificación de los especímenes. Se ha seguido la clasificación de Arnett (1985), Alvarenga (1994) y Goodrich y Skelley (1994).

Se colectaron muestras del macrohongo donde se encontraron escarabajos de la familia Erotylidae, *Scaphidomorphus bosci* alimentándose. Se obtuvieron

cinco cultivos axénicos a partir de las colonias que se desarrollaron del material muestreado.

IDENTIFICACIÓN DEL HONGO

Aislamiento y caracterización de morfomacroscópica

Se extrajeron dos fragmentos de la muestra de macrohongo que crecía sobre madera muerta, fase sexual o teleomorfo del hongo (Fig. 3). Se sembraron los fragmentos en platos Petri con el medio de cultivo agar dextrosa de patata (PDA) y se incubaron a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 5 a 7 días (Fig. 4). Pasado el período de incubación se realizaron subcultivos en tubos inclinados con PDA o agar extracto de malta (AEM); se incubaron a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 30 días.

Los restos del macrohongo se colocaron en una cámara húmeda y se mantuvieron cerca de una ventana con luz natural e hidratados; se realizaron observaciones periódicas durante un período de 15 días. Pasado el período de observación, se realizaron resiembras del macrohongo, se tomaron tres muestras de tres áreas distintas y se sembraron los fragmentos del hongo en tubos con PDA inclinado e incubados a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 5 a 7 días. Pasado el período de incubación se realizaron subcultivos en tubos inclinados con PDA ó AEM; se incubaron a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 30 días.

Una vez terminado el período de incubación de los aislamientos puros, se caracterizaron macroscópicamente en morfotipo o morfoespecie y se observaron características en el micelio, como el color, elevación o profundidad de la colonia, la tasa de crecimiento, presencia o ausencia de micelio aéreo, textura, forma del margen, presencia de cuerpos fructíferos y color del agar. Los hongos aislados se mantuvieron a 4°C para su posterior identificación mediante el método de microcultivo.

Método de microcultivo

Al cabo de 30 días, luego de que se lograron reconocer macro morfológicamente los hongos aislados, se seleccionaron los aislamientos de los hongos obtenidos a partir de los tubos inclinados con PDA ó AEM y se sembraron en platos Petri con PDA e incubados a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 5 a 7 días,

para la reactivación de los mismos. A partir de los hongos aislados y reactivados, se realizaron los montajes de los microcultivos fúngicos.

Según Arenas en 1993, este método es el más preciso y permite observar las estructuras fúngicas *in situ*. Para la realización del método de microcultivo, se tomaron platos Petri de plástico vacíos a los que se le colocó una hoja de papel toalla estéril, sobre el papel toalla un triángulo de vidrio estéril en U, y se depositaron 5 ml de agua estéril en el plato Petri con el fin de evitar la desecación posterior. Se trasfirieron portaobjetos estériles sobre el triángulo y con ayuda de un asa micológica se colocaron 4-5 cubos de agar (agar V8 y agar agua) sobre el portaobjeto; luego con un asa micológica estéril se sembraron fragmentos de micelio sobre el centro y extremos del cubo de agar y el sistema es cerrado. Los platos Petri se sellados con parafilm y se incubaron a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) durante 5 a 7 días (Casas, 1989; Arenas, 2003; Arenas, 2008). En este trabajo, el triángulo de vidrio estéril se reemplazó por dos portaobjetos estériles, sobre los cuales se colocaron transversalmente un tercer portaobjeto estéril, que a su vez sostuvieron los cubos de agar inoculados y cubiertos por los cubreobjetos estériles (Fig. 6). Este arreglo creó un ambiente propicio para el crecimiento del hongo, y al ser el cubreobjetos su lugar de crecimiento, permitió que se le hiciera el menor daño posible a las estructuras de los conidióforos cuando los mismos se prepararon para ser observados en el microscopio.

Identificación y caracterización de morfomicroscópica

Terminado el período de incubación y después de la obtención del crecimiento vegetativo del hongo, se realizaron los montajes de las placas utilizando la técnica de montaje fresco que consistieron en retirar el cubreobjeto con crecimiento fúngico procedente de los microcultivos y colocarlo sobre un portaobjeto limpio con una o dos gotas de solución de montaje (azul de lactofenol o azul de lactoglicerol) (Fig. 7). Las placas ya preparadas se colocaron y se observaron bajo un microscopio compuesto de campo claro, usando los objetivos de aumento de 4X, 10X, 40X, 100X.

La caracterización e identificación microscópica se realizaron mediante la técnica de microcultivo en PDA, agar V8 y agar agua, siguiendo las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), y Watanabe (2010), con base en las observaciones de estructuras fúngicas y reproductivas, que permitieron la identificación sólo hasta género.

Las fotografías en este trabajo fueron tomadas con una cámara digital OLYMPUS, de 4.0 megapíxeles, las cuales fueron editadas en el programa PICASA 3.

RESULTADOS

Se colectaron un total de 32 adultos, 135 larvas y 128 pupas de escarabajo *S. bosci* ubicados sobre macrohongo, creciendo sobre la madera muerta muestreada.

Las descripciones macroscópicas de las colonias aisladas se realizaron en platos Petri con PDA e incubados a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) por 5 a 7 días. De las cinco muestras procesadas se pudieron aislar dos hongos filamentosos puros en PDA y AEM, correspondientes a un mismo morfotipo. Las colonias aisladas pertenecen a un hongo filamentoso aterciopelado de color blanco algodonoso, color tierra claro en PDA, con margen liso, con crecimiento moderado, micelio aéreo con crecimiento elevado convexo y abundante esporulación; mientras que el macrohongo presentó un color crema en la cámara húmeda.

Las observaciones microscópicas de dos hongos aislados a partir del macrohongo nos permitieron apreciar estructura de esporulación (conidias), estructura de resistencia (clamidosporas); conidióforos hialinos (blanquecinos), no verticilados, ramificados en forma de árbol pequeño, fiálides insertadas en ángulos de 90° y sobre las fiálides simples o en grupos se formaron las conidias hialinas (unicelulares ovoides), de paredes lisas y que descansan en pequeños racimos terminales. Las características morfológicas microscópicas nos permitieron identificar dos de las cepas de los hongos filamentosos aislados dentro del género Trichoderma Persoon. (Fig. 8).

Fig. 1. *Scaphidomorphus bosci* sobre tronco.

Fig. 2 *Scaphidomorphus bosci* copulando.

Fig. 3. Macrohongo donde se alimentaban los escarabajos.

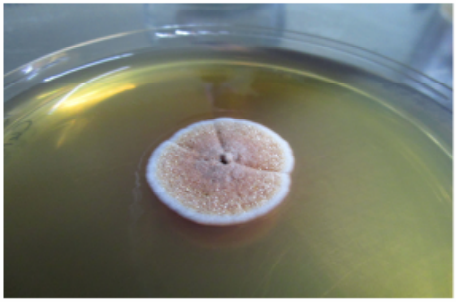


Fig. 4. Hongo aislado en PDA a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) de 3 a 5 días,

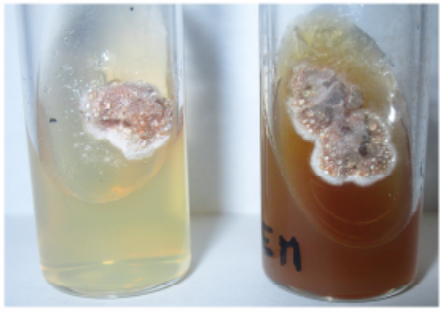


Fig. 5. Crecimiento del hongo en tubos inclinado con medio de cultivo PDA (izquierda) y AEM (derecha) incubada a temperatura ambiente (27 ± 0.2 °C) por aproximadamente 15 días en total oscuridad.

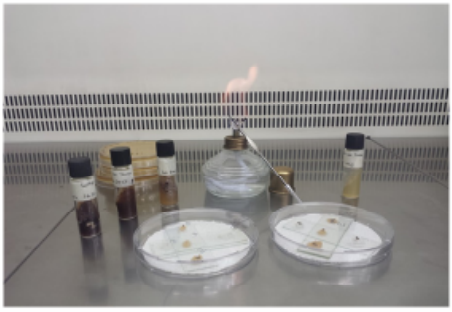


Fig. 6. Preparación del método de microcultivo, utilizando los medios agar V8 y agar agua.

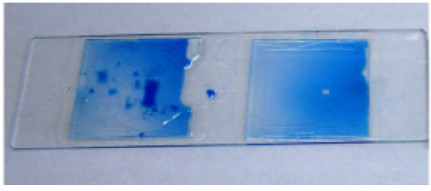


Fig. 7. Montaje de las placas utilizando la técnica de montaje fresco usando la solución de montaje (azul de lactofenol o azul de lactoglicerol).

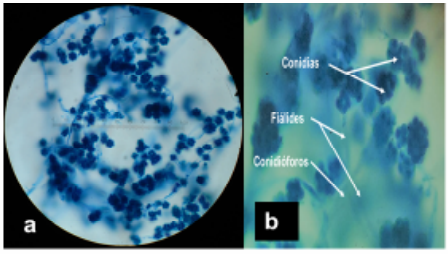


Fig. 8. Conidióforos, fiálides y conidias de *Trichoderma* spp. en PDA. a) 40X b) 100X.

DISCUSIÓN

La familia Erotylidae Latreille, 1802 es muy diversa de acuerdo a formas, coloraciones y hábitos. En campo pudimos observar cómo escarabajos de la familia Erotylidae, *S. bosci* parecían alimentarse de un macrohongo sobre madera muerta, pero consultando la literatura no encontramos reportes sobre sus preferencias alimenticias. Lo que sí podemos señalar es que, actualmente, hay reportes de otras especies de Erotylidae, *Pselaphacus* donde una nidada de larvas parecían alimentarse activamente del basidiomicota durante el mediodía (Simmirita y McHugh, 2010).

En general, los escarabajos de la subfamilia Erotylinae, llamados "pleasing fungus beetle", donde muchas de sus especies parecen estar estrictamente asociadas a hongos Basidiomycotas que crecen en árboles o en madera muerta. Los grupos más comunes de hongos que sirven como anfitriones para erotílidos son: *Aphyllophorales sensu lato*, *Ganoderma* spp., *Lentinula edodes* conocido como shiitake u hongo del árbol shii, *Favolus arcularius*, *Pleurotus d'jamor*, *Pleurotus ostreatus*, *Polyporus tricholloma* (Sato *et al*., 1999; Kodawaki *et al*., 2011).

Según las características morfológicas macroscópicas, el hongo aislado de la muestra del macrohongo parece corresponde al género *Trichoderma* spp., que mostró un crecimiento muy similar tanto en textura como color de colonia descritas por Jaklitsch y Voglmayr (2015). Rifai (1969) describe que las colonias del género *Trichoderma* spp. presentaron un color blanco, que se tornan a verde oscuro o amarillento, con esporulación densa.

Con respecto a las características microscópicas de los morfotipos de los hongos aislados mediante la metodología de microcultivo, dos cepas fueron caracterizadas dentro de la fase anamorfa del género *Trichoderma* Persoon; estos resultados concuerdan con lo descrito por Barnett y Hunter (1998), Humber (1997) y Chávez (2006). Las observaciones de estructuras fúngicas como los tres tipos de propágulos (hifas, clamidosporas y conidias), también fueron descritas para este género por Rifai (1969), Díaz (1994) y Jaklitsch y Voglmayr (2015).

Con base en las observaciones macroscópicas y microscópicas pudimos asociar al hongo anamorfo con el macrohongo teleomorfo que creció sobre madera muerta, sobre la cual se encontraba alimentándose *S. bosci*. Y los morfotipos

aislados corresponden a la fase anamorfa de un hongo filamentoso microscópico del género *Trichoderma* spp.; estos resultados se correlacionan con estudios que señalan que las especies del género *Hypocrea* crece sobre madera podrida y sobre otros hongos (Barrera, 2012); pero también a menudo se asocian con otros hongos anamorfos como *Trichoderma* spp. (Hanlin, 1990; Kirk *et al*., 2008).

En la relación hongos-escarabajos de corteza, el género *Trichoderma* spp. Que posee esporas secas y parece ser un "hongos maleza" sin más que una relación de tipo comensal con escarabajos y podrían ser usados como una fuente suplementaria de alimento para sus larvas (Beaver, 1989).

CONCLUSIÓN

La especie de hongo del cual se alimentan *Scaphidomorphus bosci* Guérin-Méneville, 1841, en el Parque Nacional Darién, es *Trichoderma* spp. y consideramos que puede ser fuente suplementaria de alimentación de esta especie de escarabajo.

SUMMARY

THE BEETLE *Scaphidomorphus* bosci Guérin-Méneville, 1841 (COLEOPTERA: EROTYLIDAE) AND ITS FUNGUS *Trichoderma Sp.*, AS FOOD, DARIEN PROVINCE, PANAMÁ.

The Erotylidae family comprises more than 280 genera and 3,500 species worldwide. They are the most diverse of the Cucujoidea, are brightly colored and they eat mushrooms. In the Darién National Park, 14 genera are recognized and 37 species in two subfamilies: Erotylinae and Tritominae. This work aims to report the fungus with which immature and adult stages feed on *Scaphidomorphus bosci* Guérin-Méneville beetle, 1841 in the Darién National Park. 12 field visits were made between the years 2013 to 2017 in the Rancho Frío Station, Province of Darién. We made three clearings of 2 km along the trails inside the forest while surveying for decomposing wood trunks for the presence of the beetle *S. bosci*. A total of 32 adults, 135 larvae and 128 pupae of the beetle were collected, located on the substrate with the mushrooms. Samples were collected from the substrate (wood) where I found the fungus and they were moved to the laboratory, following the rules indicated by the personnel of the Laboratory of Microbiology and Parasitology, of the School of

Biology of the University of Panama. The site was geo- referenced while biological and ecological data were taken where the beetles were located. The fungus was isolated and identified as *Trichoderma* sp (Hypocreales, Hypocreaceae, Teleomorfo Hypocrea) that belongs to the Ascomycota division, present in almost all soils and grow on dead wood, bark, manure, other fungi, building materials and animals, including human beings, demonstrating great potential opportunity and adaptation to ecological conditions. In conclusion, the fungus-beetle relationship *S. bosci* could be a "weed fungus" which forms a part of the beetle's diet, while also having a commensal type relationship with the beetle and may be used as a supplemental source of food.

KEY WORDS: Beetles, fungy, National Park, Darién.

RECOMENDACIONES

Es muy importante que se sigan realizando muestreos de esta especie de escarabajos *S. bosci*, en otras localidades del país, con el propósito de observar si es una especie que se alimenta estrictamente de este género de hongos o es generalista. Debido a que se conoce muy poco sobre estudios realizados en Panamá con respecto a la especificidad alimenticia e identificación de los hongos que consumen estos escarabajos. También para futuros estudios recomendamos realizar técnicas moleculares para determinar el género y la especie de los hongos aislados y relacionados con escarabajos, ya que la identificación confiable de una especie de *Trichoderma* puede, con raras excepciones, sólo lograrse mediante la comparación de la secuencia de diagnóstico como tef1 (Jaklitsch y Voglmayr, 2015).

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Darién-NATURA-GEMAS, por proveer los fondos para realizar las visitas al campo. A la SENACYT, además, por brindar fondos como estudiante becada en el Programa Centroamericano de Maestría en Entomología en la Universidad de Panamá. Al entomólogo estadounidense Paul E. Skelley, de Florida State Collection of Arthropods, por la identificación de los Erotylidae colectados.

Al Departamento de Microbiología y Parasitología, Escuela de Biología, de la Universidad de Panamá, por facilitarnos las instalaciones de los laboratorios y

el uso de equipos (autoclave, cabina de seguridad y microscopios), que nos permitieron procesar, aislar e identificar las muestras fúngicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, M. 1994. Catálogo dos Erotylidae (Coleoptera) Neotropicais. **Revista Brasileira de Zoologia** 11 (1): 1-175.

ANDREW, R.; CLINE. A.R.; LESCHEN, R.A.B. 2005. Coleoptera Associated with the Oyster Mushroom, *Pleurotus ostreatus* Fries, in North America. **Southeastern Naturalist**. 4:3. pp. 409-420. URL: http://www.jstor.org/stable/3878184

ARENAS, R. 1993. **Micología Médica ilustrada. Clínica, laboratorio y terapéutica**. Primera edición. McGraw Hill. México D.F. 352 pp.

ARENAS, R. 2003. **Micología Médica ilustrada**. Segunda edición. McGraw Hill. México D.F. 352 pp.

ARENAS, R. 2008. **Micología Médica ilustrada**. Tercera edición. McGraw Hill. México D.F. 425 pp. https://es.scribd.com/doc/208094860/Micologia-medica-ilustrada-3ra-Edicion. [Consultado el 15 de diciembre de 2017].

ARNETT, R. H. Jr. 1985. **American Insects, a handbook of the Insects of America north of Mexico**. Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. 850 pp.

BARRERA, V. A. 2012. **El género *Hypocrea* Fr. (Hypocreales, Ascomycota) en la Argentina. Estudio de la variabilidad molecular de su estado anamórfico Trichoderma**. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. 53 pp.

BARNETT H.; HUNTER B. 1998. **Ilustrated genera of imperfect fungi**. 4th ed. Saint Paul: APS Press. USA. 218 pp.

BEAVER, R. A. 1989. Insect-fungus relationships in the bark and ambrosia beetles. Capítulo 5. In: **Insect-Fungus Interactions** (N. Wilding, N.M. Collins, P.M. Hammond y J.F. Webber, eds.). Academic Press, London.121-143 pp.

CASAS, G. 1989. **Micología general**. Ediciones de la Biblioteca. Caracas, Venezuela. 488 pp.

DÍAZ, J. 1994. Algunos aspectos biológicos de *Trichoderma* y su posible uso como biocontrol. Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana.

DRUZHININA, I.S.; SEIDL-SEIBOTH, V.; HERRERA-ESTRELLA, A.; HORWITZ, B.A.; KENERLEY, C.M.; MONTE, E.; MUKHERJEE, P.K.; ZEILINGER, S.; GRIGORIEV, I.V.; KUBICEK, C.P. 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. **Nat. Microbiol. Rev.** 16, 749-759.

CHÁVEZ, G. M. 2006. Producción de *Trichoderma* sp. y Evaluación de su efecto en Cultivo de Crisantemo (*Dentranthema grandiflora*). Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá, Colombia.

FRIES, E. M. 1825. **Systema Orbis Vegetabilis** (in Latin). Lundin, Sweden: Typographia academica. 104 pp.

GOODRICH, M. A. and P. E. SCKELLEY. 1994. Fungal host record for species of *Tritoma* (Coleoptera: Erotylidae) of America North of Mexico. **Entomologycal New**, 105. 289-294.

GRONDONA, I.; HERMOSA, R.; TEJADA. M-; GOMIS, M.; MATEOS, P.; BRIDGE, P.; MONTE, E.; GARCÍA-ACHA, I. 1997. Physiological and Biochemical Characterization of *Trichoderma harzianum*, a Biological Control Agent against Soilborne Fungal Plant Pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**. Vol. 63, No.8:3189-3198.

HANLIN, R. T. 1990. Illustrated Genera of Ascomycetes. St. Paul, MN: **American Phytopathological Society**. pp. 142. ISBN 0-89054-107-8.

HUMBER, R. A. 1997. Fungi: Identification. In: Lacey L. (ed.) **Manual of Techniques in insect pathology**. San Diego, California. Academic Press. 153-185 pp.

INFANTE, D.; MARTÍNEZ, B.; GONZÁLEZ, N.; Reyes, Y. 2009. Mecanismos de acción de *Trichoderma* frente a hongos fitopátogenos. **Rev. Protección Veg**. Vol. 24, No. 1:14-21.

JAKLITSCH, W. M.; VOGLMAYR, H. 2015. Biodiversity of *Trichoderma* (Hypocreaceae) in Southern Europe. **Studies in Mycology**. 80:1-87. https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.11.001 [Consultado el 24 de diciembre de 2017].

KADOWAKI, K.; LESCHEN, R.A.B.; BEGGS, J.R. 2011.Competition-colonization dynamics of spore-feeding beetles on the long-lived bracket fungi *Ganoderma* in New Zealand native forest. **Oikos**, 120:776-786. doi: 10.1111/j.1600-0706.2011. 19302.x

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J. A. 2008. **Dictionary of the Fungi** (10th ed.). Wallingford, UK: CAB International. 332 pp. ISBN 978-0-85199-826-8.

KLEIN, E.; EVELEIGH, D.E. 1998. Ecology of Trichoderma. In: Kubicek, C.P., Harman, G.E.(Eds.), ***Trichoderma* and *Gliocladium***, Basic Biology, Taxonomy and Genetics, vol.1. Taylor & Francis, London, UK, 57-74 pp.

LESCHEN, R. A. B. 2003. Erotylidae (Insecta: Coleoptera: Cucujoidea): phylogeny and review (Part 1). **Fauna of New Zealand** 47. Manaaki Whenua Press, New Zealand, 108 pp. ISBN 0-478-09350-0.

MARTÍNEZ, B.; INFANTE, D.; REYES Y. 2013. *Trichoderma* spp. y su función en el control de plagas en los cultivos. **Rev. Protección Veg**. 28(1):1-11.

RIFAI, M A. 1969. A revision of the genus *Trichoderma*. **Res Mycol**. 116:1156.

ROBERTSON, J. A.; MCHUGH, J. V.; WHITING, M. F. 2004. A molecular phylogenetic analysis of the pleasing fungus beetles (Coleoptera: Erotylidae): evolution of colour patterns, gregariousness and mycophagy. **Systematic Entomology** 29:173-187.

RODRÍGUEZ, I. 1990. **Efecto antagónico de ocho aislamientos de *Trichoderma* contra *Fusarium moniliforme* (Booth) y *Fusarium subglutinans* (Booth).** Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de La Habana.

ROSSMAN, A. Y.; SEIFERT, K. A.; SAMUELS, G. J. 2013. Genera in Bionectriaceae, Hypocreaceae, and Nectriaceae (Hypocreales) proposed for acceptance or rejection. **IMA Fungus**. 4 (1):41-51. doi:10.5598/imafungus.2013.04.01.05. PMC 3719205?

SAMUELS, G. J.; ISMAIEL, A.; BON, M. C.; De RESPINIS, S.; PETRINI, O. 2010. *Trichoderma asperellum* sensu lato consists of two cryptic species. **Mycol**. 102:944-966.

SATO, T.; SHINKAJI N.; AMANO, H. 1999. Selective oviposition by adult females and larval growth of Dacne picta Crotch (Coleoptera: Erotylidae) on different growing

stages of the shiitake mushroom, Lentinula edodes. **Applied Entomology and Zoology**. 34(1):1-7.

SCHUSTER, A.; SCHMOLL, M. 2010. Biology and biotechnology of Trichoderma. **Appl. Microbiol. Biotechnol**. 87:787-799.

SIMMIRITA, C.; MCHUGH, J. V. 2010. Maternal care in a *Pselaphacus* species from Peru (Coleoptera: Erotylidae: Erotylinae. **The Coleopterists Bulletin** 64(2):116-118. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication235225609_Maternal_ care_in_a_Pselaphacus_species_from_Peru_ Coleoptera_Erotylidae_Erotylinae _The_Coleopterists_Bulletin_642116- 118 [Consultado el 07 de enero de 2018].

SKELLEY, P. E. 1999. Pleasing Fungus Beetles, *Pseudischyrus*, *Tritoma*, *Megalodacne*, *Ischyrus spp*. (Insecta: Coleoptera: Erotylidae). **Institute of Food and Agricultural Sciences**, University of Florida. DPI Entomology Circular 313:1-3.

VILLEGAS M. 2005. *Trichoderma*. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. Disponible en: Http://www.oriusbiotecnologia.com/tecnica/ 128-trichoderma-pers-caracteristicas-y-su-potencial -biologico-en-la-agricultura-sostenible [Consultado el 5 de diciembre de 2018].

WATANABE, T. 2010. **Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species**. Third Edition. Taylor and Francis Group, LLC. 397 pp.

WÊGRZYNOWICZ, P. 2002. Morphology, phylogeny and classification of the family Erotylidae based on adult characters (Coleoptera: Cucujoidea). **Genus** 13 (4):435-504.

Recibido: 27 de noviembre de 2017.
Aceptado: 28 de diciembre de 2017.

7

Pardosa ramulosa (McCOOK, 1884) (ARANEAE: LYCOSIDAE), UN NUEVO REGISTRO DE ARAÑA LOBO PARA LA FAUNA DE LOS BOSQUES NUBOSOS DE LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

BISETH ARAÚZ-ARAÚZ[1]* y ENRIQUE MEDIANERO[2],

[1]Facultad de Biociencias y Salud Pública,
Universidad Especializada de las Américas.
[2]Departamento de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.
*Autor para correspondencia: biarauz@gmail.com

RESUMEN

Pardosa ramulosa (McCook, 1884), una especie de araña lobo (Araneae: Lycosidae) conocida de América del Norte, es registrada para América Central. *Pardosa ramulosa* fue recolectada entre 2 000 a 3 400 m s.n.m., en los bosques nubosos de la provincia de Chiriquí, Panamá. El nuevo registro incrementa a 14 las especies del género *Pardosa* para América Central y a cuatro las registradas para Panamá.

PALABRAS CLAVES:

Lycosidae, araña lobo, *Pardosa*, Chiriquí, Panamá.

El género *Pardosa* C. L. Koch 1847, con más de 500 especies descritas es uno de los cinco géneros más diversos de arañas a nivel mundial (Vogel, 2004). El género es cosmopolita, pero la mayoría de las especies están distribuidas en la región Holártica.

En Norteamérica se reconocen 75 especies de *Pardosa*, mientras que solo 13 especies han sido identificadas en la región centroamericana (Platnick, 2014). En Panamá el género *Pardosa* está constituida por tres especies; *P. fastosa* (Keyserling, 1877), *P. prolifica* Pickard-Cambridge Cambridge, 1902 y *P. sagei* Gertsch & Wallace, 1937 (Platnick, 2014).

La mayoría de las especies del género *Pardosa* están cubiertas por setas finas, de color marrón o gris, con manchas negras moteadas. El cefalotórax presenta una banda media más clara. La región torácica puede tener adicionalmente otras bandas pálidas laterales longitudinales. El opistosoma en su parte anterior dorsal, generalmente, tiene forma de rombo, seguido de manchas oculares conjuntas. La identificación de las especies se realiza con la disección de la genitalia de ambos sexos (Vogel, 2004).

Las especies de *Pardosa*, en general, no construyen ningún refugio, cazan activamente durante el día en un territorio limitado (Yeargan, 1975), tienen conducta aeroespacial (Van Dyke y Lowrie, 1975), son caníbales (Samu *et al*., 1999) y muestran altos niveles de variabilidad genética (Lambeets *et al*., 2010). Muestran cuidado parental, como la mayoría de las arañas lobo (Punzo, 2006) y comportamientos complejos como el apareamiento forzado (Hvam *et al*., 2005).

El objetivo de este trabajo es reportar la presencia de *Pardosa ramulosa* McCook, 1884, para la república de Panamá.

Los individuos estudiados provienen de recolectas realizadas con trampas de caída colocadas en los bosques nubosos del Parque Internacional la Amistad y el Parque Volcán Barú. Las recolectas fueron realizadas entre agosto de 2010 a mayo de 2011. Las trampas se colocaron mensualmente por un periodo de 5 días. Las muestras eran trasladadas a los laboratorios del edificio de Entomología de la Universidad de Panamá, donde se realizaron las identificaciones preliminares utilizando los trabajos de Dondale (1976) y Dondale y Redner (1983). Especímenes se enviaron a la Colección de Arácnidos e Insectos del Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, México, para la determinación definitiva de la especie. Especímenes de la especie están depositados en el Museo de Artrópodos Venenosos de la Universidad de Panamá.

***Pardosa ramulosa* (McCook, 1884)** (Figs. 1A)
Lycosa ramulosa McCook 1884
Pardosa peninsulana Banks 1898

Material estudiado. 22?, 9?; Panamá, Prov. Chiriquí, Bugaba, Parque Internacional La Amistad (PILA), 8°53´21.18" N, 82°35´21.82 W, 2100m s.n.m., recolectada el 5.VIII.2010, B. Araúz leg. 43?, 20?; misma información, pero recolectada el 5.II.2011. 2?, 2?; Panamá, Provincia de Chiriquí, Volcán Barú, 8°46´36.8" N, 82°31´39.3 W 3000 m s.n.m., recolectada el 26.V.2010, B. Araúz leg.

Al igual que las otras especies de este género, *Pardosa ramulosa* se encuentra restringida a las mayores elevaciones sobre el nivel del mar en la república de Panamá, donde se registran la temperaturas más bajas y una alta humedad relativa. La especie habita, principalmente, en áreas de potreros destinadas a pastoreo de ganado vacuno y caballar. Lo que es consistente con la literatura ya que esta especie se asocia a las excretas de mamíferos.

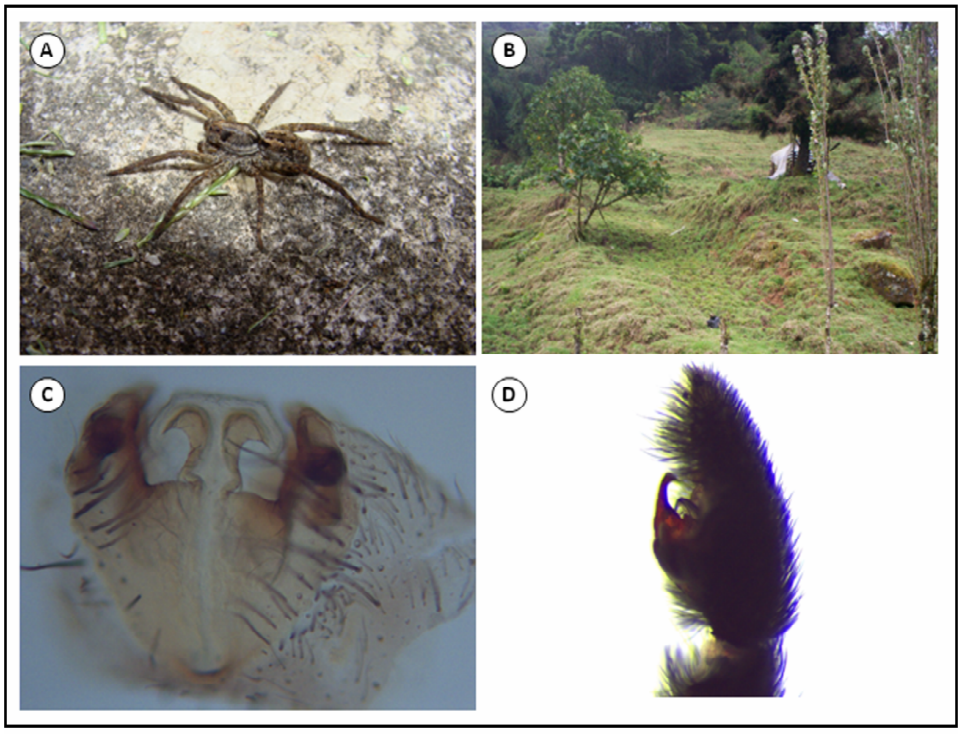


Figura 1. **(A)** *Pardosa ramulosa*, habitus de la hembra. **(B)** Habitat donde la especie fue recolectada. **(C)** Genitalia de la hembra. **(D)** Genitalia del macho.

SUMMARY

***Pardosa ramulosa* (McCook, 1884) (ARANEAE: LYCOSIDAE), A NEW RECORD OF WOLF SPIDER FOR THE FAUNA OF THE CLOUDY FORESTS FROM PANAMA**

Pardosa ramulosa (McCook, 1884), one species of wolf spider (Araneae: Lycosidae) known of North America is recorded herein for Central America. *Pardosa ramulosa* was collected between 2 000 to 3 400 m above sea level, in cloudy forest of Chiriqui, Panama. With this new recorded was increased to fourteen of the number of species genus *Pardosa* at Central-America.

KEY WORDS: Lycosidae, wolf spider, *Pardosa*, Chiriqui, Panama.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. María Luisa Jiménez-Jiménez por las identificaciones de los individuos de *Pardosa ramulosa*. A Gabriel Medianero, José Antonio y Andy Araúz por la asistencia en campo durante las colectas. Enrique Medianero es miembro del Sistema Nacional de Investigación de la SENACYT y es financiado con fondos de la Universidad de Panamá y la SENACYT mediante el proyecto No. 52-2016-4 ITE-1505.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DONDALE C. D. 1976. Life Histories and Distribution Patterns of Hunting Spiders (Araneida) in an Ontario Meadow. **Journal of Arachnology**, 4: 73-93.

DONDALE, C. D. y REDNER, J. H. 1983. Revision of the wolf spiders of the genus *Arctosa* C. L. Koch in North and Central America (Araneae: Lycosidae). **Journal of Arachnology**, 11: 1-30.

HVAM, A., MAYNTZ, D. y KRUSE NIELSEN, R. 2005. Factors affecting cannibalism among newly hatched Wolf spiders (Lycosidae, *Pardosa amentata*). **Journal of Arachnology**, 33: 377- 383.

LAMBEETS, K., BREYNE, P. y BONTE, D. 2010. Spatial genetic variation of a riparian wolf spider *Pardosa agricola* (Thorell, 1856) on lowland river banks: The importance of functional connectivity in linear spatial systems. **Biological Conservation**, 143: 660-668.

PLATNICK, N. I. 2014**. The world spider catalog, version 15**. American Museum of Natural History, online at http: https://research.amnh.org/iz/spiders/catalog_15.0/INTRO1.html.

PUNZO, F. y FARMER, C. 2006. Life history and ecology of the wolf spider *Pardosa sierra* Banks (Araneae: Lycosidae) in Southeastern Arizona. **The Southwestern Naturalist** 51:310-319.

SAMU, F., TOFT, S. y KISS, B. 1999. Factors influencing cannibalism in the wolf spider *Pardosa agrestis* (Araneae: Lycosidae). **Behavioral Ecology and Sociobiology,** 45: 349-354

VAN DYKE, D. y. LOWRIE, D. C. 1975. Comparative Life Histories of the Wolf Spiders *Pardosa ramulosa* and *P. sierra* (Araneae: Lycosidae). **The Southwestern Naturalist**, 20: 29-44.

VOGEL, B. R. 2004. A review of the spider genera *Pardosa* and *Acantholycosa* (Araneae, Lycosidae) of the 48 contiguous United States. **Journal of Arachnology,** 32: 55-108.

YEARGAN, K. 1975. Prey and Periodicity of *Pardosa ramulosa* (McCook) in Alfalfa. **Environmental Entomology**, 4: 137–141.

Recibido: 15 de noviembre de 2017.
Aceptado: 15 de diciembre de 2017.

INSTRUCCIONES PARA LOS COLABORADORES

Política

El propósito de la Revista **Scientia** es publicar resultados de investigación originales e inéditas, en ciencias básicas y tecnología. La Revista se reserva el derecho de aprobar o rechazar los trabajos presentados a su consideración. Los originales de los trabajos aprobados permanecerán en los archivos del Editor.

Los trabajos aceptados serán publicados bajo entendimiento de que el material presentado, o parte del mismo, no ha sido publicado previamente, ni tampoco esté siendo considerado para su publicación en otra revista, siendo los autores los únicos responsables por la exactitud y la veracidad de los datos y afirmaciones presentadas, y también por obtener, cuando el caso lo requiera, los permisos necesarios para la publicación de los datos extraídos de trabajos que ya estén en la literatura.

Todos los manuscritos presentados a la consideración de esta Revista serán evaluados por especialistas que asesoran al Director y Editor, quienes juzgarán el contenido de los mismos, de acuerdos a su excelencia técnica y a las instrucciones editoriales vigentes.

Los nombres de los evaluadores serán mantenidos en estricta reserva; sin embargo, sus comentarios y recomendaciones serán enviados por el Editor a los autores para su debida consideración. Una vez evaluado el trabajo, le será devuelto a los autores junto con los informes del Editor y los evaluadores. El Editor se reserva el derecho de introducir modificaciones, cuando lo juzgue conveniente.

La Revista publicará cada año un suplemento que contendrá los Índices de Materias y de Autores.

Las galeras serán enviadas a los autores, antes de la impresión final, para que se hagan las debidas correcciones.

Los artículos deben estar redactados en el idioma español, portugués o inglés. Los artículos redactados en otros idiomas deberán ser consultados con el Consejo Editorial.

Para todas las unidades utilizadas en el trabajo se adoptará el Sistema Internacional de Unidades de acuerdo con el informe publicado por la Organización Mundial de la Salud: **Las Unidades SI para las Profesiones de la Salud**, 1980.

Se espera que los artículos presentados contengan información novedosa y que estos representen una contribución sustancial al avance de esa área del conocimiento. La

Revista también podrá publicar Notas y Comunicaciones cortas como una vía rápida de divulgación de resultados recientes de marcada relevancia científica, producto de investigaciones en curso o terminadas; en estos casos, los autores deben escribir sus resultados en forma de párrafos, manteniendo al mínimo el uso de figuras, cuadros y subtítulos, sin excederse de 1500 palabras o su equivalente. Su aceptación y publicación final quedan a criterio del Director. Se recomienda reducir al máximo las notas al pie de página. Estas deben ser designadas con sobrescritos arábicos en el orden en que parecen en el texto.

PRESENTACIÓN DE LOS ARTÍCULOS

CORRESPONDENCIA

Los manuscritos y toda correspondencia deberán ser dirigidos al Director de la Revista **Scientia**, Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Universidad de Panamá, Estafeta Universitaria, República de Panamá. Tel. 223-9985 y 264-4242.

TEXTO

El texto de los trabajos (incluyendo el resumen, las referencias bibliográficas y las notas, así como los cuadros e inscripciones de las figuras) debe ser presentado en triplicado (originales y 2 copias), escritas mediante el procesador de palabras Microsoft word e impreso a máquina a doble espacio, en tinta negra y en papel bond 22x28 cm. (8 ½" x 11"). El margen izquierdo debe ser de 4.0 cm (1.2") y el derecho de 2.5 CM. (1"). Los autores deben indicar en el texto, o mediante anotaciones al margen, la localización de las figuras, los cuadros, esquemas, etc.

En la primera página del artículo debe aparecer: el título en mayúsculas centrado seguido del primer nombre, la inicial y el apellido del autor (o autores) debidamente espaciado del título también centrado. Seguidamente del (los) autor (es) debe aparecer la dirección postal completa de la Unidad Académica o institución donde fue realizado el trabajo. De ser posible, suministre el teléfono del autor principal por separado. Si la dirección actual de alguno de los autores fuera diferente de la anterior, indíquese en esta página colocando un número sobrescrito sobre el nombre de ese autor y colocando la dirección en una nota de pie. Se entenderá que el primero de los autores mencionados será a quien se le enviará la correspondencia, a menos que se indique lo contrario. Inmediatamente después de la dirección postal debe aparecer el resumen en español seguido de un mínimo de palabras o frases claves para el Índice de Materias.

Los subtítulos principales en el texto (v.g. RESUMEN, INTRODUCCIÓN, etc.) se colocarán en el margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra en mayúscula.

Cualquier otro subtítulo debe colocarse también al margen izquierdo, pero con sólo la primera letra de cada palabra en mayúscula.

Cada página debe ser enumerada e identificada escribiendo el apellido del autor (es) y el año: (D'Croz, 2002); (v.g. Agrazal, 2 de 10).

Las referencias que se mencionan en el texto deben ir entre paréntesis con el apellido del autor(es) y el año (D'Croz, 2002); Torres, Paredes y Averza (1997); (Díaz *et al.*, colaboradores, 2001).

ESTRUCTURACIÓN DEL MANUSCRITO

El manuscrito debe estructurarse de la siguiente manera: RESUMEN, PALABRAS O FRASES CLAVES, INTRODUCCIÓN, PARTE EXPERIMENTAL, RESULTADOS Y DISCUSIÓN, CONCLUSIÓN, SUMMARY (resumen en inglés), REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS y AGRADECIMIENTO.

La selección del título conlleva una gran responsabilidad ya que debe reflejar en pocas palabras la esencia del trabajo y debe facilitar la recuperación de la información pertinente a través de sistemas computarizados.

RESUMEN

Todo artículo debe contener un resumen de no más de 200 palabras y debe describir, en forma concisa y precisa, el objeto de la investigación, así como los principales logros y conclusiones. Debe poder leerse y entenderse en forma independiente del texto principal pero podrán citarse figuras, cuadros, etc., del texto. Se debe tener presente que el resumen será la parte más leida de su trabajo.

INTRODUCCIÓN

La introducción debe dejar claro el propósito de la investigación, los antecedentes y su relación con otros trabajos en el mismo campo, sin caer en una revisión exhaustiva de la literatura pertinente.

PARTE EXPERIMENTAL

Esta sección debe contener todos los procedimientos con el detalle suficiente de los pasos críticos que permita que el trabajo pueda ser reproducido por un personal idóneo. Los procedimientos que ya estén en la literatura sólo deben ser citados y descritos, a menos que se hayan modificado sustancialmente. Se debe incluir también el detalle de las condiciones experimentales bajo las cuales fueron obtenidos los resultados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados pueden presentarse en forma de figuras, esquemas o cuadros; sin embargo, los resultados simples se pueden presentar directamente en el texto. La discusión debe ser concisa y debe orientarse hacia la interpretación de los resultados.

CONCLUSIÓN

Esta sección debe incluir solamente un resumen de las principales conclusiones del trabajo y no debe contener la misma información que ya ha sido presentada en el texto en el resumen.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Se debe utilizar el sistema de Harvard para las referencias bibliográficas, con el(los) apellido(s) del(los) autor(res) y la fecha de publicación en el texto, y el listado de las referencias debe estar ordenado alfabéticamente, considerando solamente el apellido del primer autor citado para cada referencia.

El título de las revistas debe ser abreviado de acuerdo con algunas de las siguientes referencias: **World List of Scientific Medical Periodicals** (UNESCO, 2da ed.) o **Bibliographic Guide for Editors and Authors,** The American Chemical Society (disponible en el Centro de Información y Documentación Científica y tecnológica de la Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). Si la abreviatura de la revista no está listada en ninguna de estas publicaciones, se debe escribir el título completo.

La exactitud de las referencias bibliográficas citadas es de la entera responsabilidad del autor. Los trabajos no publicados pero formalmente aceptados para su publicación deben citarse «en prensa»; de otra forma, cítelos como «resultados no publicados». Las «comunicaciones personales» deben indicarse en el texto e incluir fecha de comunicación y dirección de la persona.

Las referencias bibliográficas deberán aparecer ordenadas de la siguiente forma:

-Artículos científicos:

AGUIRRE, R.L., MARTÍNEZ, I.S. y CALVO, C. 1986. Mecanismos de la acción antiespasmódica intestinal de las flores de *Matricaria chamonilla L.* ***Rev. Biol. Trop.***, 27 (2), 189-201.

-Libros:

BUNGE, M. 2000. **La investigación científica: su estrategia y filosofía.** Colección "Convivium" No. 8. Barcelona: Editorial Ariel, S.A. 544 pp.

HOLMES, W.N. y DONALDSON, E.M. 1969, The body compartments and the distribution of electrolytes. En: **Fish Physiology.** Eds: W.S. Hoar y D. Randall. Vol. 1, p. 1-89. Nueva York: Academic Press.

FARMACOPEA INTERNATIONAL. 1980, 3^{a}. edición, Vol. I. Ginebra: **Organización Mundial de la Salud.** 56 pp.

Harris, J. y Duncan, I.S. (Eds)1982. **Constantes de disociación de ácidos orgánicos en solución acuosa.** Londres: Butterwoth: págs. 234 y 296.

-Tesis:

LEÓN, A.J. 2002. **Estructura Económica de Panamá.** Tesis de Doctorado, Universidad de Londres, Londres. 120 pp.

-Simposium-Seminario-Conferencia

MARINO, I.C. 2001. La problemática de la economía panameña. II Congreso Científico Nacional, 2-4 diciembre. Universidad de Panamá. Resumen N°. 28. (*En manuscrito*)

NAVARRO, S.G., VEGA, J. y SERRANO, I. Resultados no publicados.

AGRADECIMIENTO

Seguido de las referencias, puede incluir un párrafo breve de agradecimiento por apoyo económico, técnico o de cualquier otra índole.

ILUSTRACIONES

Las figuras (un original y dos copias) deben presentarse en su forma final para su reproducción; es decir en tinta china y en papel especial de dibujo de tamaño 22x28 cm (8 1/2" x 11"). Cada figura debe estar acompañada de un título o una inscripción explicativa. No escriba ni el título ni la inscripción sobre la figura.

Los títulos y las respectivas inscripciones de cada figura deben ser escritos a máquina a doble espacio en hojas separadas en forma de listado. Detrás de cada figura debe aparecer el nombre de los autores, el título del manuscrito, el número y una seña que indique la parte superior de la figura, todo esto escrito tenuemente con lápiz. Las ilustraciones pueden también presentarse en papel brillante de fotografía en blanco y negro. Las fotografías no deben ser menores de 10x12 cm (6"X4"). Cada ilustración (con su título e inscripción) debe ser inteligible en forma independiente del texto principal.

CUADROS

Los cuadros (un original y dos copias) deben ser utilizados solamente para presentar información en forma más efectiva que en el texto. Deben poseer un título bien descriptivo, el cual, junto con los encabezados de las columnas, deben describir su contenido en forma inteligible sin necesidad de hacer referencias al texto principal. La misma información no debe ser reproducida en los cuadros y en las figuras. Se deben numerar en forma consecutiva (usando números arábicos) en el orden en que se citan en el texto. Las notas de pie en los cuadros se deben entrar en letra minúscula y se deben citar en el cuadro como sobrescrito.

SCIENTIA
Revista de Investigación de la Universidad de Panamá

Para correspondencia, canje o subscripcion dirigirse a:
Centro de Información y Documentación Científica y Tecnológica (CIDCYT)

Vicerrectoría de Investigación y Postgrado, Estafeta Universitaria,
Universidad de Panamá, Panamá, República de Panamá.
Teléfono 264-4242; 262-6133, Ext. 309-310
Fax (507) 264-4450
(507) 223-7282
Correo electrónico: upvip@ancon.up.ac.pa

Tarifa (subscripcion anual):

Personal en Panamá	B/.8.00
Personal Exterior.....	US$12.00
Institucional América Latina y el Caribe	US$16.00
Institucional Resto del Mundo	US$20.00

Precio de Venta: ———————— B/.5.00

A las personas o instituciones interesadas en recibir permanentemente la Revista **Scientia**, sírvanse completar el formato presente y junto con el mismo remitan giro o cheque (a nombre de Fundación Universidad de Panamá - Vicerrectoría de Investigación y Postgrado). La tarifa incluye la subscripción anual correspondiente a dos números, incluyendo importe por correo.

_____

Nombre o Institución: _____

_____

Dirección: _____

_____

Ciudad: _____

Zona Postal:_____

Provincia o Estado:_____

País: _____

Esta revista se terminó de imprimir en los
Talleres de la Imprenta de la Universidad de Panamá
bajo la administración del Rector
Dr. Eduardo Flores Castro
2017.

ÍNDICE

FÍSICA APLICADA

LUQUE, Néstor, CHACÓN B., Silvia, ECHEVERRÍA D., Yadira, TAPIA, Arkin y CAMACHO, Eduardo.
Definición de zonas de inundación por tsunamis: propuestas para las localidades de Viento Frío y Palenque, provincia de Colón, Panamá..... 7

BIOQUÍMICA

LAGUAL, Jelissa; RODRÍGUEZ, Helen; TEJADA, Ana E.; COSSIO, Gladys y DIEZ, Tomás A.
Evaluación de la actividad arilesterasa de PON1 como biomarcador del estrés oxidativo en infantes panameños con HbSS, HbAS y HbAA..... 25

EDUCACIÓN CIENTÍFICA

APONTE, Abdiel E., CHÉRIGO, Lilia y ROMERO, Nidia.
Química verde: Un enfoque sostenible para el trabajo experimental en laboratorios de química orgánica en la Universidad de Panamá..... 37

ENTOMOLOGÍA

MEDIANERO, Enrique; CARRASCO, Gonzalo; PÉREZ, Evelyne; ARAÚZ-ARAÚZ, Biseth; CASTAÑO-MENESES, Gabriela y MARTÍNEZ-TORRES, Alex O.
Composición de la comunidad de artrópodos que habitan en el dosel en un bosque tropical de tierras bajas en Panamá..... 51

RODRÍGUEZ, Oswaldo R. y BARRIOS, Héctor.
Diversidad, distribución vertical y temporal de los escarabajos ambrosiales platypodinae (Coleoptera: Curculionidae) en la isla Barro Colorado, Panamá..... 69

SANTOS MURGAS, Alonso; MONTAÑEZ, Dalila y BARRÍA, Luz E.
El Micófago *Scaphidomorphus bosci* Guérin-Méneville, 1841 (Coleoptera: Erotylidae) y su hongo *Trichoderma* sp. como alimento, provincia de Darién, Panamá..... 87

NOTA CIENTÍFICA

ARAÚZ-ARAÚZ, Biseth y MEDIANERO, Enrique.
Pardosa ramulosa (McCook, 1884) (Araneae: Lycosidae), un nuevo registro de araña lobo para la fauna de los bosques nubosos de la República de Panamá..... 101