

ISSN 1609-8102 (Impresa)

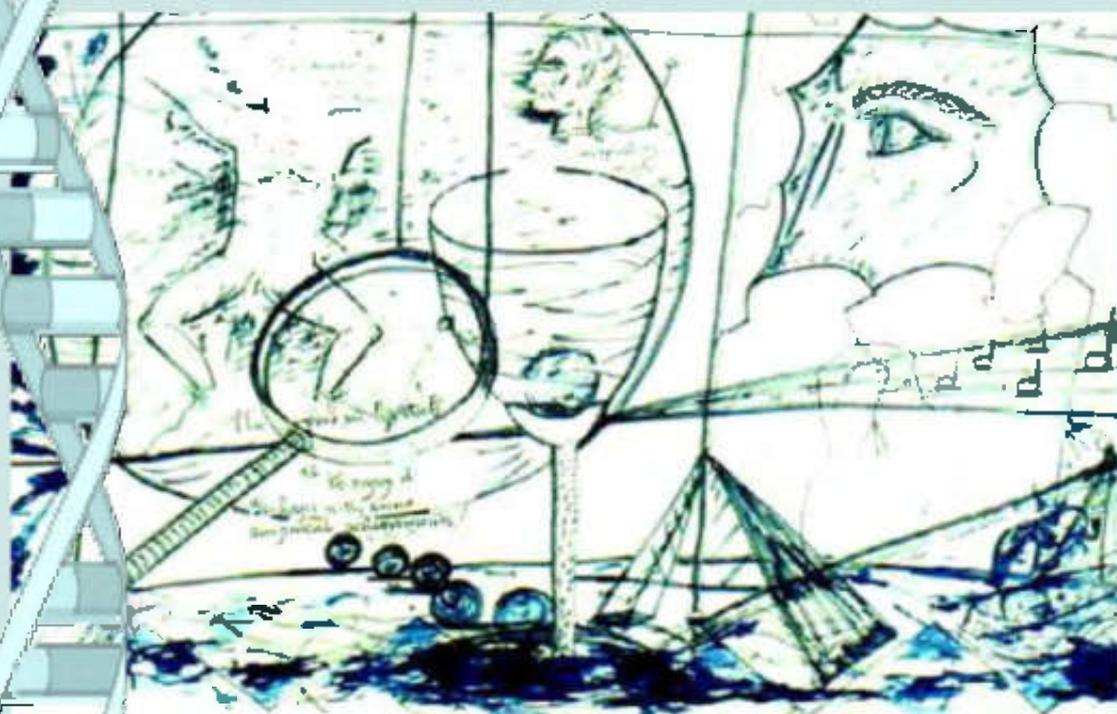
ISSN 2415-0940 (En línea)



**Biología-Química-Física
Matemática-Estadística**

TECNOCIENCIA

Volumen 21, N° 1



**Revista de la Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología
Universidad de Panamá, enero del año 2019.**



OBSERVACIONES DE CAMPO SOBRE INTERACCIONES ENTRE TRES GRUPOS DE ARÁCNIDOS DEPREDAADORES EN PANAMÁ

¹Roberto J. Miranda, ¹Ingrid L. Murgas, ¹Juan J. Lezcano & ²Victor R. Townsend, Jr.

¹Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Departamento de investigación en Entomología Médica, Panamá.

Email: rmiranda@gorgas.gob.pa; mirandarjc@gmail.com; murgasile@gmail.com; juanj10595@gmail.com

²Virginia Wesleyan University, Departamento de Biología, Virginia, Estados Unidos. Email: vtownsend@vwu.edu

RESUMEN

Los arácnidos comprenden algunos de los más antiguos y reconocidos artrópodos depredadores. En particular, el éxito ecológico de alacranes y arañas se debe en parte a que son capaces de producir veneno que utilizan para dominar de forma efectiva a sus presas. Los opiliones (orden Opiliones) por otro lado son omnívoros, comportándose a veces como depredadores, y otras como carroñeros, e inclusive pueden alimentarse de hongos y frutas. Estos grupos de arácnidos son muy abundantes en ambientes tropicales, por lo que las interacciones entre ellos son inevitables. Se presentan dos casos de interacciones entre alacranes, arañas y un opilión, observaciones realizadas durante trabajo de campo en áreas rurales en Panamá.

PALABRAS CLAVES

Centruroides, *Eriophora*, *Nephila*, Cosmetidae, carroñero

FIELD OBSERVATIONS ON INTERACTIONS BETWEEN THREE GROUPS OF ARACHNID PREDATORS IN PANAMA

ABSTRACT

The Arachnida represents one of the oldest and most recognized groups of predatory arthropods. The ecological success of scorpions and spiders as predators, in particular, is due in part to their production of venom that they use to subdue prey. In contrast, the harvestmen (Order Opiliones) are omnivorous, acting as predators or scavengers, but also feeding upon fungi and plant tissues, such as fruit. These groups of arachnids are very abundant in tropical environments, so behavioral interactions among them are inevitable. In this paper, we describe two cases of interactions between scorpions, spiders and harvestman, observed during field work in rural areas in Panama.

KEYWORDS

Centruroides, Eriophora, Nephila, Cosmetidae, scavenger

INTRODUCCIÓN

Los arácnidos comprenden algunos de los más antiguos y reconocidos artrópodos depredadores, destacándose algunos grupos muy llamativos como alacranes y arañas; mientras que otros, p.e. opiliones, pueden pasar desapercibidos a pesar de ser el tercer grupo más diverso de arácnidos, superado solo por ácaros y arañas (Francke, 2014).

Los alacranes son depredadores de una amplia diversidad de artrópodos (insectos, arácnidos) y pequeños vertebrados (p.e. ranas, gecos, lagartijas, serpientes, roedores) (McCormick & Polis, 1990). Son capaces de dominar presas que los superan en tamaño o fuerza gracias al veneno que producen en el telson, un apéndice ubicado en el extremo posterior del abdomen (Hjelle, 1990). La gran mayoría de las especies de escorpiones presentes en Panamá pertenecen a la familia Buthidae, los cuales durante el proceso de caza, primero sujetan a su presa con los pedipalpos y posteriormente le inoculan el veneno para dominarlas (Miranda et al., 2015).

Por su parte, las arañas constituyen el grupo más diverso de arácnidos depredadores, con 47,736 especies descritas (World spider catalog, 2018). La gran mayoría de las especies tienen un aparato de veneno

pareado, con glándulas productoras de veneno ubicadas en el cefalotórax (o en los quelíceros) conectadas a colmillos (parte distal de quelíceros) lo que les permite escoger donde inocular el veneno y regular la cantidad a utilizar, dependiendo de las características de la presa (Cooper et al., 2015).

Otro aspecto interesante en el comportamiento de caza de las arañas es su capacidad de producir seda a través de órganos especializados ubicados en su abdomen, dándole diversos usos, entre los que sobresale la construcción de redes que les ayudan en el proceso de caza (Hormiga & Griswold, 2014).

Ambos grupos son muy diversos y abundantes en los bosques tropicales, por lo que las interacciones entre ellos son inevitables. La depredación puede ocurrir en un sentido como en el otro, a veces siendo presa y en otras el depredador (McCormick & Polis, 1990, Miranda et al. 2015).

Un tercer grupo de arácnidos abundantes en los trópicos son los opiliones. A diferencia de las arañas y alacranes, se les considera omnívoros, pueden comportarse como depredadores o como carroñeros, incluso alimentarse de fruta (Machado & Pizo, 2000; Schaus et al., 2013). No obstante, similar a las arañas o alacranes, los opiliones pueden ser presas, por lo que están dotados de diversos tipos de defensas, las cuáles pueden ser morfológicas, químicas o de comportamiento (Cook et al., 2013).

El objetivo de esta nota es presentar dos casos de interacciones entre alacranes, arañas y un opilión, observadas durante trabajo de campo en áreas rurales en Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las observaciones se lograron durante una serie de colectas nocturnas realizadas en mayo y agosto de 2018, las cuales son parte de estudios sobre diversidad, depredación y comportamiento de alacranes en Panamá. Se presentan dos observaciones que llaman la atención por las características particulares de las interacciones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reunión de depredadores: *Centruroides granosus* (Thorell, 1876)-*Nephila clavipes* (Linnaeus, 1767) – opilión de familia Cosmetidae (Fig. 1).



Fig. 1 *Centruroides granosus* hembra y opilión Cosmetidae comiendo abdomen de *Nephila clavipes* hembra, Trinidad de Las Minas, Capira, Panamá

Esta observación proviene de una gira realizada en la comunidad de Trinidad de Las Minas, distrito de Capira, Panamá Oeste, coordenadas: longitud -80.003414° , latitud 8.781326° , específicamente en un área de cultivo de *Colocasia esculenta* (L.) (planta localmente llamada "otoe"). Esta área se encuentra al margen de un fragmento de bosque secundario. Hora de observación: 8:15 p.m.

Centruroides granosus es una especie endémica de Panamá, que prospera en ambientes modificados por el hombre, inclusive dentro de casas (Miranda et al. 2015). Como otros alacranes, tiene actividad nocturna. Por su parte, *N. clavipes* es una araña tejedora de red orbicular que se distribuye desde Estados Unidos hasta Argentina (World spider catalog, 2018). Se ubica en claros de bosques y en áreas abiertas (Robinson & Mirick, 1971), en donde puede cazar de día o de noche, aunque puede dedicar parte de la noche a reparar las áreas dañadas de sus redes (Higgins, 1987).

En cuanto a interacciones entre *C. granosus* y otros arácnidos, Miranda et al. (2015) lo reportan alimentándose de *Phoneutria boliviensis* Perty, 1833 y de un alacrán del género *Ananteris*. Hasta el momento, no hay registros de depredación sobre arañas constructoras de redes orbiculares, las cuales representan un reto para cualquier especie de alacrán, debido a que las redes en sí representan una barrera difícil de evitar para un artrópodo depredador que no vuela y una trampa en la cual pueden quedar atrapados.

Adicionalmente, en la imagen se logra ver un opilión de la familia Cosmetidae, el cual también está alimentándose de la araña, a pesar de que la hembra de *C. granosus* sujeta a la araña con sus pedipalpos, lo que representa una situación de riesgo para el opilión. Aunque algunos depredadores como la araña *Enoploctenus cyclothorax* (Bertkau, 1880) reconocen por contacto y evitan atacar a algunos opiliones, probablemente debido a las sustancias químicas repelentes que producen (Willemart & Pellegatti-Franco, 2006), se ha observado que los alacranes pueden depredar opiliones (Cook et al., 2013) aun cuando se trata de especies con defensa química y fuerte exoesqueleto (Albin & Toscano-Gadea, 2015).

Por otro lado, los opiliones tienen adaptaciones que les permiten detectar animales muertos a cierta distancia (Willemart et al., 2009), por lo que la presencia de este opilión Cosmetidae puede ser indicativo que la araña estaba muerta antes de que el escorpión la encontrara y en este caso, tanto el opilión como el alacrán se comportan como carroñeros. Algo que refuerza esta idea es el hecho que el alacrán estuviese consumiendo a la araña en el suelo, y no en las inmediaciones de la red. El comportamiento carroñero de *Centruroides* se ha observado con anterioridad en laboratorio (Armas, 1975), aunque este representaría la primera observación en la naturaleza involucrando a *C. ganosus*.

Caza riesgosa: *Centruroides limbatus* (Pocock, 1898) vs *Eriophora fuliginea* (Koch, 1838) (Fig. 2)

Esta observación se realizó durante gira nocturna a la comunidad rural de Loma Azul, Bocas del Toro, coordenadas: longitud -82.335425°, latitud 9.165382°. Hora de observación: aproximadamente 9:30 p.m. Se

puede observar a un macho de *C. limbatus* con su cola enredada en la red de una hembra de *Eriophora fuliginea*, mientras sujeta a la araña con sus dos pedipalpos.



Fig. 2 *Centruroides limbatus* macho sujeta las patas de *Eriophora fuliginea* hembra, mientras su cola está enredada en la red de la araña; Loma Azul, Bocas del Toro, Panamá

Centruroides limbatus es una de las especies más grandes de alacranes de Panamá. Se distribuye desde Nicaragua hasta la provincia de Bocas del Toro, en la vertiente Caribe de Panamá. Existe muy poca información sobre sus hábitos depredadores; Miranda y colaboradores (2015) reportan un caso de depredación intragremial sobre un juvenil de *Tityus pachyurus* Pocock, 1897.

Por su parte, *Eriophora fuliginea* se le encuentra desde Honduras hasta Brasil (World spider catalog, 2018). Al igual que *C. limbatus*, los adultos tienen hábitos principalmente nocturnos. Al caer la noche, construyen grandes redes orbiculares asimétricas, orientadas verticalmente entre los arbustos (Graf & Nentwig, 2001). La araña se acomoda en el núcleo de la red, ubicado en el tercio superior, y exhibe secuencias de comportamiento depredador de acuerdo con el tipo de presa que llegue a la red (Robinson et al., 1971). Al llegar el día, la red es retirada y la

araña se moviliza a un refugio construido con hojas enrolladas, a la espera que anochezca nuevamente.

En este caso no se observó consumo por parte de ninguno de los dos arácnidos; sin embargo, al momento de recolectarlos, se pudo constatar que la araña estaba muerta y el alacrán vivo, lo que hace suponer que *C. limbatus* logró inocular veneno a la *Eriophora*. Aun así, el alacrán difícilmente se hubiese podido liberar por propia cuenta de la red y probablemente hubiese terminado como presa de otro depredador capaz de tomarlo.

Un alacrán es un visitante poco probable para la red de malla gruesa de *E. fuliginea*, la cual está diseñada para atrapar insectos voladores de gran tamaño e incluso pequeños murciélagos (Robinson et al., 1971). En este caso particular, *E. fuliginea* construyó su red en el marco de un gallinero abandonado, en donde se observaron varios *C. limbatus* cazando cucarachas.

Finalmente, no hay certeza si fue un intento de *C. limbatus* por depredar a la araña o fue un evento fortuito. Es posible que el alacrán haya caído accidentalmente en la red o, que la ubicación del núcleo de la red y por consiguiente la araña, hayan estado a su alcance y haya tratado de atraparla.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación de Panamá (SENACYT), por el apoyo a Roberto Miranda en la investigación sobre aspectos ecológicos de los escorpiones. Al Ministerio de Economía y Finanzas, proyecto Estudio de artrópodos venenosos y/o causantes de alergias de Panamá. A Sergio Bermúdez por sus aportes durante revisión inicial del manuscrito.

REFERENCIAS

Albin, A. & C. A. Toscano-Gadea. 2015. Predation among armored arachnids: *Bothriurus bonariensis* (Scorpiones: Bothriuridae) versus four species of harvestmen (Harvestmen, Gonyleptidae). Behav. Process, 121: 1-7.

- Armas, L. F. De. 1975. Un notable caso alimentario en los escorpiones (Arachnida: Scorpionida). *Miscelánea Zoológica, Academia de Ciencias de Cuba*, 1: 2-3.
- Cook, D. R., A. T. Smith, D. N. Proud, C. Viquez & V. R. Townsend, Jr. 2013. Defensive responses of Neotropical harvestmen (Arachnida, Opiliones) to generalist invertebrate predators. *Caribbean J. Sci.*, 47 (2-3): 325-334.
- Cooper, A. M., D. R. Nelsen & W. K. Hayes. 2015. The strategic use of venom by spiders. *Evolution of Venomous Animals and their toxins*: 1-18.
- Francke, O. F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Rev. Mex. Biodivers.*, Supl. 85: 408-418.
- Graf, B. & W. Nentwig. 2001. Ontogenetic change in coloration and web-building behavior in the tropical spider *Eriophora fuliginea* (Araneae, Araneidae). *J. Arachnol.*, 29:104–110.
- Hjelle, J. T. 1990. Anatomy and morphology. Pp. 9-63. In: Polis, G.A. (ed.). *The Biology of Scorpions*. Stanford Univ. Press, Stanford. 587 pp.
- Higgins, L. E. 1987. Time budget and prey of *Nephila clavipes* (Linnaeus) (Araneae, Araneidae) in southern Texas. *J. Arachnol.*, 15: 401-417.
- Hormiga, G. & C. E. Griswold. 2014. Systematics, Phylogeny, and Evolution of orb-weaving Spiders. *Annu. Rev. Entomol.*, 59:487–512.
- Machado, G. & M.A. Pizo. 2000. The use of fruit by the Neotropical harvestman *Neosadocus variabilis* (Opiliones, Laniatores, Gonyleptidae). *J. Arachnol.*, 28: 357-360.
- McCormick, S. J. & G. A. Polis 1990. Prey, Predators, and Parasites. In: Polis, G. A. (ed.) *The Biology of Scorpions*, Stanford, California: Standford University Press. 145-157 pp.

Miranda, R. J., S. Bermúdez, J. Cleghorn & R. A. Cambra. 2015. Presas de escorpiones (Arachnida: Scorpiones) de Panamá, con observaciones sobre el comportamiento de depredación. *Rev. Iber. de Aracnol.*, 27: 115-123.

Robinson, M. H. & H. Mirick. 1971. The predatory behavior of the golden-web spider *Nephila clavipes* (Araneae: Araneidae). *Psyche*, 78:123-139.

Robinson, M. H., B. Robinson and W. Graney. 1971. The predatory behavior of the nocturnal orb web spider *Eriophora fuliginea* (C. L. Koch) (Araneae, Araneidae). *Rev. Peruana Entomol.*, 14(2):304-315.

Schauss, M. H., V. R. Townsend, Jr., J. J. Illinik. 2013. Food choice of the Neotropical harvestman *Erginulus clavotibialis* (Opiliones: Laniatores: Cosmetidae). *J. Arachnol.*, 41: 219-221.

Willemart, R.H. & Pellegatti-Franco, F., 2006. The spider *Enoploctenus cyclothorax* (Araneae, Ctenidae) avoids preying on the harvestmen *Mischonyx cuspidatus*. *J. Arachnol.* 34, 649–652.

Willemart, R.H., J. P. Farine & P. Gnaspini. 2009. Sensory biology of Phalangida harvestmen (Arachnida opiliones): a review: with new morphological data on 18 species. *Acta Zool.* 90, 209–227.

World Spider Catalog. 2018. World Spider Catalog. Version 19.5. Natural History Museum Bern, online at <http://wsc.nmbe.ch>, accessed on 28-septiembre-2018. doi: 10.24436/2

Recibido 15 de septiembre de 2018, aceptado 12 de octubre de 2018.



UTILIZACIÓN DE *Hydrocotyle umbellata* EN LA ABSORCIÓN DE ELEMENTOS CONTAMINANTES ESPECÍFICOS EN AGUAS RESIDUALES

¹Marta Higuera Gómez, ²Rene Peña & ³Luis Escalante

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología.

E-mail: martahiguera19@gmail.com

²Salud Ocupacional y Ambiente, Egresado de la Maestría en Gestión Ambiental de la Universidad Interamericana de Panamá.

E-mail: Renismal@hotmail.com

³Universidad Interamericana de Panamá. Docente Investigador de Maestría en Ciencias Ambientales.

E-mail: Lcescalante@yahoo.com

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de determinar la utilidad de *Hydrocotyle umbellata* en la absorción de elementos contaminantes en aguas residuales en una planta de tratamiento, entre el 21 de mayo al 15 de agosto del 2018. Se recolectó 30 plantas, de las cuales quince plantas en su estado natural se llevaron al Laboratorio de Suelo donde se le realizó el análisis foliar a toda la planta, para determinar los valores de potasio, fósforo, calcio, hierro y zinc. Las otras quince plantas se colocaron por 30 días en tres tinas en la planta de tratamiento del residencial La Hacienda, ubicada en el corregimiento de Vista Alegre, distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste, República de Panamá. Transcurrido el tiempo estimado, se retiraron las plantas y se llevaron al laboratorio donde se le realizó el análisis foliar y se determinó el grado de absorción de los elementos. Se concluyó que la planta tiene la capacidad de absorber los elementos (potasio, fósforo, calcio, hierro y zinc) de las aguas residuales de la planta de tratamiento.

PALABRAS CLAVES

planta acuática, elementos, nutrientes.

USE OF *Hydrocotyle umbellata* IN THE ABSORPTION OF SPECIFIC CONTAMINATIVE ELEMENTS IN WASTE WATERS

ABSTRACT

This investigation was carried out with the purpose to determine the usage of *Hydrocotyle umbellata* in the absorption of contaminative elements in waste waters from the treatment's plant, between May 21 and August 15, 2018. A total of 30 plants were collected, 15 in their natural state were taken to the soil laboratory for total foliar plant analysis, to determine values of potassium, phosphorous, calcium, iron and zinc. The other 15 plants, were placed for 30 days in three tubs in the processing plan at residential La Hacienda, located in the village of Vista Alegre, district of Arraijan, province of Panama Oeste, Republic of Panama. After the elapsed time, plants were withdrawing and carried to the laboratory were foliar analysis were done, and the degree of absorption of the elements was determined. We conclude that the plant has the capacity absorbs the elements (potassium, phosphorous, calcium, iron and zinc) of waste waters from the treatment's plant.

KEYWORDS

aquatic plant, elements, nutrients.

INTRODUCCIÓN

El concepto de agua residual hace referencia a todas las aguas que han sido utilizadas en cualquier actividad humana. Estas aguas se pueden clasificar en aguas domésticas, industriales y comerciales. Los efluentes de aguas residuales producen deterioro en los hidroecosistemas, específicamente en los cuerpos lenticos, generando la eutrofización, la disminución en niveles de oxígeno, alteraciones del pH, entre otros. (Pérez Silva *et al.*, 2016). La eutrofización es un proceso de deterioro de la calidad del recurso, por el enriquecimiento de nutrientes, principalmente, nitrógeno y fósforo, los cuales ejercen grandes impactos ec hidrológico, ec hidr áulicos, sanitarios y económicos (Ledesma, *et al.*, 2013), que conlleva la muerte de la mayoría de los seres vivos (Fernández, 2000). Además, cuando los organismos se descomponen añaden coloración, turbidez y olores desagradables (Master & Ela, 2008).

La eutrofización es un proceso natural que ocurre en los cuerpos de agua, pero en miles de años, sin embargo, las descargas de aguas residuales pueden acelerar la velocidad de este proceso. A esto se le conoce como eutrofización antropogénica (Master & Ela, 2008). Las aguas residuales son una de las fuentes de ingreso al ambiente de residuos, que se han convertido en uno de los principales contaminantes, debido a que sus concentraciones han ido en aumento, lo que ha provocado incremento en los efectos adversos causados por la persistencia y el fenómeno de biomagnificación (Veranes-Delis *et al.*, 2012).

Estas aguas no tratadas, pueden ocasionar graves problemas ambientales y sanitarios, como: infecciones bacterianas, infecciones víricas, parasitosis; además, de mantener vectores y hospedadores como: moluscos, crustáceos, artrópodos hematófagos, entre otros. La contaminación de las aguas no sólo elimina una buena parte de la vegetación y fauna autóctona acuática, sino que también ocasiona desequilibrios generalizados a todo el ecosistema terrestre que de estas masas de agua depende (Master & Ela, 2008).

La depuración de las aguas residuales, ya sean urbanas, industriales o de origen agropecuario, se ha convertido en uno de los retos ecológicos y económicos más importantes del Planeta. La escasez del agua potable como recurso, el aumento de la población y del crecimiento económico mundial, con la consecuencia del incremento en la producción de aguas residuales, nos enfrentan al reto de conseguir un tratamiento adecuado de las aguas residuales con el menor coste económico y energético posible. La Organización Mundial de la Salud (OMS), estableció valores máximos permisibles de las descargas de efluentes a los cuerpos receptores (Tejada-Tovar *et al.*, 2015).

Fernández (2000) denomina sistemas blandos a los sistemas de tratamiento de aguas residuales que consumen menos energía y suelen ser menos costosos y sofisticados en cuanto a operación y mantenimiento que los convencionales. Este sistema utiliza las plantas acuáticas aprovechando la capacidad de autodepuración en los hidrosistemas naturales, ya que degradan, absorben y asimilan en sus tejidos los contaminantes. Es una biotransformación que utiliza

sistemas biológicos para la restauración del medio ambiente, con la cual se mejoran los procesos biogeoquímicos y los compuestos tóxicos son eliminados del medioambiente. (Pellón *et al.*, 2005).

Estas plantas en la etapa de crecimiento absorben los nutrientes y sólidos suspendidos, que funcionan como sustrato para los microorganismos que promueven la asimilación de estos nutrientes por medio de transformaciones químicas, incluyendo nitrificación y desnitrificación (Hidalgo *et al.*, 2005). Utilizan luz, dióxido de carbono, nitrógeno, fósforo, y potasio para crecer, por lo cual han sido utilizadas para reducir nutrientes en aguas residuales domésticas e industriales. Además, pueden remover hasta el 99% de nutrientes como: el nitrógeno y el fósforo, con lo cual se reduce el proceso de eutrofización sobre cuerpos de agua superficiales (Pérez Silva *et al.*, 2016).

Esta investigación tuvo como objetivo determinar la utilidad de *Hydrocotyle umbellata* (familia Apiaceae) en la absorción de los elementos contaminantes (potasio, fósforo, calcio, hierro y zinc) de las aguas residuales domésticas. En tal sentido fue utilizado como medio de experimento la planta de tratamiento del residencial La Hacienda, ubicada en el corregimiento de Vista Alegre, en el distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste, República de Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó del 21 de mayo hasta el 15 de agosto del 2018. Se recolectó 30 plantas de *Hydrocotyle umbellata*. Quince plantas en su estado natural se le realizó el análisis foliar a toda la planta y se determinó los valores de potasio, fósforo, calcio, hierro, y zinc. Las otras quince plantas se llevaron en la planta de tratamiento de aguas residuales del residencial La Hacienda ubicada en el corregimiento de Vista Alegre, distrito de Arraiján, de la provincia de Panamá Oeste, en las coordenadas 8°54'24.4"N, 79°41'9.6"W. Estas plantas se colocaron en contacto directo en tres tinajas con agua residuales y se dejaron 30 días (Fig. 2). Transcurrido el tiempo estimado, se retiraron las plantas y se llevaron al laboratorio donde se le realizó el análisis foliar a toda la planta y se determinó el grado de

absorción de los elementos.

El análisis Foliar se realizó en el Laboratorio de Suelo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de Panamá. Se analizó el fósforo a través del colorímetro Spectronic 20 a una longitud de onda de 470nm. Se determinó a través del método espectroscopia de absorción atómica los valores de potasio, calcio, hierro y zinc. (Mengel & Kirkby, 1982, Malavolta, 1980).

La planta acuática *Hydrocotyle umbellata* pertenece a la familia Apiaceae. Esta familia cuenta con unos 300 géneros y 3000 especies. Se distribuye en todo el mundo y está compuesta por especies herbáceas anuales y perennes, algunas están adaptadas a diversos tipos de humedales. (Álvarez *et al.*, 2008).

La descripción taxonómica de *Hydrocotyle umbellata* es una hierba perenne, anual o bianual, frecuentemente rastrera. Tienen hojas largamente pecioladas, de color verde pálido, hirsuto, alternas, basales o a veces opuestas simples y enteras, con un peciolo envainador de 2-5 cm de largo y 0,5-1 mm de diámetro, tiene nudos radicantes con tallos filiformes de 0,5-1mm de diámetro. (Álvarez, 2001). La base de la lámina emarginada en ángulo agudo, las espículas irregularmente romboidales o auriculares, tenues, membranosas (Álvarez *et al.*, 2008, Stevens *et al.*, 2001) (Fig. 1).



Fig. 1 *Hydrocotyle umbellata*, (Apiaceae)



Fig. 2 Tina de la planta de tratamiento de la barriada La Hacienda, ubicada en el corregimiento de Vista Alegre, en el distrito de Arraiján, provincia de Panamá Oeste, República de Panamá

RESULTADOS

La planta *Hydrocotyle umbellata* absorbió cinco elementos. En la Fig. 3 se aprecia como aumentaron los valores después de estar expuesta las 15 plantas por 30 días en las aguas residuales de la planta de tratamiento. Se observa como el fósforo tenía 0.31 % al inicio y al transcurrir los 30 días se obtuvo 0.40 %. El potasio en la planta en su estado natural tenía 0.23% y al colocarla en las aguas residuales y transcurridos el tiempo estimado se obtuvo 1.30 %. Así ocurrió con el hierro que se obtuvo al inicio 1.99 % y después 2.96%. El calcio tenía al inicio 1.56% y después 2.17%. El zinc al inicio tenía 98ppm y transcurrido el tiempo estimado se obtuvo 247ppm (Fig. 4).

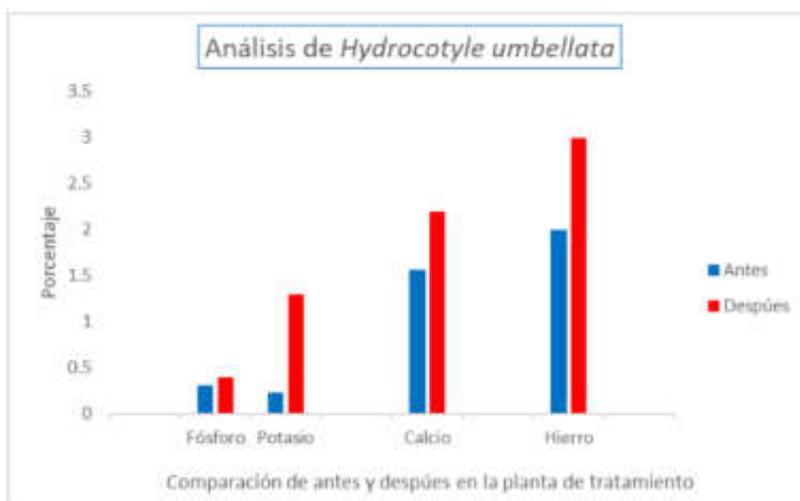


Fig. 3 Descripción gráfica del análisis foliar de *Hydrocotyle umbellata*

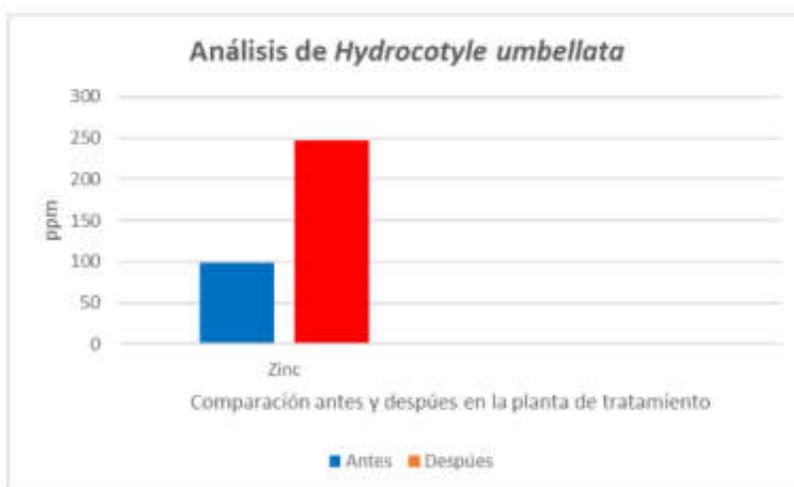


Fig. 4 Descripción gráfica del análisis foliar de *Hydrocotyle umbellata*

DISCUSIÓN

La utilización de planta acuática se ha desarrollado como tratamiento alternativo de aguas residuales y ha demostrado ser eficiente en la remoción de una amplia gama de sustancias orgánicas, así como

nutrientes y metales pesados (Novotny & Olem, (1994), Machate *et al.*, 1999). Esto lo apoya el trabajo realizado por Panyakhan *et al.*, (2006) citado por Miranda & Quiroz (2013), en este estudio se realizó la remoción del zinc, utilizando *Hydrocotyle umbellata* con diferentes concentraciones desde 2, 3, 6, 8, 10 y 50 mg/l de zinc, durante un periodo de 12 días, se obtuvo aumento significativo en los niveles de zinc en los tejidos vegetales cuando los tiempos de exposición y las concentraciones del metal se incrementaron.

Además, Zayed, (1988) considera que *Hydrocotyle umbellata* es una planta hiperacumuladora de metales como: hierro y zinc debido que presenta valores ≥ 1000 . Albino (2015) demostró que *Hydrocotyle* sp., absorbe elementos como hierro (1319mg/L) y zinc (162mg/L). Según Reddy & Busk (1985), las plantas acuáticas reducen efectivamente los niveles de contaminación en los cuerpos de agua.

En la investigación realizada por Olivares *et al.*, (2007) y Lu *et al.*, (2004), establecen que *Hydrocotyle umbellata* tiene un alto potencial de remoción debido a que posee unas raíces con un sistema fibroso con una gran área de contacto que les permite acumular grandes cantidades de elementos que actúa como la primera barrera al absorber y retener elementos. Tiene un sistema radicular con microorganismos asociados que favorecen la acción depuradora de las aguas (French *et al.*, 1995).

CONCLUSIÓN

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo concluimos que la planta acuática *Hydrocotyle umbellata*, tiene la capacidad de absorber los elementos (potasio, fósforo, calcio, hierro y zinc) de las aguas residuales de la planta de tratamiento. Se puede utilizar como una alternativa de desarrollo sostenible en la depuración de elementos contaminantes en las aguas residuales que son altamente persistentes y tienden a acumularse en el ambiente.

RECOMENDACIONES

Recomendamos la utilización de plantas acuáticas flotantes como fitorremediación. Esta tecnología permite la remoción de elementos

contaminantes en aguas residuales y de cuerpos de agua en proceso de eutrofización a bajo costo.

AGRADECIMIENTO

Nuestro profundo agradecimiento a la Ing. Marvin Sánchez (gerente de Obra) y la Ing. Belkis Herrera (residente de Obra) por permitirnos realizar esta investigación en la planta de tratamiento en el residencial La Hacienda. A la Lcda. Lucila Guillen y la Mgtra. Vielka Murillo del Herbario, por su ayuda en la identificación taxonómica. A la Licda. Berta Carrera y el Dr. Francisco Mora, del laboratorio de Suelo, por su dedicación en el análisis foliar. Al Mgter. Arnold Russell por la traducción en inglés del resumen. Quiero también agradecer al Mgter Ramiro Gómez por su colaboración y sugerencias para mejorar este trabajo.

REFERENCIAS

Albino, E. 2015. Optimización de la metodología por fluorescencia de rayos x para la determinación de metales en plantas acuáticas del curso Alto del Río Lerma. Tesis de la Universidad Tecnológica del Valle de Toluca, Carrera Tecnología Ambiental. México. 73pp.

Alvarez, M., Ramírez C., & U. Deil. 2008. Ecología y distribución de *Hydrocotyle cryptocarpa* sp. en Sudamérica. *Gayana Bot.* 65 (2)139-144.

Alvarez, N. 2001. *Hydrocotyle leucocephala* (Apiaceae): nueva especie para Mendoza. *Multequina*. No. 10: 75-78.

Fernández, J. 2000. Manual de fitodepuración. Filtros de macrófitas en flotación. Coordinada por Jesús Fernández González Proyecto Life. *Amb disponibilitat*.

French, J., Chung, M. & Y. Hur. 1995. Chloroplast DNA phylogeny of the Ariflorae. *Monocotyledons: systematic and evolution*. (P. Raudall, P. Cribb, D. Cutler & C. Humphries, edits) Kew Royal Botanic Gardens.

- Hidalgo, J., Montano, J., & M. Sandoval. 2005. Recientes aplicaciones de la depuración de aguas residuales con plantas acuáticas. *Teoría* 14 (1):17-25.
- Ledesma, C., Bonansea, M., Rodriguez, C., & A. Sánchez. 2013. Determinación de indicadores de eutrofización en el embalse Río Tercero, Córdoba (Argentina). *Revista Ciencia Agronómica*. 44(3): 419-425.
- Lu, X., Kruatrachue M., Pokethitiyook P., & K. Homypk. 2004. Removal of cadmium and zinc by water hyacinth. *Sci. Asia* 30, 93-103.
- Machate, T., E. Heuermann, K. Schamm & A. Kettrup. 1999. Purification of fuel and nitrate contaminated ground water using a free water Surface constructed wetland plant. *J. Environ. Qual.* 28:1665-1673.
- Malavolta, E., 1980. Elementos de Nutrición Mineral de Plantas. Editora Agronómica Ceres Ltda, Sao Paulo. Brasil. 254pp.
- Martelo, J. & L. Borrero. 2012. Macrófitas flotantes en el tratamiento de aguas residuales: una revisión del estado del arte. *Ingeniería y Ciencia, ing. Cienc.* 8(15):221-243.
- Master, G. M., & W.P. Ela. 2008. Introducción a la ingeniería medioambiental. Madrid: Pearson Educación, S.A.
- Mengel, K., & E. Kirkby. 1982. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Berna. Suiza. 655pp.
- Miranda M.G., & A. Quiroz. 2013. Effect of photoperiod to absorb lead by *Lemna gibba* (Lemnaceae). *Polibotánica*, 36:147-161.
- Novotny, V. & H. Olem 1994. Water quality: prevention, identification and management of diffuse pollution. Van Nostrand Reinhold, New York. 1054pp.

Olivares, S., Lima L., De la Rosa D. & D.W. Graham. 2007. Water hyacinths (*Eichhornia crassipes*) as indicator of heavy metal impact of a large landfill on the Almendares River near Havana, Cuba, Bull. Environ. Contam. Toxicol. 79, 583-587.

Pellón, A., Frades, J., Chacón, A., Pérez, E., Oña, A., Espinosa, M., Ramos Alvariño, C., Mayarí, R., & R. Escobedo. 2005. Eliminación de cromo y cadmio mediante *Scenedesmus obliquus* en estado inmovilizado. Revista CENIC Ciencias Químicas. 36(3): 175-180.

Pérez-Silva, K., Vega-Bolaños, A., Hernández-Rodríguez, L., Parra-Ospina, D., & M. Ballen-Segura. 2016. Uso de *Scenedesmus* para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales de la industria textil. Ingeniería Solidaria. 12(20):95-105.

Reddy, K., & F. Busk. 1985. Nutrient removal potential of selected aquatic macrophytes. Journal of Environmental Quality, 14(4):459-462.

Stevens, W., Ulloa, C., Pool, A., & O. Montiel. 2001. Flora de Nicaragua, Introducción Gimnosperma y Angiosperma. Tomo 85. Printed in U.S.A. 943pp.

Tejada Tovar, C., Villabona-Ortiz, A., & L. Garcés-Jaraba. 2015. Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. Tecno Lógicas. 18 (34):109-123.

Veranes-Delis, O., Pellón-Arrechea, A., Espinosa-Llorens, M., Oña-Machín, A., & E. Pérez-Despaigne. 2012. Estudio del comportamiento de la microalga *Scenedesmus obliquus* para la precipitación de cromo en Albalá sintético. Revista Cubana de Química. 24(1):48-56.

Zayed A., S. Gowthaman, & N. Terry. 1998. Phytoaccumulation of trace elements by wetland plants: I Duckweed. Journal of Environmental Quality 27: 715-721.

Recibido 30 de septiembre de 2018, aceptado 18 de octubre de 2018.



REEVALUANDO LOS BOSQUES FÓSILES DE OCÚ

^{1,2}Oris Rodríguez Reyes, ³Emilio Estrada Ruíz, ⁴Judith Callejas, ²César Silva & ¹Eduardo Leiva

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Departamento de Botánica. Apartado 000 17, Panamá 0824, Panamá. Email: orisrodriguez@gmail.com; ejleivad.levi@gmail.com

²Smithsonian Tropical Research Institute, Box 0843-03092, Balboa, Ancón Republic of Panamá. Email: casilvacar@yahoo.es

³Instituto Politécnico Nacional, Departamento de Zoología, Laboratorio de Ecología, Ciudad de México, México. Email: emilkpaleobot@yahoo.com.mx

⁴Comisión Reguladora de Energía, Merced Gómez, Ciudad de México, México. C.P. 03930. Email: jcallejas@cre.gob.mx

RESUMEN

Las maderas fósiles de Ocu, conocidas como chumicos, han sido reconocidas por su abundancia y vistosidad, gracias a ello, han sido aprovechadas por los locales para su comercio. Los estudios realizados por Stern y Eyde en 1967 reportaron por primera vez las plantas fósiles de Ocu. Las familias y géneros reportados hasta el día de hoy parecen sugerir una vegetación relacionada con los bosques lluviosos. Esto ha sido confirmado en estudios previos y los primeros reportes de esta nueva investigación, en donde describimos diferentes maderas y un tallo con base en su anatomía interna, esto mediante la técnica de lámina delgada y su comparación taxonómica con maderas fósiles y actuales de distintas familias. Los resultados de las maderas estudiadas en este proyecto hasta ahora han sido identificadas a nivel de familia, en las que encontramos Arecaceae, Fabaceae, Moraceae, Anacardiaceae. Estos nuevos resultados referente a la anatomía como es la presencia de vasos mayores a 100 µm, ausencia de anillos de crecimientos, placas de perforación y presencia de palmas, confirman que desde hace 30 millones de años la paleoflora de la Península de Azuero era de bosques tropicales lluviosos.

PALABRAS CLAVES

Maderas, fósiles, bosques lluviosos, paleoflora, Azuero.

REVISITING THE OCU FOSSIL FORESTS

ABSTRACT

Fossil Woods from Ocu, locally known as chumicos, have been popular and highly commercialised due to their beautiful and attractive colours. Stern and Eyde (1967) published accounts on the Ocu fossil Woods for the first time. To date, taxonomic affinities on the reported taxa suggest rainforests dominated the Azuero region. These results have been confirmed in previous studies and with the first advances of this research. The fossil woods studied herein have been identified to the family level, namely, Arecaceae, Fabaceae, Moraceae and Anacardiaceae. First results confirm the dominance of rainforest taxa in Azuero.

KEYWORDS

Woods, fossils, rainforests, paleoflora, Azuero.

INTRODUCCIÓN

El Istmo de Panamá, que ha constituido un puente de vida y al mismo tiempo, una barrera oceánica y biogeográfica por millones de años, ha sido poco explorado en temas paleontológicos, en particular con registros de plantas fósiles (Leigh et al., 2014; Bacon et al., 2015). Nuestro interés por la historia antigua del Istmo ha renacido tras nuevos hallazgos durante el proyecto de expansión del Canal de Panamá iniciado en 2007 (Herrera et al., 2014, MacFadden et al., 2014; Rodríguez-Reyes et al., 2014). Las formaciones geológicas en el Canal de Panamá no sólo han aportado importantes hallazgos de mamíferos fósiles, sino también sobre semillas y maderas, que evidencian relaciones con floras africanas, norteamericanas, pero especialmente suramericanas (Herrera et al., 2014; Rodríguez-Reyes et al., 2014). Entre las plantas encontradas en la Cuenca del Canal de Panamá, se han identificado maderas fósiles relacionadas con las familias Malvaceae (*Guazumaoxylon miocenica*, *Periplanetoxylon panamense*; Rodríguez-Reyes et al., 2014), Fabaceae (*Prioria hodesii*; Rodríguez-Reyes et al., 2017.), Elaeocarpaceae (*Panascleroticoxylon cristalloso*; Rodríguez-Reyes et al., 2017), Chrysobalanaceae (*Parinarioxylon*; Jud et al., 2016) y otros árboles sólo identificados a nivel de familia como Melastomataceae,

Sapotaceae y Meliaceae.

A pesar de estos registros con plantas fósiles, Panamá tiene un alto valor paleontológico por descubrir en otras localidades que van más allá de la Cuenca del Canal, por ejemplo, la abundancia de maderas permineralizadas en el pueblo de Ocú dentro de la Península de Azuero es notoria y de gran potencial. Las maderas fósiles en Ocú y zonas aledañas, conocidas como chumicos, tienen tonos llamativos, atractivos para los lugareños que las han comercializado y utilizado con fines decorativos en comercios, casas y jardines (**Fig. 1**).



Fig. 1 A, fachada de La Posada en el pueblo de Ocu, mostrando la abundancia y vistosidad de las maderas fósiles del área. B, acercamiento de algunas maderas de la fachada. C, madera fósil usada como ornamental en un jardín de casa en Chitré

Sólo tres publicaciones formales abordan el tema de los árboles fósiles de Ocú, reportando la ocurrencia de Humiriaceae, Salicaceae y Hernandiaceae (Stern & Eyde, 1965); una nueva madera de Humiriaceae (Herrera et al., 2014); y recientemente Jud & Durnham (2017), reportan diez nuevos morfotipos relacionados con las familias Fabaceae, Lauraceae, Sapotaceae y Moraceae.

Las maderas fósiles se encuentran esparcidas en potreros y fincas, con poca evidencia de su roca parental, por lo mismo la edad de los bosques fósiles de Ocú permanece como un enigma. En un estudio previo realizado por Herrera et al. (2014) reportan limolitas en canteras en los alrededores de Ocú con fragmentos de madera carbonizada e invertebrados fósiles en sedimentos procedentes de la Formación Tonosí, datadas como del Eoceno, por lo que se sugiere que las maderas de Ocú están relacionadas con la Formación Tonosí. Por otra parte, Jud & Durnham (2017), mencionan que las maderas podrían relacionarse con la Formación Santiago, datada como del Oligoceno tardío a Mioceno temprano, sin embargo, aún sin evidencia de las maderas en su roca parental, lo que hace incierta su procedencia. Por otra parte, Jud & Durnham (2017) realizaron un Análisis de Escalamiento Multidimensional (NDMS), donde hacen una comparación de comunidades actuales usando caracteres anatómicos de la madera. Los resultados sugieren que los bosques fósiles de Ocú representan un antiguo Bosque Tropical Lluvioso, lo cual contrasta con los actuales bosques en la zona, bosques secos tropicales.

Los primeros resultados de nuestra investigación confirman los resultados previos de Jud & Durnham (2017) e incrementan el conocimiento de la composición florística de estos bosques fósiles.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestreo

Se realizó una revisión de los mapas geológicos de Terry (1956), la Dirección General de Recursos Mineros (1976) (**Fig. 2**); Buchs et al. (2011) y Herrera et al. (2014) para ubicar las localidades con material fósil. Marcamos los puntos importantes sobre los mapas geológicos y establecimos los lugares a visitar. El estudio de los mapas nos ayudó a

identificar unidades geológicas en las localidades y a interpretar las secciones en los afloramientos; después nos comunicamos con los moradores del área y visitamos varias fincas privadas donde abundan las maderas permineralizadas de diversos tamaños.

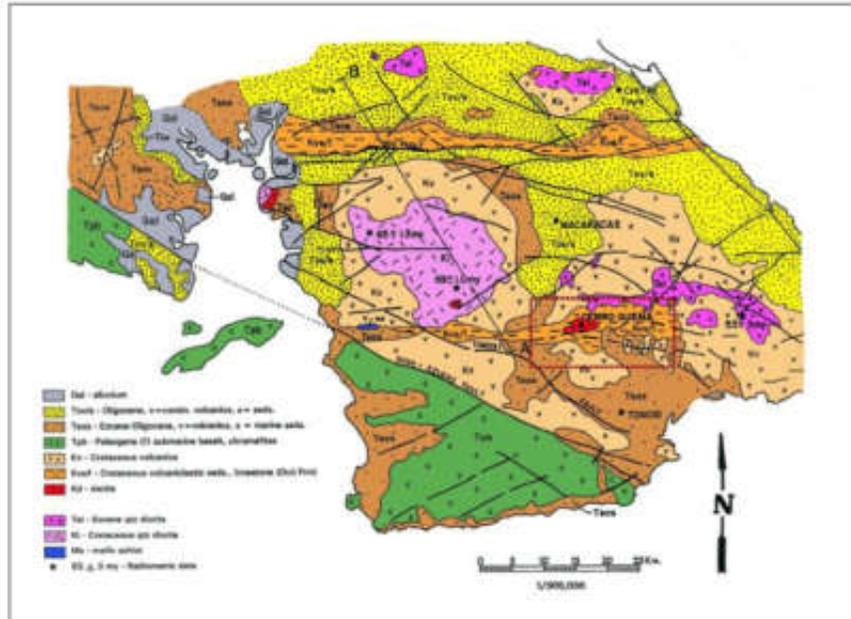


Fig. 2 Mapa geológico de la Península de Azuero modificado de DGRM (1976)

Se realizaron dos visitas a campo con duración de una semana cada una. La primera salida de campo fue en mayo de 2017, donde se visitó varias fincas y potreros en las provincias de Herrera (Río Ocú, Los Pozos de Herrera y Valle Rico) y Veraguas (Llano de la Cruz) (**Tabla 1, Figura 3**); la segunda salida de campo realizada en mayo de 2018 incluyó las localidades en Los Pozos de Herrera y se adicionó una finca en Boquerones en Veraguas (**Tabla 1, Fig. 3**). En ambas visitas se recolectaron más de 100 maderas fósiles de diversos tamaños.

Los esfuerzos durante las primeras dos salidas de campo se concentraron en encontrar maderas *in situ* o identificar la roca parental de las maderas fósiles, ya que ha sido complicado determinar la

procedencia de estas abundantes y decorativas maderas fósiles. Tras el recorrido de varias fincas y la consulta a moradores conocedores del área, encontramos una sección de areniscas con trozos de madera fosilizada que corresponden con las maderas en estudio (**Fig. 4**). Destacamos que el hallazgo se atribuye a Miguel Martínez, joven estudiante de primer año de Biología en el Centro Regional Universitario de Herrera de la Universidad de Panamá.

Tabla 1 Localidades estudiadas de 2017-2018.

| Localidad | Coordenadas geográficas |
|----------------------|-----------------------------------|
| Río Ocú | N 7° 54' 58.7" W 80° 45' 57" |
| Los Pozos de Herrera | N 7° 46' 43.5" W 80° 35' 53.3" |
| Valle Rico | N 7° 54' 11.4" W 80° 44' 55.5" |
| Llano de la Cruz | N 8° 9' 4.7" W 80° 53' 11.2" |
| Los Boquerones | N 8° 8' 29" W 80° 84' 61" |



Fig. 3 Madera permineralizada (flechas) con litoarenitas gris-café de la Formación Santiago (Oligoceno tardío a Mioceno temprano)

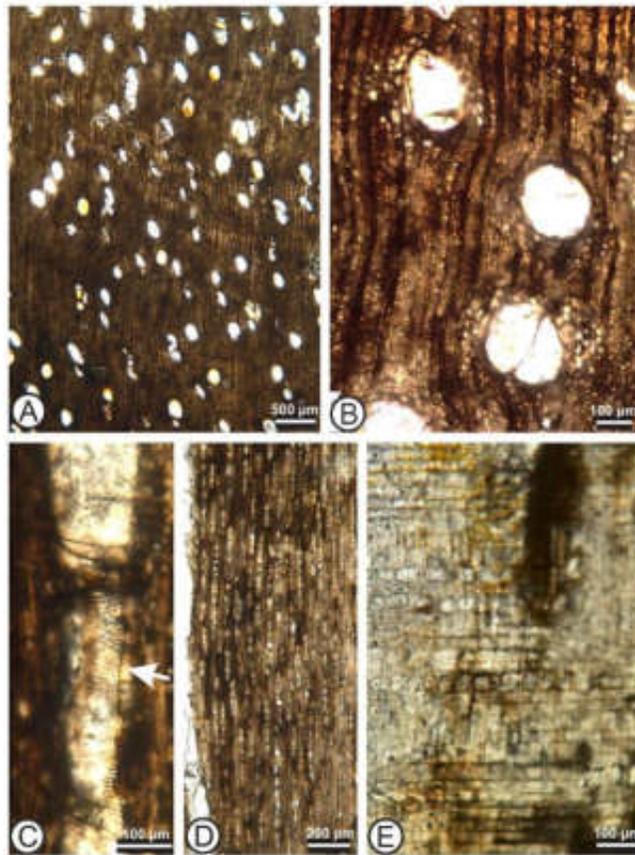


Fig. 4 Características anatómicas de STRI 44038B. A, Anillos de crecimiento indistintos, con porosidad difusa. B, Vasos con alto porcentaje de solitarios y parénquima paratraqueal y aliforme. C, punteaduras intervasculares alternas. D, radios mayormente uniseriados con biseriados ocasionales. E, cristales prismáticos abundantes en células radiales procumbentes

Después de recorrer varias localidades en la Provincia de Herrera, el Sr. Carlos Sandoval un morador de Chitré, Herrera, dueño y coleccionista de maderas fósiles, nos hizo el favor de guiarnos a una de sus fincas, donde se encuentra el tronco fosilizado más largo hasta ahora encontrado en Panamá y posiblemente en todo Centro América (**Fig. 5**).

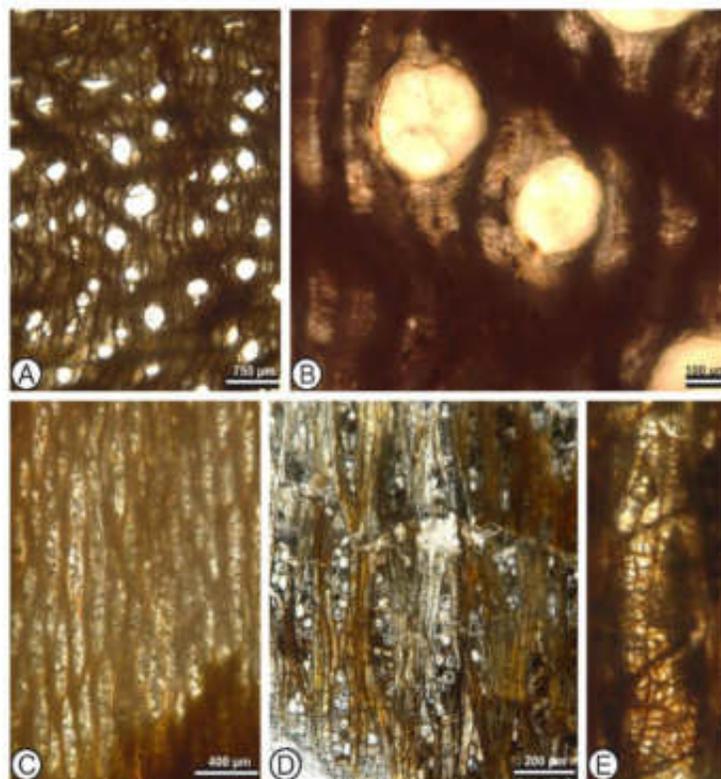


Fig. 5 Características anatómicas de STRI 44071. A, Anillos de crecimiento indistintos con porosidad difusa. B, Vasos con alto porcentaje de solitarios. C, D, radios 1 –3 células de ancho y ocasionalmente de 4–10 células. D, Acercamiento de radios. E, punteaduras vaso-radio con bordes reducidos, redondas a relativamente elongadas

Preparación y análisis del material

Para la datación radiométrica de las rocas, las muestras de areniscas colectadas en Los Pozos y en Llano de la Cruz fueron etiquetadas y enviadas al Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Florida, Estados Unidos, para la extracción de zircones detríticos y su posterior análisis isotópico. Las muestras se encuentran bajo análisis al momento de este trabajo.

Para la parte taxonómica del proyecto, las maderas fósiles de gran tamaño se cortaron con un disco giratorio de punta de diamante para rocas en las instalaciones del Centro de Paleoecología y Arqueología Tropical (Center for Tropical Paleoecology and Archaeology). Esto se realizó con el fin de enviar piezas de tamaño manejable a Estados Unidos de América para la posterior preparación de secciones petrográficas. De las cuales, enviamos 33 de las muestras al Departamento de Biología de Adelphi University, Nueva York, Estados Unidos para la preparación de placas microscópicas o láminas delgadas. La técnica de lámina delgada consiste en obtener los cortes de los tres planos: corte transversal, tangencial y radial, para poder hacer la descripción completa para su posterior identificación taxonómica. De igual manera, enviamos 6 muestras a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, México, donde el Dr. Emilio Estrada-Ruiz (Colaborador 2 de este proyecto) envió las muestras para la preparación de secciones petrográficas. Las secciones se prepararon siguiendo las técnicas de Jones & Rowe (1999). Los Drs. Estrada-Ruiz y Rodríguez-Reyes realizaron las descripciones e identificaciones de las muestras procesadas y fotografiadas en México, siguiendo las guías establecidas por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera, *1989 (IAWA, por sus siglas en inglés), además se consultó bibliografía especializada sobre el tema (*e.g.*, Metcalfe y Chalk, 1950; Détienne y Jacquet, 1983; Ilic, 1987, 1991; Terrazas, 1994), también nos apoyamos en InsideWood, una base de datos en línea para la identificación de maderas donde pudimos realizar una búsqueda más exhaustiva sobre las relaciones taxonómicas de nuestras maderas fósiles (InsideWood 2004-onwards; Wheeler, 2011).

Estos representan los primeros resultados del proyecto y nos encontramos escribiendo un artículo sobre la identificación del "Gran árbol" de Llano de La Cruz para ser enviado al *Review of Palaeobotany and Palynology*. Las muestras han sido identificadas a nivel de familia, remarcando algunos posibles géneros relacionados. Para nombrar nuevos géneros o especies fósiles, se requiere de un riguroso proceso de comparación en museos internacionales, por lo cual nos abstenemos de dar identificaciones a nivel género y especie hasta completar el proceso de comparación, que se llevará a cabo en un segundo año del proyecto.

RESULTADOS

Edad del material fósil

Durante las dos visitas a campo se corroboró la posición estratigráfica de las maderas fósiles de Ocú y, por lo tanto, inferir sobre su edad "tentativa" de ~30 Ma (Oligoceno) como parte de la Formación Santiago. Sin embargo, estas inferencias se basan en mapeos geológicos del área poco actualizados. La pobre preservación y afloramientos de los sedimentos donde se encuentran las maderas fósiles hacen difícil estudiarlas y conocer su procedencia geológica. Hemos realizado ensayos utilizando muestras de arenisca con trozos de madera y tovas volcánicas que subyacen la misma, aún sin poder corroborar su edad radiométrica o absoluta. Con lo cual se requieren repetir los análisis y sumar estudios bioestratigráficos con el fin de confirmar la edad del material.

Sistemática paleontológica

STRI ID: STRI 44038 B (medio) (Figura 4)

"Gran árbol"

Familia: Anacardiaceae

Descripción:

Madera con anillos de crecimiento indistintos y porosidad difusa; vasos solitarios combinados con unos pocos múltiples radiales (34%) de 2–3 (–5); vasos con forma oval; placas de perforación simple; diámetro medio tangencial 154 (rango 96 – 205) μm ; con 6 (rango 4 – 9) vasos por mm cuadrado; punteaduras intervasculares alternas, poligonales y medianas a largas (diámetros de 8 – 12 μm); punteaduras vaso-radio con bordes reducidos. Longitud de los elementos de vaso 365 (rango 203 – 504) μm . Tíldes abundantes.

Parénquima axial paratraqueal, vasicéntrico y apotraqueal difuso y en algunos vasos con parénquima aliforme a confluyente. Hebras de parénquima principalmente de 4-células. Radios heterocelulares mayormente uniseriados, con algunos biseriados. Radios compuestos de células mixtas en el cuerpo. Radios 19 (rango 15 – 23) por mm.

Fibras no septadas, con paredes de delgadas a intermedias 7.5 (rango 5 – 14) μm de grueso de pared y 33 (15 – 51) μm de lumen. Cristales

solitarios romboidales muy abundantes, especialmente abundantes en células erectas y rectangulares.

Comentarios:

Los caracteres presentes en la madera fósil de Ocú como porosidad difusa, vasos sin patrones de arreglo, vasos de tamaño pequeño a mediano (50 hasta <200 μm), placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas y poligonales, tilides abundantes, fibras con paredes de grosor intermedio, parénquima paratraqueal y cristales prismáticos abundantes son caracteres comunes encontrados en Anacardiaceae (Terrazas, 1999). Después de revisar todas las especies disponibles en la base de datos de IWD (Insidewood-en adelante; Wheeler 2011) y literatura clave, encontramos varios caracteres presentes en el fósil que lo relacionan con el género *Anacardium* L. Entre los caracteres que encontramos similitud entre el fósil de Ocú y *Anacardium* son anillos indistintos, punteaduras intervasculares de tamaño grande (10 μm o >), punteaduras vaso-radio con bordes reducidos y parénquima paratraqueal vasicéntrico. Sin embargo, se requiere de comparaciones más exhaustivas y rigurosas con secciones micromorfológicas de todas las especies del género para sustentar dicha identificación.

STRI 44071 (Figura 5)

Familia: Moraceae.

Descripción:

Madera con anillos de crecimiento indistintos y porosidad difusa. Vasos solitarios con unos pocos múltiples radiales (32%) de 2 (-3); vasos de forma oval a redonda; placas de perforación simple; diámetro medio tangencial de vasos 270 (174 – 488 μm); media de 3 (rango 2 – 6) vasos por mm cuadrado; punteaduras intervasculares alternas, poligonales y grandes (diámetro de 11 a 15 μm); punteaduras vaso-radio con bordes reducidos, redondas a relativamente elongadas. Tilides abundantes.

Parénquima axial paratraqueal aliforme. Bandas marginales de parénquima, con hebras de 3 – 8-células. Radios 1 –3 células de ancho

y ocasionalmente de 4–10 células. Espaciamiento medio de radios 7 – 12 por mm linear.

Fibras septadas y no septadas con paredes de delgadas a gruesas, con 3 (1 – 4) μm de espesor de pared y 17 (12 – 23) μm de lumen.

Comentarios:

La presencia de caracteres como anillos de crecimiento indistintos, porosidad difusa, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, poligonales y grandes, punteaduras vaso-radio con bordes reducidos, vasos con promedio de diámetro tangencial $>200 \mu\text{m}$, tílides abundantes, fibras septadas y no septadas, parénquima apotraqueal aliforme y radios de 1-3 células de ancho. Los resultados sugirieron afinidades con *Sextonia rubra* (Lauraceae) y *Prainea sp* (Moraceae). Se descarta la similitud con Lauraceae, ya que no se encuentran células oleíferas en el fósil. Esta madera de Ojú tiene mayor afinidad con Moraceae, con la excepción de la tribu Ficeae. Caracteres como vasos $>200 \mu\text{m}$, presencia de fibras septadas y no septadas, punteaduras intervasculares $> 10 \mu\text{m}$, punteaduras vaso-radio con bordes reducidos, predominancia de parénquima apotraqueal y radios mayormente heterocelulares,

son características que distinguen a maderas de Moraceae (Welle et al., 1986; Ugwoke y Uju, 2010) y son caracteres que están presentes en el fósil aquí estudiado.

STRI 44074 (Figura 6)

Familia: Leguminosae

Descripción:

Madera con anillos de crecimiento indistintos y porosidad difusa. Vasos solitarios combinados con 35% de múltiplos radiales de 2(-4); vasos en forma oval; Vasos con promedio de 6 (rango 3 – 10) vasos por mm cuadrado; placas de perforación simple; longitud promedio de elementos de vasos de 337 (rango 241 – 434) μm ; punteaduras intervasculares alternas, diminutas (diámetro medio de 3 μm); punteaduras vaso-radio con bordes reducidos a aparentemente simples, redondas y grandes (rango 17 a 20 μm).

Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico y parénquima apotraqueal difuso y con bandas de tres a cuatro células de grosor.

Radios de 1 a 3 células de ancho; radios multiseriados con células procumbentes y márgenes con tres filas de células cuadradas.

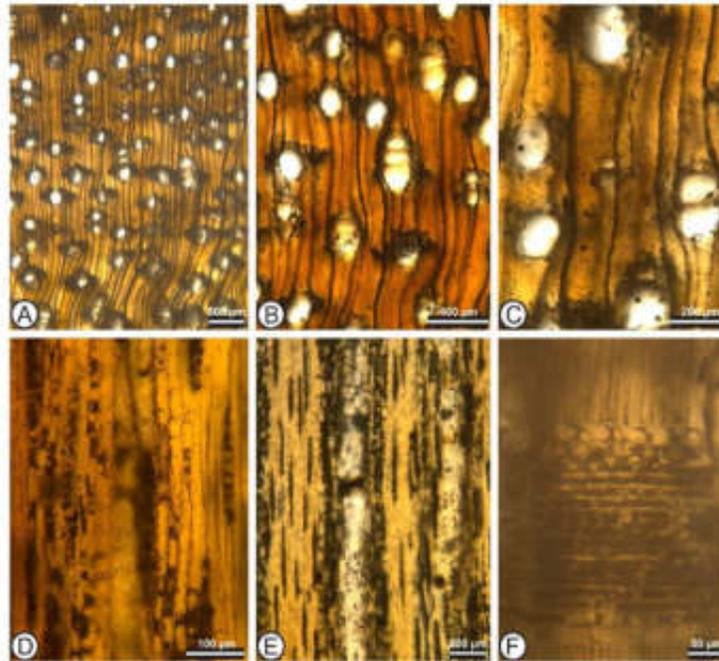


Fig. 6 Características anatómicas de STRI 44074. A, B, anillos de crecimiento indistintos, con porosidad difusa y parénquima aliforme; C, Vasos ovales, en múltiples radiales de 2 combinados con solitarios; D, punteaduras intervasculares alternas y diminutas; E, radios de una a tres células de ancho; F, radios heterocelulares con células procumbentes en el cuerpo y células cuadradas marginales

Cristales prismáticos presentes en las células cuadradas y parénquima axial.

Fibras no septadas, con paredes de grosor intermedio 2 (rango 4 – 1.5) μm de pared y 15 (rango 12 – 18) μm de lumen.

Comentarios:

Esta madera fósil presenta características propias de la familia Fabaceae (conocidas también como Leguminosae) (Herendeen et al., 1996; Evans et al., 2006), los caracteres que sugieren afinidad de este fósil con las Leguminosae son la presencia de punteaduras intervasculares diminutas, parénquima apotraqueal abundante, fibras no septadas y radios heterocelulares. Sin embargo, para identificar el material a nivel de género e incluso de subfamilia, se requiere una comparación exhaustiva en las colecciones de micromorfología más completas del mundo.

STRI 44073 (Figura 7)

Familia: Leguminosae

Subfamilia: Detarioideae



Fig. 7 Características anatómicas STRI 44073. A, Anillos de crecimiento indistintos y porosidad difusa; B, vasos con parénquima vasicéntrico y aliforme; C, punteaduras intervasculares alternas y diminutas; D, radios con 1 a 3 células de ancho; E, radios heterocelulares con 1- 2 filas de células marginales

Descripción:

Madera con anillos de crecimiento indistintos y porosidad difusa; vasos solitarios combinados con pocos múltiples radiales (33 %) de 2 (-3); vasos de forma oval; diámetro tangencial de 130 (rango 94 –150 μm).

Vasos de 6 (rango 4 – 9) vasos por mm cuadrado; placas de perforación simples; longitud de elementos de vaso 337 (rango 241–434 μm); punteaduras intervasculares alternas, diminutas (diámetro medio de 3 μm); punteaduras vaso-radio similares a las punteaduras intervasculares. Fibras no septadas, con paredes muy gruesas.

Parénquima axial paratraqueal vasicéntrico.

Radios heterocelulares de 1 a 3 células de ancho; radios multiseriados con cuerpos procumbentes y 1- 2 filas de células marginales. Promedio de 11 radios por mm lineares.

Canales axiales normales presentes posiblemente presentes. Cristales abundantes.

Comentarios:

La presencia de canales axiales normales es un carácter relativamente inusual y solamente frecuente en las Dipterocarpaceae (*Anisoptera*, *Dipterocarpus*, *Dryobalanus*, *Hopea*, *Shorea* and *Parashorea*), Lauraceae (*Cryptocarya*), Rosaceae (*Prunus*), Vochysiaceae (*Vochysia*) y Leguminosae (subfamilia Detarioideae) (Rodríguez-Reyes et al., 2017). Al estudiar esta madera fósil, Dipterocarpaceae podría excluirse por poseer principalmente vasos solitarios y por tener radios anchos con 4–10 células. Las maderas de *Cryptocarya*, tienen punteaduras intervasculares grandes y células oleíferas asociadas al parénquima axial. Rosaceae (*Prunus*) posee anillos de crecimiento distintos, vasos en patrón diagonal y engrosamientos helicoidales en los vasos. *Vochysia* comúnmente tiene vasos grandes, parénquima abundante y canales de origen traumático. Las leguminosas de la subfamilia Detarioideae son las de mayor afinidad con esta madera fósil, basándonos en nuestra comparación.

STRI 44075 (Figura 8)

Familia: Arecaceae

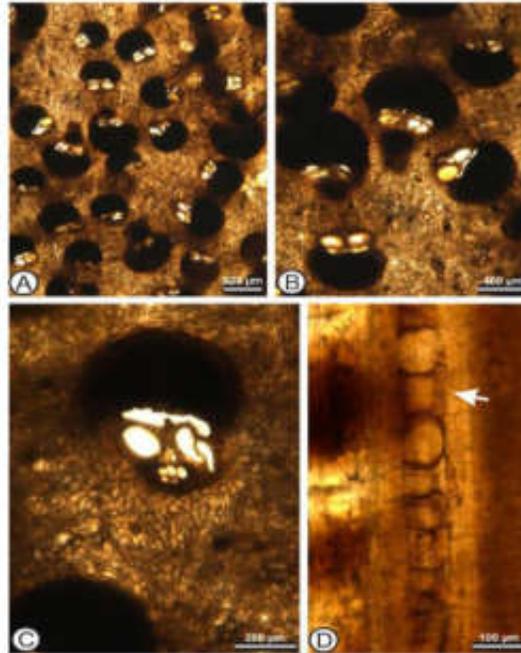


Fig. 8 Características anatómicas de STRI 44075. A, patrón general del tallo del tipo “Cocos”, densidad de fascículos fibro-vasculares siendo muy constantes. B, capa fibro-ventral reniforme. C, 3 (-4) vasos xilemáticos por fascículo fibrovascular. D, metaxilema y punteaduras intervasculares opuestas (flecha)

Descripción:

El cilindro central está delimitado por la zona cortical por un incremento de densidad, mientras el diámetro de fascículos vasculares reduce. No hay elongaciones de la zona fibro-cortical. El patrón general del tallo (clasificación Von Mohl; Von Mohl, 1845) es del tipo “Cocos”, con la densidad de fascículos fibro-vasculares siendo muy constantes.

La forma de la capa fibro-ventral es reniforme en corte transversal (clasificación Stenzel; Stenzel, 1904). No se observan sinus auriculares

en los fascículos vasculares. Los vasos del metaxilema son 3 (– 4) por fascículo fibro-vascular. Fitolitos globulares equinados. Parénquima basal del cilindro compacto. Parénquima basal del cilindro central compacto con células elongadas. Los fascículos fibro-vasculares tienen las siguientes dimensiones: H_{max} (altura total de fascículos fibro-vasculares) Media= 626 μm , 557 – 880 μm ; H_{vasc} (altura de la parte vascular) 260; 110 –140 μm . La media de diámetro de vasos=91. 14 μm (54 –188 μm). No se observa elongación de parénquima. 2 hebras de floema en la zona central.

Comentarios:

Este morfotipo de *Arecaceae* es diferente a los reportados de la paleoflora del Canal de Panamá, por tener 3 (– 4) vasos xilemáticos por fascículo fibro-vascular y parénquima basal del cilindro compacto con células elongadas. La mayoría de las palmas fósiles hasta ahora reportadas de Panamá parecen tener afinidad con las *Coryphoideae*, mientras que las características de este fósil corresponden con las *Nypoideae*.

DISCUSIÓN

Aunque se requiere extender los análisis de fechamiento o datación del material, para establecer una edad formal de los bosques fósiles de Ocú, logramos comprobar que la litología de las rocas relacionadas al “gran árbol” encontrado en Llano del Cruz (Finca del Sr. Sandoval) son las mismas que se encuentran en Los Pozos de Herrera, confirmando que son afloramientos de areniscas finas y lutitas de estratificación delgada.

Jud & Durnham (2017), describieron e identificaron 10 diferentes morfotipos de Ocú que revelaron afinidades con las familias *Lauraceae*, *Arecaceae*, *Fabaceae*, *Moraceae*, *Euphorbiaceae*, *Humiriaceae*, *Anacardiaceae/Burseraceae* y *Simplocaceae*. Además, aplicaron análisis paleoclimatológicos y por afinidades taxonómicas, concluyeron que los antiguos bosques fósiles de Ocú eran lluviosos, con un rango de precipitación (2000 mm por año) comparable a Barro Colorado y Panamá Central, contrastando con los rangos que

actualmente tiene la zona de Azuero, ~1000 mm al año. Comparamos los primeros resultados del proyecto con los de Jud y Durnham (2017) y menos de la mitad de los tipos de maderas coincide con las identificadas en los trabajos previos, por ejemplo, se han encontrado más especímenes de *Andiroxylon barghornii* y algunas Lauraceae similares a las previamente publicadas.

Todas las plantas identificadas de este estudio habitan bosques de Centro América (Gentry, 1982; Jaramillo et al., 2014) a excepción de *Beilschmiedia* que ocurre en rangos de bosques tropicales a templados. Las maderas descritas carecen de anillos de crecimiento y tienen porosidad difusa, sugiriendo muy poca estacionalidad y constante disponibilidad de agua. Estos resultados también están confirmados por el alto Índice de Vulnerabilidad obtenido (~2.1) y los resultados del Análisis de Escalamiento Multidimensional fuertes indicadores de bosques lluviosos tropicales (Jud y Durnham, 2017).

Jud y Durnham (2017) encontraron y colectaron especímenes de pequeño tamaño y sugirieron que los árboles de los Bosques fósiles de Ocu tenían alturas aproximadas de 21-27m. Sin embargo, de nuestro estudio, se han encontrado especímenes con >20 m de longitud y 2.5 m de perímetro preservado, sugiriendo una altura mínima de 35-40 m. Los árboles con mayores dimensiones hasta ahora encontrados en las localidades estudiadas corresponden con las familias Anacardiaceae y Moraceae.

El “gran árbol” (STRI 44038) presenta características de maderas de Anacardiaceae, en particular de *Anacardium* (espavé), un género netamente neotropical. Sin embargo, su registro fósil más antiguo se remonta del Eoceno de Alemania (Formación Messel) (Manchester et al., 2007), y se suman otros registros más recientes en América del Norte y Sur América. La historia paleogeográfica de *Anacardium* es compleja y sugiere una ruta biogeográfica compleja con algunos elementos que migraron desde Asia a Europa, pasando por América del Norte y llegando a Sur América; mientras que otros taxa se movieron desde el Sur Este de Asia la zona del Sub-Sahara y posteriormente a Sur América (Weeks et al., 2014). El espécimen de

Llano de La Cruz representaría el primer y más antiguo registro de este género en Centro América y es una pieza elemental para la reconstrucción biogeográfica de este género.

Dentro de las características de los bosques tropicales húmedos actuales es la gran diversidad de palmas (Kahn y de Granville, 1992) como lo atestigua el bosque fósil de Ocú. Durante este estudio, hemos encontrado al menos 4 morfotipos distintos de *Arecaceae*, no descritos antes para Panamá.

En el caso de *Moraceae* su distribución actual es en los bosques tropicales y subtropicales húmedos.

CONCLUSIONES

Los taxones identificados hasta ahora en nuestro proyecto confirman las conclusiones sobre el dominio de especies de bosques lluviosos en Azuero hace 30 millones de años aproximadamente. Estos resultados están confirmados también en el bajo porcentaje de anillos distintos en las maderas y estudios previamente realizados con Índice de Vulnerabilidad y Análisis de Escalamiento Multidimensional.

Las familias identificadas en este trabajo incluyen: *Leguminosae*, *Moraceae*, *Lauraceae*, *Anacardiaceae*, *Arecaceae*, *Euphorbiaceae*, *Humiriaceae* y *Simplocaceae*. Los árboles de mayores dimensiones encontrados de las colectas realizadas son de las familias *Anacardiaceae* y *Moraceae*.

Recomendamos dar continuidad a este proyecto y en su segunda fase, confirmar las identidades taxonómicas y sumar más morfotipos. También se requiere repetir el análisis radiométrico, utilizando las nuevas muestras recientemente colectadas en campo y realizar un estudio palinológico que permita obtener un rango de edad relativo.

AGRADECIMIENTOS

A la Secretaria Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y al Fondo de Inserción de Talento Especializado y al Sistema Nacional de

Investigación (SNI) por el aval para hacer esta investigación posible. Gracias al Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales y el Ministerio de Comercio e Industrias por la logística en campo y los permisos de colecta. Especial agradecimiento al Dr. Carlos Jaramillo y su equipo de trabajo por su invaluable apoyo logístico y académico. A los revisores anónimos que contribuyeron con comentarios que mejoraron el manuscrito de gran manera.

REFERENCIAS

Bacon, C.D., D. Silvestro, C. Jaramillo, B. Tilston, Smith, P. Chakrabarty & A. 2015. Biological evidence supports an early and complex emergence of the Isthmus of Panama. PNAS: 201423853.

Buchs D. M., P.O. Baumgartner, C. Baumgartner-Mora, K. Flores & A.N. Bandini. 2011. Upper Cretaceous to Miocene tectonostratigraphy of the Azuero area (Panama) and the discontinuous accretion and subduction erosion along the Middle American margin. Tectonophysics. 512: 31–46.

Evans, J.A., P.E. Gasson & G.P. Lewis. 2006. Wood anatomy of the Mimosoideae (Leguminosae). IAWA J, Supp. 5.

Gentry, A.H. 1982. Patterns of Neotropical Plant Diversity. *Evolut Biol.* Pp 1 –84.

Herendeen, P.S., W.L. Crepet & D.L. Dilcher. 1992. The fossil history of the Leguminosae: phylogenetic and biogeographic implications. In: Herendeen, P.S., Dilcher, D.L. (Eds.), *Advances in Legume Systematics, Part 4: The Fossil Record.* Royal Botanic Gardens, Kew, pp. 303–316.

Herrera, F., S. Manchester, J. Vélez-Juarbe & C. Jaramillo. 2014. Phytogeographic history of the Humiriaceae (Part 2). *Int J Plant Sci.* DOI: 10.1086/676818.

International Association of Wood Anatomists Committee, 1989. List of Microscopic Features for Hardwood Identification. National

Herbarium of the Netherlands. Leiden, NL. 332 pp.

Jaramillo, C.A., Moreno E, Ramirez, V.O., Silva-Caminha, S.A.F., de la Barrera A. 2014. Palynological record of the last 20 Million years in Panama. In: Paleobotany and Biogeography: A Festschrift for Alan Graham in his 80th year: 134–251. Miss Bot Gard Press, St. Louis, MO.

Jones, T. P. & N. Rowe. 1999. Fossil plants and spores: modern techniques. Geol Soc London.

Jud, N.A., C. Nelson & F Herrera. 2016. Fruits and wood of *Parinari* from the early Miocene of Panama and the fossil record of Chrysobalanaceae. *Am J Bot* 103 (2): 1 – 13.

Jud, N.A. & J. Durnham. 2017. Fossil woods from the Cenozoic of Panama (Azucero Peninsula) reveal an ancient neotropical rainforest. *IAWA J* 38 (3): 366-411.

Kahn, F. & J.J. de Granville. 1992. Palms in forest ecosystems of Amazonia. Berlin: Springer Verlag.

Leigh, E.G., A. O’Dea & G.J. Vermeij. 2014. Historical biogeography of the Isthmus of Panama. *Biol Rev Cambridge Phil Soc.* DOI: 10.1111/brv.12048.

MacFadden, B.J., J.I. Bloch, H. Evans, D.A. Foster, G.S. Morgan, A. Rincon, A. Wood. 2014. Temporal Calibration and Biochronology of the Centenario Fauna, Early Miocene of Panama. *The J of Geol* 122:2, 113-135.

Manchester, S.R., V. Wilde & M.E. Collinson. 2007. Fossil Cashew Nuts from the Eocene of Europe: Biogeographic Links between Africa and South America. *Int J Plant Sci* 168 (8).

Rodríguez-Reyes, O., H. Falcon-Lang, M. Collinson, P.E. Gasson & C. Jaramillo. 2014. Fossil woods (Malvaceae) from the lower Miocene

(early to mid-Burdigalian) part of the Cucaracha Formation of Panama (Central America) and their biogeographic implications. *Review of Palaeobotany and Palynology* 209: 11-34.

Rodríguez-Reyes, O., P.E. Gasson, H. Falcon-Lang & M.E. Collinson 2017. Two Panama Canal Miocene woods in the “Crudia” Group, Caesalpinioideae, Fabaceae. *Review of Palaeobotany and Palynology*. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2017.06.005>

Rodríguez-Reyes, O., P.E. Gasson, C. Thornton, H. Falcon-Lang & N.A. Jud. 2017. *Panascleroticoxylon crystallosa* gen. et sp. nov: a new Miocene malpighialean tree from Panama. *IAWA J* 38 (4): 437-455.

Stern, W. L. & R. H. Eyde. 1963. Fossil Forests of Ocu, Panama. *Science* 1214.

Terrazas, T. 1999. Anatomía de la madera de Anacardiaceae con énfasis en los géneros americanos. *Bol Soc Bot México* 64: 103–109.

Terry RA. 1956. A geological reconnaissance of Panama. California Acad. of Sciences. 116 pp.

Ugwoke, C.E.C. & G.C. Uju. 2010. Anatomical studies of selected tree species of the Moraceae family grown in Nigeria. *J pharmac all sci* 7(1). <http://dx.doi.org/10.4314/jophas.v7i1.63367>.

Weeks, A., Zapata, F., Pell, S.K., Daly, D., Mitchell J.D., Fine, P.V.A. 2014. To move or to evolve: contrasting patterns of intercontinental connectivity and climatic niche evolution in “Terebinthaceae” (Anacardiaceae and Burseraceae). *Front Genet* 5:409. doi: 10.3389/fgene.2014.00409.

Welle, B.J.H., J. Koek-Noorman & S.M.C. Topper. 1986. The systematic wood anatomy of the Moraceae (Urticales). V. Genera of the tribe Moreae without urticaceous stamens. *IAWA J* 7 (3).

Recibido 27 de septiembre de 2018, aceptado 30 de octubre de 2018.



DETECCIÓN MOLECULAR DE *Rickettsia bellii* EN *Amblyomma rotundatum* Koch 1884 (IXODIDA: IXODIDAE) RECOLECTADA DE *Rhinella marina* L., 1758 (ANURA: BUFONIDAE) EN PANAMÁ

¹Maria Ogrzewalska & ²Sergio Bermúdez C.

¹Laboratório de Hantavírus e Rickettsioses, Instituto Oswaldo Cruz, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, RJ, Brazil.

E-Mail: maria.ogrzewalska@ioc.fiocruz.br

²Departamento de Investigación en Entomología Médica, Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de la Salud, Ciudad de Panamá.

E-mail: sbermudez@gorgas.gob.pa

RESUMEN

Se presenta el hallazgo de la bacteria *Rickettsia bellii* en la garrapata *Amblyomma rotundatum* en Panamá.

PALABRAS CLAVES

Amblyomma rotundatum, *Rickettsia* no patogénica, sapo, Panamá.

MOLECULAR DETECTION OF *Rickettsia bellii* IN *Amblyomma rotundatum* Koch 1884 (IXODIDA: IXODIDAE) IN PANAMÁ

ABSTRACT

The finding of the bacterium *Rickettsia bellii* in the tick *Amblyomma rotundatum* is presented to Panama.

KEYWORDS

Amblyomma rotundatum, non-pathogenic *Rickettsia*, toad, Panama.

INTRODUCCIÓN

El género *Rickettsia* comprende alrededor de 27 especies de bacterias Gram negativas pleomórficas y que dependen de células eucariotas para su metabolismo (Parola *et al.*, 2013; Fang *et al.*, 2017). Estas bacterias están estrechamente relacionadas con invertebrados, en especial con insectos y ácaros (Azad *et al.*, 1998; Weinert *et al.*, 2009). Tradicionalmente este género se separa en cuatro grupos: un grupo basal (GB), los que causan las fiebres manchadas (GFM), los agentes de los tifus (GT) y especies intermedias (Walker, 2007; Fang *et al.*, 2017).

Dentro del GB, *Rickettsia bellii* se aisló por primera vez en *Dermacentor variabilis* (Say, 1821) en EU y fue designada como la cepa C369-C (Philip *et al.*, 1983). Desde entonces se ha detectado en ≈28 especies de garrapatas en el Nuevo Mundo, tanto en especies Neárticas como del Neotrópico (Philip *et al.*, 1983; Costa *et al.*, 2017; Ogrzewalska *et al.*, 2018). Desde el punto de vista de la salud pública, existe evidencia serológica sobre exposición en mamíferos (Pacheco *et al.*, 2007); no obstante, es considerada como un agente de patogenicidad desconocida para humanos (Parola *et al.*, 2013).

Con el propósito de incrementar el conocimiento de los miembros del género *Rickettsia* en Panamá y su relación con garrapatas en ese país, en este trabajo se presenta el hallazgo de *R. bellii* en una garrapata recolectada de un sapo común.

MATERIALES Y MÉTODOS

El 22 de abril del 2018 se colectaron garrapatas de un sapo, *Rhinella marina* (Linnaeus, 1758) (Anura: Bufonidae), y de una *Boa constrictor* L. 1758 (Squamata: Boidae) en la carretera El Llano-Cartí, Chepo (9^o17'23.47" N, 78^o59'48.66" O). De estas garrapatas se extrajo ADN utilizando el kit comercial QIAamp[®] DNA Mini Kit y siguiendo los

protocolos del fabricante. Para la identificación de las especies de garrapatas, en especial las fases inmaduras, se analizó un fragmento de aproximadamente 460 pb del gen mitocondrial 16S ARNr, previamente descrito por Mangold *et al.* (1998). Los amplicones con tamaño de banda esperada fueron purificados y secuenciados por DNA Analyzer®, según los protocolos del fabricante y siguiendo métodos anteriormente descritos por Otto *et al.* (2008). Las secuencias parciales obtenidas se compararon con el análisis de Blast (<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>) y se alinearon con secuencias disponibles para este gen en GenBank.

En el caso de la detección de ADN de *Rickettsia*, se utilizaron los iniciadores CS-78 5'-GCAAGTATCGGTGAGGATGTAAT-3' y CS-323 5'-GCTTCCTTAAAATTCAATAAATCAGGAT-3', que amplifican una porción de 401 pb del gen citrato sintetasa, (*gltA*) mediante protocolos descritos anteriormente (Labruna *et al.* 2004). Para la identificación se siguieron los procedimientos arriba descritos para la purificación y secuenciación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del *R. marinus* se identificó una larva de *Amblyomma rotundatum* Koch, 1844, por secuenciación del gen 16S rDNA, con una similitud de 100% con secuencias depositadas en GenBank para esta especie. De la *B. constrictor* fueron colectadas una larva, nueve ninfas, tres hembras y nueve machos, que fueron identificados como *Amblyomma dissimile* Koch, 1844. De una larva, una ninfa y dos machos de *A. dissimile* fue extraído ADN para confirmar la identificación taxonómica. Las secuencias obtenidas eran iguales entre ellas y 100% idénticas con secuencias de *A. dissimile* depositadas en GenBank. Las secuencias de los fragmentos de 16S rDNA fueron depositadas en GenBank con los números MH990349 y MK026013 para *A. rotundatum* y *A. dissimile* respectivamente.

Para el gen *gltA* se obtuvo una similitud del 99.5% (375/377) con el fragmento correspondiente en el genoma completo de *R. bellii* (CP015010). Esta secuencia fue depositada en GenBank con el número

MH990350. No se obtuvieron amplicones de *Rickettsia* en *A. dissimile*.

Amblyomma rotundatum y *A. dissimile* son parásitos de vertebrados terrestres de sangre fría, con escasos reportes en aves y mamíferos (Gugliemone y Nava 2010; Gugliemone *et al.*, 2014). En forma general ambas especies mantienen una amplia distribución, desde el sur de los Estados Unidos hasta el norte de Argentina, incluyendo algunas islas de las Antillas, y Hawái para *A. rotundatum* (Gugliemone *et al.*, 2014; Kelehear *et al.*, 2017, Ogrzewalska *et al.* 2018). *Amblyomma rotundatum* es partenogenética, por lo cual los reportes de machos son escasos (Keirans y Oliver 1993; Labruna *et al.*, 2005). Debido a que ambas especies son parecidas, algunos autores han señalado dificultades de identificarlas correctamente (Jones *et al.*, 1972; Gugliemone y Nava, 2010). Aun así, los adultos se pueden reconocer por diferencias en las espuelas de la coxa 1 y del escudo (Labruna *et al.*, 2005; Luz *et al.* 2018).

En Panamá la presencia de *A. dissimile* se conoce desde inicios del siglo XX (Darling, 1910) y desde entonces ha sido constantemente reportada en anfibios, reptiles y en menor grado en aves y mamíferos (Dunn, 1918; Fairchild *et al.*, 1966; Bermúdez *et al.*, 2012; Domínguez En Prensa). En contraste, hasta el momento solo hay dos registros de *A. rotundatum* en Panamá y ambos presentan poca información de colecta. Jones *et al.* (1972) hacen referencia a registros verificados de esta especie en Panamá a partir de hembras de la colección de garrapatas del Laboratorio de las Montañas Rocosas; no obstante, no se confirma el sitio de colecta. Recientemente Andoh *et al.* (2015) mencionan que una hembra de esta especie fue extraída de un *R. marina* en Japón y cuya procedencia era Panamá, además de reportarla infectada con *R. bellii*. A pesar de lo anterior, en Panamá no hay registros de la cría y comercialización legal de este anfibio para exportación, por lo que dicho registro puede ser considerado en duda.

Por su parte, el primer reporte de *R. bellii* en Panamá se da a través de un estudio serológico en animales domésticos en El Valle de Antón y que menciona reacción en suero de caballo (Bermúdez *et al.*, 2012). En el caso de garrapatas infectadas, hasta el momento el único reporte en

Panamá es en *Amblyomma sabanerae* Stoll, 1894 (Bermúdez y Troyo, 2018). Cabe destacar que, aunque no se detalla en ese trabajo el origen de la garrapata, la misma fue colectada de una tortuga del género *Kinosternum* en Tortí, provincia de Panamá. Consecuentemente, este sería el primer reporte con confirmación de sitio de *A. rotundatum* infectado con *R. bellii* en Panamá.

CONCLUSIONES

Este trabajo señala un nuevo registro de *A. rotundatum* para Panamá, lo cual no solo añade un reporte detallado de localidad y hospedero, sino que presenta un dato adicional de *R. bellii* en el país. Estos hallazgos ameritarán posteriores estudios que permitan delimitar la distribución de *A. rotundatum* en Panamá y el grado de infestación de *R. bellii* en el país.

AGRADECIMIENTOS

Al Ministerio del Medio Ambiente por los permisos de capturas (SE/A-73-16). A Roberto Miranda por la revisión del manuscrito.

REFERENCIAS

Andoh M, Sakata A, Takano A, Kawabata H, Fujita H, Une Y, et al. 2015. Detection of *Rickettsia* and *Ehrlichia* spp. in Ticks Associated with Exotic Reptiles and Amphibians Imported into Japan. PLoS ONE 10(7): e0133700.

Azad AF, Beard CB. 1998. Rickettsial pathogens and their arthropod vectors. Emerging Infectious Diseases. 4: 179-186

Bermúdez S, A. Castro, H. Esser, Y. Liefting, G García & Miranda R. 2012. Ticks (Ixodida) on humans from central Panama, Panama (2010-2011). Experimental and Applied Acarol. 58: 81-88.

Bermúdez S, Troyo A. 2018. 2018. A review of the genus *Rickettsia* in Central America. Research and Reports in Tropical Medicine 9: 103-112.

Costa, F.B., Barbieri, A.R.M., Szabó, M.P.J., Ramos, V.N., Piovezan, U., Labruna, M.B. 2017. Novos relatos de carrapatos infectados por *Rickettsia bellii* no Brasil. Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science, 4: 92-95.

Darling S. 1910. On Panama Ticks. Journal of Economic Entomology 3: 222.

Domínguez L, Miranda R, Torres S, Moreno R, Bermúdez S. Hard ticks survey of Oleoducto trail, Soberania National Park, Panama. En Prensa Tick and Ticks-Borne Diseases.

Dunn L. 1918. Studies on the iguana tick, *Amblyomma dissimile*, in Panama. Journal of Parasitology 5: 1-10.

Fairchild G, G. Kohls & V. Tipton. 1966. The ticks of Panama (Acarina: Ixodoidea). Ectoparasites of Panama. Wenzel, R., Tipton V. (edits). Field Museum of Natural History, Chicago. Illinois. 167-207.

Fang R, Blanton LS, Walker DH. 2017. Rickettsiae as emerging infectious agents. Clinics and Laboratory Medicine 37: 383–400.

Guglielmone A, Nava S. 2010. Hosts of *Amblyomma dissimile* Koch, 1844 and *Amblyomma rotundatum* Koch, 1844 (Acari: Ixodidae). Zootoxa. 2541: 27-49.

Guglielmone, A.A., Robbins, R.G., Apanaskevich, D.A., Petney, T.N., Estrada-Peña, A., Horak, I.G. 2014. The hard ticks of the world (Acari: Ixodida: Ixodidae), Springer.

Jones EK, Clifford CM, Keirans JE, Kohls GM. 1972. The ticks of Venezuela (Acarina: Ixodoidea) with a key to the species of *Amblyomma* in the Western hemisphere. Brigham Young Univ Sci Bull Biol Ser. 17: 1-40.

Keirans JE, Oliver JH, Jr. 1993. First description of the male and redescription of the immature stages of *Amblyomma rotundatum*

(Acari: Ixodidae), a recently discovered tick in the U.S.A. *Journal of Parasitology* 79: 860-865.

Kelehear C, Hudson C, Mertins J, Shine R. 2017. First report of exotic ticks (*Amblyomma rotundatum*) parasitizing invasive cane toads (*Rhinella marina*) on the Island of Hawaii. *Ticks Tick-borne Diseases*. 8: 330-333.

Labruna, M.B., Whitworth, T., Horta, M.C., Bouyer, D.H., McBride, J.W., Pinter, A., Popov, V., Gennari, S.M., Walker, D.H. 2004. *Rickettsia* Species Infecting *Amblyomma cooperi* Ticks from an Area in the State of São Paulo, Brazil, Where Brazilian Spotted Fever Is Endemic. *Journal of Clinical Microbiology*, 42: 90–98

Labruna MB, Terrassini FA, Camargo LMA 2005. First report of the male of *Amblyomma rotundatum* (Acari: Ixodidae) from a field-collected host. *Journal of Medical Entomology*. 42: 945-947.

Luz H, Silva-Santos, E, Costa-Campos C, Acosta I, Martins T, Muñoz-Leal S, et al. 2018. Detection of *Rickettsia* spp. in ticks parasitizing toads (*Rhinella marina*) in the northern Brazilian Amazon. *Experimental and Applied Acarology* 75: 309-318.

Mangold A, Bargues M, Mas-Coma S. 1998. Mitochondrial 16S rDNA sequences and phylogenetic relationships of species of *Rhipicephalus* and other tick genera among *Metastrata* (Acari: Ixodidae). *Parasitology Research* 84: 478-84.

Ogrzewalska, M, Machado MC, Rozental T, Forneas D, Cunha LE, de Lemos ERS. 2018. Microorganisms in ticks *Amblyomma dissimile* Koch 1844 and *Amblyomma rotundatum* Koch 1844 (Acari: Ixodidae) collected on snakes (Reptilia: Squamata: Serpentes) in Brazil. *Medical and Veterinary Entomology* (in press)

Otto, T.D., Vasconcellos, E.A., Gomes, L.H.F., Moreira, A.S., Degraeve, W.M., Mendonça-Lima, L., Alves-Ferreira, M. 2008. ChromaPipe: a pipeline for analysis, quality control and management for a DNA

sequencing facility. *Genetic Molecular Research* 7: 861-871.

Pacheco, R; Horta, M. C.; Moraes-Filho, J.; Ataliba, A. C.; Pinter, A.; Labruna, M. B. 2007. Rickettsial infection in capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) from São Paulo, Brazil: serological evidence for infection by *Rickettsia bellii* and *Rickettsia parkeri*. *Biomédica* 27: 364-371.

Parola, P.; Paddock, C. D.; Socolovschi, C.; Labruna, M. B.; Mediannikov, O.; Kernif, T. et al. D. 2013. Update on tick-borne rickettsioses around the world: A geographic approach. *Clinical Microbiology Reviews* 26: 657-702.

Philip R, Casper E, Anacker R, Cory J, Hayes J, Burgdorfer W. 1983. *Rickettsia bellii* sp. nov.: a Tick-Borne *Rickettsia*, widely distributed in the United States, that is distinct from the Spotted Fever and Typhus Biogroups. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 33: 94-106.

Walker D. 2007. Rickettsiae and Rickettsial Infections: The Current State of Knowledge. *Clinical Infectious Diseases*. 45: 39–S44

Weinert L, Werren J, Aebi A, Stone G, Jiggins G. 2009. Evolution and diversity of *Rickettsia* bacteria,” *BMC Biology*, 7: 6.

Recibido 19 de octubre de 2018, aceptado 11 de noviembre de 2018.



***Brachymeria annulata* Y *Anastatus* sp. (HYMENOPTERA: CHALCIDOIDEA) PARASITOIDES RESPECTIVOS DE *Historis odius* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) Y *Liturgusa* sp. (MANTODEA: LITURGUSIDAE)**

¹Alonso Santos Murgas, ¹Roberto A. Cambra & ¹Jean Carlos Abrego L.

¹Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales Exactas y Tecnología, Departamento de Zoología, Museo de Invertebrados G. B. Fairchild.
E-mail: santosmurgasa@gmail.com; cambramiup60@gmail.com; jeanscarlos1705@gmail.com

RESUMEN

Se presentan los siguientes dos registros de parasitismo en la República de Panamá: de una pupa de *Historis odius* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Nymphalidae) emergieron al menos cinco *Brachymeria annulata* (Crawford, 1914) (Hymenoptera: Chalcididae) y de una ooteca de *Liturgusa* sp. (Mantodea: Liturgusidae) nacieron 29 especímenes de *Anastatus* sp. (Hymenoptera: Eupelmidae). De una segunda ooteca de *Liturgusa* sp emergieron cuatro ninfas; sin la presencia de parasitismo.

PALABRAS CLAVES

Chalcididae, Eupelmidae, pupa, ooteca, parasitismo, Panamá.

***Brachymeria annulata* AND *Anastatus* sp (HYMENOPTERA: CHALCIDOIDEA) RESPECTIVE PARASITOIDS OF *Historis odius* (LEPIDOPTERA: NYMPHALIDAE) AND *Liturgusa* sp. (MANTODEA: LITURGUSIDAE)**

ABSTRACT

The following two records of parasitism are presented from the Republic of Panama: from a pupa of *Historis odius* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Nymphalidae) emerged at least five *Brachymeria annulata* (Crawford, 1914) (Hymenoptera: Chalcididae) and from one ootheca of *Liturgusa* sp. (Mantodea: Liturgusidae) emerged 29 specimens of *Anastatus* sp. (Hymenoptera: Eupelmidae). A second ootheca of *Liturgusa* sp. did not show parasitism, and four nymphs emerged.

KEYWORDS

Chalcididae, Eupelmidae, pupa, ootheca, parasitism, Panama.

INTRODUCCIÓN

Brachymeria Westwood, 1829 (Chalcididae) y *Anastatus* Motschulsky, 1859 (Eupelmidae) son géneros de avispas solitarias parasitoides pertenecientes a la superfamilia Chalcidoidea. *Brachymeria* es un género cosmopolita con 42 especies neotropicales, de las cuales seis están presentes en Panamá (Arias & Delvare 2003); incluye a especies cuyas larvas son parasitoides de Lepidoptera, Hymenoptera y Diptera (Delvare 2006).

Anastatus Motschulsky, 1859 es un género de distribución cosmopolita con 33 especies neotropicales; contiene especies con larvas parasíticas de huevos de Heteroptera, Orthoptera, Blattodea, Mantodea y Lepidoptera; en ocasiones parasita otros estadios (Gibson 2006).

Esta investigación ofrece información de nuevos registros de parasitismo de *Brachymeria* y *Anastatus* en pupa de Nymphalidae (Lepidoptera) y ooteca de Liturgusidae (Mantodea) respectivamente. Adicionalmente, se presenta información biológica para Liturgusidae.

MATERIALES Y MÉTODOS

Una pupa de la mariposa *Historis odius* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera: Nymphalidae) fue recolectada en la República de Panamá, provincia de Panamá, campus universitario, Universidad de Panamá, 12.vi.2012, col. R. Guardia. La pupa estaba guindada en una puerta de hierro. Esta fue removida de la puerta y colocada en un recipiente plástico, esperando la emergencia del adulto. La pupa de *H. odius* fue identificada con la descripción de DeVries (1987) y corroborada con el trabajo de Gil-Santana & Tavares. (2005).

Dos ootecas del mántido *Liturgusa* sp. (Mantodea: Liturgusidae) fueron recolectadas en la República de Panamá, provincia de Panamá, manglares de Juan Díaz, col. A. Santos, J. Ábrego. La primera ooteca fue observada y recogida el 26.vi.2018, la segunda fue recolectada el 18.vii.2018. Ambas ootecas fueron colectada sobre el envés de hojas de *Avicennia germinans* L. (mangle blanco, mangle negro o mangle prieto), posteriormente, fueron puestas en recipientes plásticos, esperando la eclosión de los adultos.

La pupa, ootecas y especímenes criados se encuentran depositados en el Museo de Invertebrados G. B. Fairchild, Universidad de Panamá.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 22 de junio se observaron cinco orificios circulares en la pupa de *Historis odius* (F.) (Fig. 1) y una avispa adulta. El himenópero parasitoide fue identificado por R. A. Cambra como *Brachymeria annulata* (Crawford, 1914) (Chalcididae) (Fig. 2). Los cinco orificios indican que no menos de cinco avispas emergieron de la pupa y que cuatro escaparon del recipiente. *Historis odius* se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América, a través de toda Centroamérica hasta América del Sur (DeVries, 1987); mientras que *B. annulata* se distribuye desde Panamá hasta Argentina, incluyendo El Caribe (Arias & Delvare 2003). Souza-Santos *et al.* (2018) registran a *B. annulata* como parasitoide de *Erinnyis ello* (Lepidoptera: Sphingidae) y presentan una revisión de los hospederos conocidos para *B. annulata*, sin incluir a *H. odius*. Gil-Santana & Tavares (2005) registran a

Brachymeria pandora (Crawford, 1914) como parasitoide de *H. odius* en Brasil, y presentan información previa de otros hospederos de Lepidoptera para esta especie de avispa.



Fig. 1 Pupa de *Historis odius* que fue parasitada por *Brachymeria annulata*. Longitud de la pupa 55.0 mm



Fig. 2 *Brachymeria annulata* que eclosionó de la pupa de *Historis odius*. Longitud de la avispa 5.0 mm

Se encontraron dos ootecas de *Liturgusa* sp. (Figs 3–4) en el envés de dos hojas separadas de *Avicennia germinans* L.; en una de las ooteca recolectada el 26.vi.2018, nacieron siete machos y 22 hembras de la avispa *Anastatus* sp. (Fig. 7) (Hymenoptera: Eupelmidae, det. R. A. Cambra) y además nacieron cuatro ninfas de *Liturgusa* sp. (Fig. 6). Son muy pocos los registros de himenópteros parasitoides criados de ootecas de Liturgusidae. Ehrman (2002) menciona un himenóptero (no

identificado) como parasitoide de *Liturgusa maya* (Saussure & Zehntner). Hasson *et al.* (2014) registran la eclosión de 49 especímenes de *Horismenus liturgusae* Hansson & Schoeninger, 2014 (Eulophidae) y 27 ninfas de *Liturgusa* sp., todos de una ooteca recolectada en Brasil.



Figs. 3–4 Ootecas de *Liturgusa* sp. 3. Parasitada por *Anastatus* sp., 4. No parasitada, de la cual eclosionaron cuatro ninfas. Longitud de ooteca 9.0 mm



Figs. 5–6 *Liturgusa* sp. 5. Adulto, 6. Ninfas que eclosionaron de la ooteca no parasitada



Fig. 7 Macho (arriba) y hembra de *Anastatus* que eclosionaron de ooteca de *Liturgusa* sp. (Longitud del macho 1.8 mm, hembra 2.2 mm)

La segunda ooteca, recolectada el 18.vii.2018; durante la recolecta se observó un adulto de *Liturgusa* sp. (Fig. 6) sobre el tronco de *A. germinans* que alojaba la ooteca; el adulto logró escapar. Svenson (2014) hace una revisión taxonómica para las especies neotropicales del género *Liturgusa*, registrando las siguientes cinco especies para Panamá: *L. fossetti* Svenson, 2014, *L. zoeae* Svenson, 2014, *L. maya*, Saussure & Zehntner, 1894, *L. cursor* Rehn, 1950 y *L. actuosa* Rehn, 1950. Muchas especies de *Liturgusa* presentan distribuciones limitadas, preferiblemente a bosques húmedos (Svenson, 2014). *Liturgusa maya* es la especie con mayor distribución y adaptación a diferentes tipos de hábitats, incluyendo áreas modificadas; por lo tanto, es probable que las dos ootecas recolectadas pertenezcan a esa especie.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT) a través de la Dra. Luz Graciela Cruz, Coordinadora de Proyectos, Dirección de Investigación Científica y Desarrollo; y a Gabriela De La Guardia, Subdirectora de Gestión y Calidad, del Centro Nacional de Metrología de Panamá, (CENAMEP AIP), por gestionar los fondos para el Proyecto “**Estudio de Afectación de los Manglares de la Bahía de Panamá**”, y poder

realizar los monitoreos de insectos en algunos sitios de la Bahía de Panamá.

REFERENCIAS

Arias, D. C. & G. Delvare. 2003. Lista de los géneros y especies de la familia

Chalcididae (Hymenoptera: Chalcidoidea) de la región Neotropical. *Biota Colombiana* 4 (2) 123–145.

Delvare, G. 2006. Chalcididae. Págs. 333-341. En: Hanson, P.E. & I.D. Gauld (eds). *Hymenoptera de la Región Neotropical*. Memoirs of the American Entomological Institute. 77: 1–994.

Devries, P. J. 1987. *The Butterflies of Costa Rica and Their Natural History*. Vol. I: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae. Princeton University Press. 327 p.

Ehrman, R. 2002. *Mantodea-Gottesanberinnen der Welt*. Natur und Tier-Verlag, Münster, 519 p.

Gibson, G. A. P. 2006. Eupelmidae. Págs. 374-380. En: Hanson, P.E. & I.D. Gauld (eds). *Hymenoptera de la Región Neotropical*. Memoirs of the American Entomological Institute. 77: 1–994.

Gil-Santana, H. R. & M. T. Tavares. 2005. *Brachymeria pandora* (Crawford) (Hymenoptera, Chalcididae): a new parasitoid of *Historis odius* (Fabricius) (Lepidoptera, Nymphalidae). *Revista Brasileira de Zoologia*. 22 (4): 1211–1212.

Hasson, C., Pádua, D.G., Schoeninger, K., Agudelo, A.A., Oliveira, M. L. 2014. A new species of *Horismenus* Walker (Hymenoptera, Eulophidae) from ootheca of *Liturgusa* Saussure (Mantodea, Liturgusidae) from Central Amazonas, Brazil. *Journal of Hymenoptera Research*. 37: 53–60.

Souza Santos, R., Teixeira Tavares, M., Plauter Sutil, W., da Silva Vasconcelos, A., da Silva Azevedo, T. & B. da Silva Diogo. 2017. Parasitismo de *Brachymeria annulata* (Fabricius) (Hymenoptera: Chalcididae) em *Erinnyis ello* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae). Convibra, 7 págs.

Svenson, G. J. 2014. Revision of the Neotropical bark mantis genus *Liturgusa* Saussure, 1869 (Insecta, Mantodea, Liturgusini). ZooKeys 390: 1–214.

Recibido 30 de octubre de 2018, aceptado 23 de noviembre de 2018.