

ACTA BIOLÓGICA MEXICANA



Junio-Diciembre 2024 Núm. 1 Vol.1

U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



e-ISSN (en trámite)

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOA

ACTA BIOLÓGICA MEXICANA

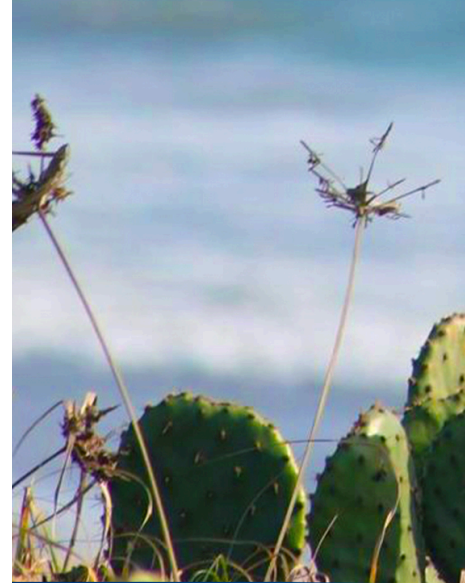
Revista de la Facultad de Biología UAS
en coedición con la
Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California

Núm. 1 ISSN (en trámite)



Junio de 2024. Culiacán de Rosales, Sinaloa, México.

Directorio



DR. ROBESPIERRE LIZÁRRAGA OTERO
Encargado del Despacho de Rectoría

DR. CANDELARIO ORTIZ BUENO
Secretario General

DR. ALFONSO MERCADO GÓMEZ
Director General de Servicios Escolares

DR. JORGE MILÁN CARRILLO
Secretario Académico Universitario

DR. MARIO NIEVES SOTO
Director General de Investigación y Posgrado

DR. INGMAR SOSA CORNEJO
Director de la Facultad de Biología

LIC. NIDIA ODETTE SANTANA RODELO
Coordinadora de Revistas Académicas
Universitarias-UAS



Comité editorial

Editor en Jefe

Dr. Edith Hilario Torres Montoya

Editor invitado

Dr. Guillermo Romero Figueroa

Gestor

Dr. Hipólito Castillo Ureta

Editor sección Biológicas

Dr. Marcial Zazueta Moreno

Editor sección Biomédicas

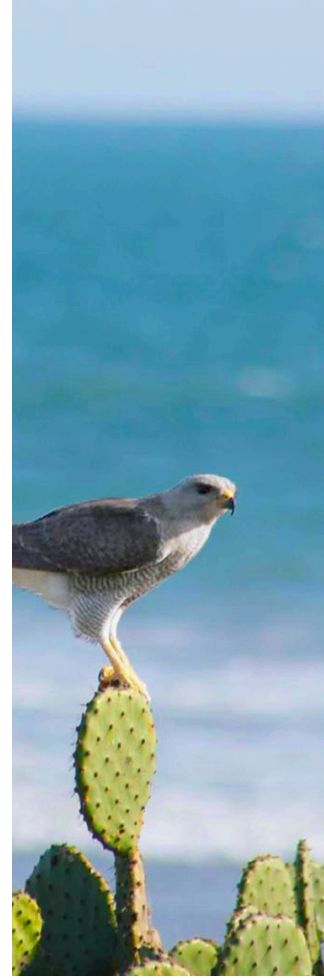
Dr. Juan José Ríos Tostado

Editor sección Perspectivas

Dr. José Israel Torres Avendaño

Corrección de estilo y maquetación

Biól. Mariana Valeria Ayala Rubio



Comité científico

Dra. Edith Salazar Villa

Dra. Indira Rojo Báez

Dra. Luz Isela Peinado Guevara

Dr. Samuel Campista León

Dr. Lorenzo Antonio Picos Corrales

Dr. Bladimir Salomón Montijo

Dra. Loranda Calderón Zamora

Dra. Claudia Desiree Norzagaray Valenzuela

Dr. Vicente Olimón Andalón

Dr. José Saturnino Díaz

Dr. Jorge Guillermo Sánchez Zazueta

Dr. Jesús Salvador Velarde Félix

Dr. César Enrique Romero Higareda





El Comité Editorial de Acta Biológica Mexicana revista de la Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa, agradece la colaboración realizada como pares evaluadores a investigadores, alumnos, personal académico y administrativo de nuestra institución, así como autores e investigadores de nivel nacional e internacional pertenecientes a universidades, centros de investigación e instituciones tecnológicas. En reconocimiento a sus aportaciones, se divulgan sus nombres y procedencia, lo que permite una publicación de acceso abierto manteniendo la integridad del procedimiento de evaluación de la calidad en Acta Biológica Mexicana Núm. 1, enero-junio, 2024.

CINTILLO LEGAL

Acta Biológica Mexicana es una publicación semestral editada por la Universidad Autónoma de Sinaloa, a través de la Facultad de Biología, con el domicilio en Calzada de las Américas Norte, Blvd. Universitarios, Ciudad Universitaria, Col. Universitaria, 80040 Culiacán de Rosales, Sinaloa, México. Teléfonos:(667)716-11-39. Editores responsables: Edith Hilario Torres Montoya e Hipólito Castillo Ureta. Correo electrónico: acbiomex@uas.edu.mx. Reservas de Derechos al Uso ExclusivoNúm. (en trámite),ISSN: (en trámite). La fecha de última modificación, junio de 2024. Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la postura del editor de la publicación. Acta Biológica Mexicana rechaza cualquier reclamación legal proveniente por la reproducción parcial o total de la información, y de plagio en los trabajos publicados. Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes dela publicación sin previa autorización. Cada manuscrito está bajo la licencia

Atribución-NoComercial-SinDerivada4.0Internacional (CC BY-NC-ND4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



Contenido



07 CARTA DEL EDITOR

08 ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN

08 Distribución histórica y actual de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la costa de Sinaloa

18 Efecto larvicida del bioinsecticida spinosad en el control de poblaciones silvestres de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vector del virus del dengue en Culiacán, Sinaloa, México

30 PERSPECTIVAS

30 Is the body size of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) a determinant in the epidemiological dynamics of dengue?: a perspective to be considered within vector control programs

43 NOTAS BREVES

43 Impacto del eclipse solar total del 08 de abril de 2024 en las estructuras reproductivas de *Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb. en Arroyo Grande Sinaloa, México

51 Confirmación y ampliación de distribución del escarabajo arlequín (*Acrocinus longimanus*; Coleoptera: Cerambycidae; Linnaeus, 1758) en el estado de Sinaloa Sinaloa, México

55 INSTRUCCIONES PARA AUTORES



Carta del Comité Editorial



Estimado lector, lectora,

a través de esta carta tenemos el agrado de presentar el primer número de Acta Biológica Mexicana, la Revista electrónica y semestral de la Facultad de Biología de la UAS en coedición con la Facultad de Ciencias de la UABC.

Esta revista es el resultado de un proyecto editorial y del anhelo de muchos de los integrantes de esta Facultad, y llega para constituirse como un medio de difusión científico-académico. Su aparición marca el comienzo de un nuevo espacio para divulgar la producción científica en el área de las ciencias biológicas y biomédicas, y para difundir los diversos aspectos del conocimiento que surgen de la investigación científica, la actividad docente, la participación estudiantil del nivel superior y posgrado.

Este primer número nace en un momento muy importante para nuestra Facultad de Biología, que se encuentra celebrando en este 2024 sus 36 años de haber sido fundada.

Invitamos a toda la comunidad universitaria de manera especial a contribuir de manera semestral con nosotros.

Sean todos y todas bienvenidos.

Junio de 2024. Culiacán, Sinaloa.



DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA Y ACTUAL DE *CROCODYLUS ACUTUS* (CUVIER, 1807) EN LA COSTA DE SINALOA

HISTORICAL AND ACTUAL DISTRIBUTION OF *CROCODYLUS ACUTUS* (CUVIER, 1807) IN SINALOA'S COAST

Víctor Manuel Salomón Soto^{1, 2}



Orcid: [0000-0001-9633-6681](https://orcid.org/0000-0001-9633-6681)



vsalomon@cejus.edu.mx

Jesús Ángel Camarena Armenta²



camarenajesus03@gmail.com

Raúl Rocha Cabanillas²



r.rocha8806@gmail.com

¹Laboratorio de Conservación de la Fauna Silvestre, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

²Centro de Estudios Justo Sierra, Surutato, Badiraguato, Sinaloa

Recibido: 03 de junio de 2024

Aceptado: 06 de junio de 2024

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.1, ISSN (en trámite)

DISTRIBUCIÓN HISTÓRICA Y ACTUAL DE *CROCODYLUS ACUTUS* (CUVIER, 1807) EN LA COSTA DE SINALOA

HISTORICAL AND ACTUAL DISTRIBUTION OF *CROCODYLUS ACUTUS* (CUVIER, 1807) IN SINALOA'S COAST

Víctor Manuel Salomón-Soto, Jesús Ángel Camarena-Armenta y Raúl Rocha-Cabanillas

Resumen

El cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) está ampliamente distribuido en el continente americano y habita diversos ecosistemas. Sin embargo, su distribución a lo largo de la costa de Sinaloa es desconocida. Para determinar esta distribución, se recopiló información de diversas fuentes y se visitaron 55 sitios, utilizando la técnica de detección visual nocturna para confirmar la presencia de cocodrilos, rastros y testimonios. También se revisó literatura científica, notas de prensa y registros de la base de datos GBIF. En total, se registraron 88 sitios con la presencia de *C. acutus*, 75 de los cuales son nuevos registros, sumándose a los 13 sitios históricamente reportados en Sinaloa. El 49% de estos sitios se encuentran en la zona centro de Sinaloa y la mayoría de los datos (76%) provienen de observaciones directas, testimonios, huellas y notas de prensa. El 63% de los cocodrilos se encuentran principalmente en esteros, drenes agrícolas y ríos. Los resultados sugieren una recuperación de los espacios por parte de *C. acutus* en Sinaloa, probablemente facilitada por la red hidroagrícola, lo que resalta la necesidad de identificar sitios estratégicos para la conservación de la especie.

Palabras clave: *Crocodylus acutus*, distribución geográfica, Sinaloa

Abstract

The American crocodile (*Crocodylus acutus*) is broadly distributed across the American continent and inhabits various ecosystems. However, its distribution along the coastline of Sinaloa is unknown. To know this distribution, information was gathered from various sources and 55 sites were visited, using the nocturnal visual detection technique to confirm the presence of crocodiles, traces and testimonies. Scientific literature, press notes, and records from the GBIF database were also reviewed. In total, 88 sites with the presence of *C. acutus* were recorded, 75 of which are new, in addition to the 13 historically reported sites in Sinaloa. 49% of these sites are in the central region of Sinaloa, and most data (76%) come from direct observations, testimonies, tracks, and press notes. The 63% of crocodiles are primary found in estuaries, agricultural drains, and rivers. The results suggest a habitat recovery by *C. acutus* in Sinaloa, possibly facilitated by the hydro-agricultural network, highlighting the need to identify strategic locations for the conservation of the species.

Keywords: *Crocodylus acutus*, Geographic distribution, Sinaloa.

Introducción

El cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*) presenta una amplia distribución, desde la península de Florida hasta Venezuela por la vertiente del Atlántico y por el Pacífico, desde el noroeste de México hasta el norte de Perú; así como en las principales islas del Caribe (Thorbjarnarson, 2010). A causa de la amplia distribución y variedad de hábitats donde *C. acutus* vive, su estado de conservación a escala local regional aún se desconoce (Thorbjarnarson et al., 2006; Thorbjarnarson, 2010).



Imagen 1. Con base en evidencia científica, notas de prensa, datos del GBIF y observación personales, se resgistró *Crocodylus acutus* en 88 sitios de Sinaloa.

En México la mayoría de los estudios sobre *C. acutus* se han llevado a cabo en los estados de Jalisco, Oaxaca, Chiapas y Quintana Roo, (Casas-Andreu, 2003; Charruau, 2010; Cupul-Magaña et al., 2008; García et al., 2010; Mendez-De la Cruz y Casas-Andreu, 1992; Villegas y Gonzalez-Solis, 2009). En el noroeste de México, *C. acutus* se ha reportado como extinto del estado de Sonora (Enderson et al., 2009), mientras que en el estado de Sinaloa se han reportado poblaciones en la zona sur y avistamientos no confirmados de individuos en la zona centro en la comunidad de Altata, Navolato (Hardy y McDiarmid, 1969).

En 1973 se reportaron avistamientos de individuos subadultos en la localidad El Dorado en el municipio de Culiacán (Powell, 1973), posteriormente León Ojeda et al., (1997) reportaron una población en Laguna Chiricahueto (LCh) municipio de Culiacán y Navarro-Serment (2003) otra en el estero El Verde Camacho (EVC) en el municipio de Mazatlán. Sin embargo, algunos reportes señalan que la distribución más norteña de poblaciones de *C. acutus* se ubica en localidades de Mazatlán (Brazaitis, 2001).

No obstante los datos históricos, se desconoce la distribución actual y la existencia de otras poblaciones a lo largo de la costa de la región Noroeste del Pacífico.

De acuerdo con Kushlan y Mazzotti (1989) el clima juega un papel primordial en la distribución de *C. acutus* en la costa atlántica, fijando como límite norteño la isoterma de enero de 17 °C a los 25° 58' latitud norte. En cuanto a la distribución de la especie en la costa del Pacífico sigue siendo confusa. Se ha señalado que la distribución al norte del Pacífico es la isoterma 18 °C en enero Casas-Andreu y Reyna-Trujillo (1994) y variaciones que van del paralelo 24° al 27° latitud norte como el límite de su distribución en la costa del Pacífico (Casas-Andreu et al. 1990; Smith y Smith, 1977).

Hasta el momento se desconoce la distribución exacta de *C. acutus* en el norte de la costa del Pacífico mexicano. Actualizar la información de la distribución, resultaría en la elaboración de planes de conservación y aprovechamiento de la especie, que puede representar un recurso económico importante para las comunidades de la zona. En este sentido el objetivo de esta investigación fue determinar la distribución de *C. acutus* en el estado de Sinaloa.

Materiales y métodos

Área de estudio. El área de estudio se ubica a lo largo de la costa de Sinaloa, específicamente entre las coordenadas geográficas 22° 36' N, 105° 30' O y 25° 54' N, 109° 24' O (Fig.1).

Recopilación de información. Para determinar la presencia de *C. acutus* en Sinaloa, a partir de agosto de 2010 al presente, se tomaron

se tomaron como referente preliminar encuestas realizadas a pescadores que habitan en comunidades aledañas a cuerpos de agua.

Posteriormente se visitó y registró la presencia o ausencia en las zonas referidas por los pescadores con base en la técnica de detección visual nocturna (Sigler et al., 2011). Además, se buscó en los portales de los principales periódicos de Sinaloa las notas publicadas sobre la presencia de cocodrilos dentro o cerca de las comunidades.

Generalmente la información de la prensa no está georreferenciada, por lo que las coordenadas asignadas fueron aproximadas. Para conocer los registros en la literatura científica se realizó una búsqueda bibliográfica en Web of Science y Google Académico con los términos "*Crocodylus acutus*" y Sinaloa.

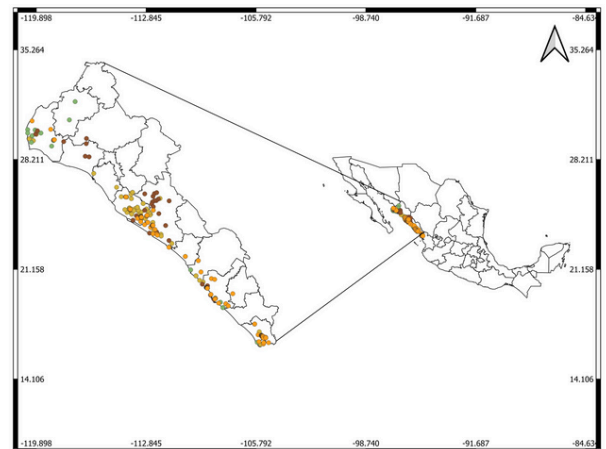


Figura 1. Sinaloa: ubicación del área de estudio.

Finalmente se realizó una búsqueda de los registros de la especie en la base de datos Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

Distribución geográfica de las poblaciones. Se visitaron 55 sitios para confirmar la presencia del cocodrilo americano. Cada sitio fue georreferenciado usando un Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés; Garmin, etrex vista H). Los mapas y análisis de datos se realizaron con las herramientas presentes en el programa de QGIS v3.28.13_Firenze. La búsqueda de datos en GBIF se realizó con el complemento para QGIS y las restricciones: Scientific name (*Crocodylus acutus*) y Publishing Contry (México). Para obtener el número de sitios con la presencia de cocodrilos se listaron todos los sitios de todas las fuentes de información y se descartaron los repetidos.

Resultados y discusión

En total se registraron 88 sitios con presencia de cocodrilos en el estado de Sinaloa. Se identificaron 13 sitios con base en la información obtenida de la base de datos GBIF correspondientes a los sitios históricos (Fig. 2A), mientras que otras 11 se obtuvieron de la literatura científica, 32 sitios se mencionaron en notas periodísticas y 41 se identificaron mediante la observación directa, testimonios y el examen de rastros de cocodrilos. Sin embargo, algunos sitios se mencionaron en diversas fuentes de información, en consecuencia, después de eliminar duplicados resultaron un total de 88 sitios únicos (Fig. 2B). Este trabajo identifica 75 sitios nuevos con presencia de *C. acutus* para la región estudiada.

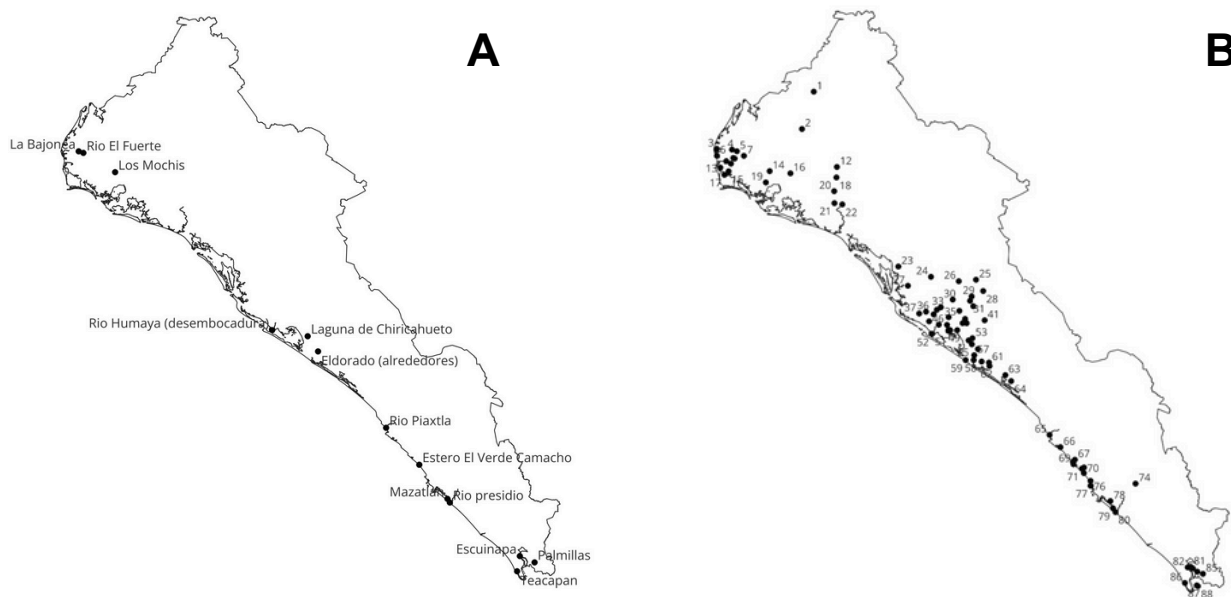


Figura 2. Mapas de Sinaloa. mostrando los sitios con presencia de *Crocodylus acutus*.
A. Distribución histórica **B.** Distribución actual.

Históricamente se ha reportado la presencia de cocodrilos en 13 sitios de Sinaloa (Fig. 2A). Powell (1973) reportó el avistamiento de cocodrilos en las cercanías de El dorado, nueve sitios son mencionados por Casas-Andreu y Guzmán, 1970 y Casas-Andreu y Reyna, 1994, León Ojeda et al., 1997, reportan avistamientos en la Laguna Chiricahueto, posteriormente se reportó una población de cocodrilos en estero El Verde Camacho (Navarro-Serment, 2003). De igual manera, Cupul-Magaña et al., (2017) reportan avistamiento de cocodrilos en 10 sitios para el norte de Sinaloa, dos sitios retomados de Casas-Andreu y Reyna (1994) y recientemente se publicó la presencia de una población de la especie en Laguna de Urías (Marín-Manríquez et al., 2023).

Este reporte adiciona 72 sitios para Sinaloa con presencia de cocodrilos. Este incremento está probablemente relacionado con la carencia previa de muestreos sistemáticos (Brito et al., 2011). La distribución de los sitios con presencia de cocodrilos a lo largo de la costa de Sinaloa se observó predominantemente en la zona centro de datos obtenidos de las diversas fuentes de información, la mayoría (76%) fueron aportados por observación directa, testimonios y rastros de cocodrilos (OTyR) y por notas de la prensa con 43% y 33%, respectivamente (Fig. 4).

En la figura 2B se observan áreas sin registros de cocodrilos, lo que hace, necesario monitorearlas en busca de sitios con presencia de *C. acutus*. Cabe destacar que la falta de registros de la especie en algún sitio particular no debería ser interpretada como una completa ausencia de la misma, sobre todo, porque la

especie puede estar presente en bajas densidades, de tal forma que la probabilidad de encuentro durante un recorrido nocturno es baja y pudiera pasar desapercibido.

Para conocer la distribución detallada de *C. acutus* en la periferia norteña por la costa del Pacífico es necesario una búsqueda más exhaustiva y que permita detectar tendencias demográficas y de colonización de sitios nuevos.

Los registros de cocodrilos se realizaron en 10 tipos de hábitat incluyendo zona habitadas (ZH) por humanos (ZH rural y ZH urbana) (Fig. 5). Aproximadamente el 63% de los registros de cocodrilos se realizaron en esteros (25%), dren agrícola (22.7%) y ríos (15%).

Los datos sobre la distribución de la especie sugieren que la diversidad de cuerpos de agua producto de la formación de embalses de aguas excedentes de la agricultura, favorecen la distribución de los cocodrilos.

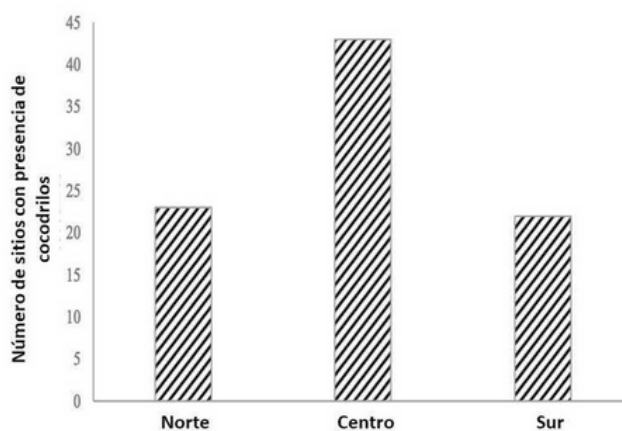


Figura 3. Distribución de los sitios con presencia de *C. acutus* en Sinaloa.

Las observaciones de *C. acutus* fueron más comunes y ampliamente distribuidas en la región central del área de estudio (Fig. 3) donde existen humedales importantes y una red de drenes, canales y esteros que reciben aportes de agua dulce, lo cual, probablemente está relacionado con su mayor abundancia comparado con otros hábitats.

En el contexto hidrológico, Sinaloa se ubica en la cuenca Pacífico Norte que presenta una infraestructura hidroagrícola de 8,142 km de drenes que reciben aproximadamente 59% de los 12,824 hm³ de agua almacenada en las presas del Estado (CONAGUA, 2012), además de las lluvias que se presentan durante Julio a Octubre.

Una de las principales amenazas para la conservación de las poblaciones de las especies de cocodrilos en el mundo es la degradación y la pérdida de humedales (Ross, 1998), sin embargo, la gran extensión de canales y drenes en el estado de Sinaloa parece favorecer la distribución de *C. acutus*.

El uso de hábitats artificiales se ha documentado para esta y otras especies de cocodrilos; en Florida, Estados Unidos se observó la anidación e incremento de una población de *C. acutus* en canales y pequeños diques que forman parte del sistema de enfriamiento de una planta generadora de electricidad (Brandt et al., 1995; Mazzotti et al., 2007).

También la construcción de represas de agua para uso agrícola se ha observado que favorece la distribución y el incremento del tamaño de las poblaciones en *Caiman yacare* y *Caiman latirostris* (Borteiro et al., 2008; Micucci y Waller, 2005).

Una posible explicación al incremento del área de distribución es que los canales de riego son utilizados como medio de desplazamiento y los drenes que presentan una vegetación densa y agua constante proveen condiciones propicias para la especie: protección contra depredadores, alimentación y sitios de anidación.

Las condiciones hidrológicas son críticas para la anidación y el éxito reproductivo de los cocodrilos, por lo que una adecuada administración del agua podría disminuir el efecto sobre la reproducción de esta y otras especies de los humedales (Ugarte et al., 2013).

Por ejemplo, asegurar que los niveles del agua no se incrementen hasta llegar a inundar los sitios de anidación, ni tampoco disminuyan hasta provocar la deshidratación de las nidadas. Así mismo un periodo de sequía prolongado puede incrementar la tasa de mortalidad de cocodrilos pequeños a través de la

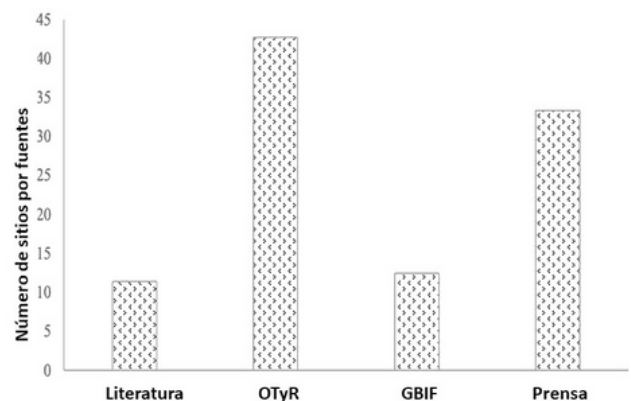


Figura 4. Número de sitios con presencia de *C. acutus* identificados por fuente de información. *OTyR = Observación directa, testimonio y rastros.

disminución del alimento (macroinvertebrados) (Fujisaki et al., 2011), además de incrementar el canibalismo por parte de individuos más grandes sobre los pequeños (Delany et al., 2011; Rootes y Chabreck, 1993).

En conclusión, este estudio provee información básica para evaluar la distribución y abundancia de la población de *C. acutus* en el estado de Sinaloa, así como para su manejo. El incremento del número de sitios de 13 a 88 con presencia de la especie en Sinaloa, apunta hacia una ocupación de hábitats posiblemente influenciada por la red hidroagrícola y el crecimiento de la población de cocodrilos en la entidad. Ante esta situación, se plantea la urgente tarea de identificar sitios estratégicos para la conservación de la especie, a fin de garantizar su supervivencia en un entorno donde la interacción con la actividad humana podría estar desempeñando un papel determinante.

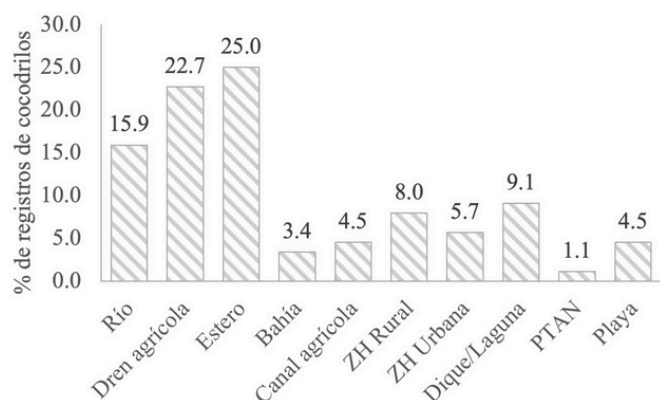


Figura 5. Tipo de hábitat donde se registró la presencia de *Crocodylus acutus* en Sinaloa. Zona Habitada (ZH), Planta Tratadora de Aguas Negras (PTAN).

Financiamiento Parte de este proyecto fue financiado por Universidad Autónoma de Sinaloa a través del programa de Fomento y Apoyo a la Investigación (PROFAPI), clave PROFAPI2010/124.

Referencias

- Borteiro, C., Gutiérrez, F., Tedros, M., Kolenc, F., 2008. Conservation status of *Caiman latirostris* (Crocodylia:Alligatoridae) in disturbed landscapes of Northwestern Uruguay. *South American Journal of Herpetology* 3(3):244-250. doi: 10.2994/1808-9798-3.3.244.
- Brandt, LA, Mazzotti, FJ, Wilcox, JR, Douglas Barker Jr, P., Hasty Jr, GL, Wasilewski, J., 1995. Status of the american crocodile (*Crocodylus acutus*) at a power plant site in Florida, USA. *Herpetological Natural History* 3(1):29-36.
- Brazaitis, P., 2001. A guide to the identification of the living species of crocodylians. St. Augustine, Florida: AZA.
- Brito, JC, Martínez-Freiría, F., Sierra, P., Sillero, N., Tarroso, P., 2011. Crocodiles in the Sahara Desert: An Update of Distribution, Habitats and Population Status for Conservation Planning in Mauritania. *PLoS ONE*, 6(2), e14734. doi: 10.1371/journal.pone.0014734.
- Casas-Andreu, G., Guzmán-Arroyo, M., 1970. Estado Actual de las Investigaciones Sobre Cocodrilos Mexicanos. Secretaría de Industria y Comercio. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Serie Divulgación 3:1-50.
- Casas-Andreu, G. 2003. Ecología de la anidación de *Crocodylus acutus* (Reptilia:Crocodylide) en la desembocadura del río Cuitzmala, Jalisco, México. *Acta Zoologica Mexicana*, 89, 111-128.
- Casas-Andreu, G., Reyna-Trujillo, T. 1994. Climate and distribution of *Crocodylus acutus* in the mexican pacific coast. *Biogeographica*, 70(2), 69-75.

- Casas-Andreu, G., Reyna-Trujillo, T., Méndez de la Cruz, F., 1990. Estado actual de *Crocodylus acutus* en la costa del Pacífico de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*, 41, 57-62.
- Charruau, PARR., 2010. Ecología y etología de anidación del cocodrilo americano (*Crocodylus acutus*): Un estudio para su conservación, El Colegio de la Frontera Sur, Chetumal, Quintana Roo, México.
- CONAGUA. (2012, 8 de Junio 2010). Organismos de Cuenca: Pacífico Norte. Recuperado 18 Enero, 2012, de <http://www.conagua.gob.mx>
- Cupul-Magaña, FG, Rubio-Delgado, A., Molano-Rendón, F., Reyes-Juárez, A., 2008. Contenido estomacal de neonatos de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en Boca Negra, Jalisco. *Boletín de la Sociedad Herpetológica Mexicana*, 16(2), 41-45.
- Cupul-Magaña, FG, Escobedo-Galván, AH, Casas-Andreu, G., Uriarte-Garzón, P., 2017. Hasta el Río Yaqui y más allá: localidades históricas y actuales de *Crocodylus acutus* (Cuvier, 1807) en la costa noroccidental del Pacífico mexicano. *Quehacer Científico en Chiapas* 12(2):56-63.
- Delany, MF., Woodward, AR, Kiltie, RA, Moore, CT, 2011. Mortality of American Alligators Attributed to Cannibalism. *Herpetologica* 67(2):174-185. doi:10.1655/herpetologica-d-10 00040.1.
- Enderson, EF, Quijada-Mascareñas, A., Turner, DS, Rosen, PC, Bezy, RL, 2009. The herpetofauna of Sonora, Mexico, with comparisons to adjoining states. *Check List*, 5(3), 632-672. doi: 10.3897/zookeys.829.32146.
- Fujisaki, I., Mazzotti, F., Dorazio, R., Rice, K., Cherkiss, M., Jeffery, B., 2011. Estimating trends in Alligator populations from nightlight survey data. *Wetlands*, 31(1), 147-155. doi: 10.1007/s13157-010-0120-0.
- García, A., Valtierra-Azotla, M., Cuarón, A., Ceballos, G., 2010. Tendencias poblaciones de *Crocodylus acutus* en condiciones de protección en la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala, Jalisco, México. *Revista Latinoamericana de Conservación*, 1(2), 52-62.
- GBIF.org (24 December 2023) GBIF Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.r9xmub>.
- Hardy, LM, McDiarmid, RW, 1969. The Amphibians and Reptiles of Sinaloa, México. University of Kansas Publications, Museum of Natural History, 18(3), 39-252. Retrieved from <http://hdl.handle.net/10088/12794>.
- Kushlan, JA, Mazzotti, FJ, 1989a. Historic and present distribution of the American crocodile in Florida. *Journal of Herpetology*, 23(1), 1-7. doi: 10.2307/1564309.
- León Ojeda, F., Bagazuma Mendoza, P., Arredondo Ramos, PL, 1997. Evaluación poblacional y algunos aspectos ecológicos de *Crocodylus acutus* en la Laguna de Chiricahueto. Paper presented at the Cuarta eunión del grupo de especialistas en cocodrilianos de América Latina y el Caribe, Villahermosa, Tabasco.
- Marín-Enríquez, E., Charruau, P., Félix-Salazar, LA, 2023. Discovery of a suburban wetland refuge for a depleted American crocodile (*Crocodylus acutus*) population in northwestern Mexico, using a commercial Unmanned Aerial Vehicle. *Tropical Conservation Science* 16:1-7. doi: 10.1177/19400829231209848.
- Mazzotti, FJ, Brandt, LA, Moler, P., Cherkiss, MS, 2007. American Crocodile (*Crocodylus acutus*) in Florida: Recommendations for endangered species recovery and ecosystem restoration. *Journal of Herpetology* 41(1):123-132. doi: 10.1670/0022-1511(2007)41[122:ACCAIF]2.0.CO;2.
- Mendez-De la Cruz, FR, Casas-Andreu, G., 1992. Status y distribución de *Crocodylus acutus* en la costa de Jalisco, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 63(01), 125-133.
- Micucci, PA, Waller, T., 2005. Tendencias en las poblaciones de caimanes (*Caiman yacare* y *C. latirostris*) en la provincia de corrientes, argentina. Evaluación y manejo. In: *Proceedings de la Reunión Regional de América Latina y el Caribe del Grupo de Especialistas en Cocodrilos*, Santa Fe, Argentina. p 29-45.

Navarro-Serment, CJ, 2003. Abundance, habitat use and conservation of the american crocodile in Sinaloa. *Crocodile Specialist Group Newsletter*, 22(2), 22-23.

Powell, J., 1973. Crocodilians of Central America, including Mexico and the West Indies: Developments since 1971. Paper presented at the Crocodiles: Proceedings of the 2nd Working Meeting of Crocodile Specialist Group, Morges, Switzerland. Review retrieved from http://www.iucncsg.org/365_docs/attachments/protarea/2nd-f2694e1f.pdf.

Ross, JP, 1998. Crocodiles. Status survey and conservation action plan. 2nd ed. IUCN/SSC Crocodile Specialist Group, Gland, Switzerland and Cambridge, UK.

Rootes, WL, Chabreck, RH, 1993. Cannibalism in the American Alligator. *Herpetologica* 49(1):99-107.

Sigler, L., Cedeño-Vázquez, JR, Cupul-Magaña, FG, 2011. Método de detección visual nocturna (DVN). In: Ó. Sánchez Herrera, G. López Segurajáuregui, A. García Naranjo Ortiz de la Huerta and H. Benítez Díaz, editors, Programa de monitoreo del Cocodrilo de Pantano (*Crocodylus moreletii*) México-Belize-Guatemala. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. p. 105-127.

Smith, HM, Smith, RB, 1977. Synopsis of the herpetofauna of Mexico (Vol. V). North Bennington: John Johnson.

Thorbjarnarson, J., Mazzotti, F., Sanderson, E., Buitrago, F., Lazcano, M., Minkowski, K., . Muñiz, M., Ponce, P., Sigler, L., Soberon, R., Trelancia, AM, Velasco, A., 2006. Regional habitat conservation priorities for the American crocodile. *Biological Conservation*, 128(1), 25-36. doi: 10.1016/j.biocon.2005.09.013.

Thorbjarnarson, JB, 2010. American Crocodile *Crocodylus acutus*. In S. C. Manolis & C. Stevenson (Eds.), *Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan* (Third Edition ed., pp. 46-53). Darwin: Crocodile Specialist Group.

Stevenson (Eds.), *Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan* (Third Edition ed., pp. 46-53). Darwin: Crocodile Specialist Group.

Ugarte, CA, Bass, OL, Nuttle, W, Mazzotti, FJ, Rice, KG, Fujisaki, I., Whelan, KRT, 2013. The influence of regional hydrology on nesting behavior and nest fate of the American alligator. *The Journal of Wildlife Management* 77(1):192-199. doi: 10.1002/jwmg.463.

Villegas, A., Gonzalez-Solis, D., 2009. Gastrointestinal helminth parasites of the american crocodile (*Crocodylus acutus*) in Southern Quintana Roo, Mexico. *Herpetological Conservation and Biology*, 4(3), 346-351.



Efecto larvicida del bioinsecticida spinosad en el control de poblaciones silvestres de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vector del virus del dengue en Culiacán, Sinaloa, México

Larvicidal effect of the bioinsecticide spinosad in the control of wild populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vector of the dengue virus, in Culiacán, Sinaloa, Mexico

José I. Torres-Avenida¹
 Orcid: [0000-0002-1600-7528](https://orcid.org/0000-0002-1600-7528)
jois.tova@uas.edu.mx

Carlos A. Meza-Osuna²
armando_cartos@gmail.com

José M. Zazueta-Moreno¹
 Orcid: [0000-0001-9532-7695](https://orcid.org/0000-0001-9532-7695)
marcialzazueta@uas.edu.mx

Hipólito Castillo-Ureta¹
 Orcid: [0000-0002-8361-9735](https://orcid.org/0000-0002-8361-9735)
hipolito.cu@uas.edu.mx

Edith H. Torres-Montoya¹
 Orcid: [0000-0003-4382-2111](https://orcid.org/0000-0003-4382-2111)
edy14@uas.edu.mx

Anette Itzel Apodaca-Medina³
[0000-0002-3931-9620](https://orcid.org/0000-0002-3931-9620)
annete.apodaca@uadeo.mx

Ileana I. Velarde Prieto²
ileanavelarde.fb@uas.edu.mx

Mariana Morán-Rodríguez²
maryanaamrn23@gmail.com

***Juan J. Ríos-Tostado**¹
 Orcid: [0000-0002-5163-6194](https://orcid.org/0000-0002-5163-6194)
jjrios@uas.edu.mx

1 Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

2 Facultad de Biología, Universidad Autónoma de Sinaloa. Avenida de Las Américas y Boulevard Universitarios S/N, Culiacán, Sinaloa, México 80013.

3 Unidad de Investigaciones en Biotecnología Biomédica, Departamento de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma de Occidente. Boulevard Lola Beltrán y Boulevard Rolando Arjona, Colonia 4 de marzo, Cp. 80020, Culiacán, Sinaloa, México.

Recibido: 01 de agosto de 2024
 Aceptado: 07 de octubre de 2024

*Autor de correspondencia

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Efecto larvicida del bioinsecticida spinosad en el control de poblaciones silvestres de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vector del virus del dengue en Culiacán, Sinaloa, México

Larvicidal effect of the bioinsecticide spinosad in the control of wild populations of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae), vector of the dengue virus, in Culiacán, Sinaloa, Mexico

José I. Torres-Avenidaño, Carlos A. Meza-Osuna, José M. Zazueta-Moreno, Hipólito Castillo-Ureta, Edith H. Torres-Montoya, Anette Itzel Apodaca-Medina, Ileana I. Velarde-Prieto, Mariana Morán-Rodríguez y Juan J. Rios-Tostado.

Resumen

La aplicación de insecticidas químicos ha generado resistencia en *Aedes aegypti* en varias regiones de México, incluido Sinaloa, siendo uno de los estados más perjudicados por dengue, causados por el virus del dengue (DENV) y transmitido principalmente por esta especie. Spinosad emerge como una alternativa prometedor: es ambientalmente seguro, tiene baja toxicidad para los mamíferos y no presenta resistencia cruzada con otros larvicidas. Se evaluó el efecto larvicida del spinosad en poblaciones de *Ae. aegypti* recolectadas en los panteones la Lima, Loma de Rodriguera, San Juan, civil, 21 de marzo y Aguaruto en la ciudad de Culiacán, Sinaloa. Se individualizaron veinte ejemplares por sitio de recolección y se expusieron a concentraciones de 2, 4 y 6 mg/L. La mortalidad de las larvas se registró después de 24 horas. La tasa de mortalidad varió entre 10.33 ± 5.33 y 18.78 ± 1.71 , siendo la menor toxicidad observada en las poblaciones provenientes de los panteones La Lima y Loma de Rodriguera (Kruskal-Wallis, $P = 0.00$). La CL50 se estableció en 1.88 ± 0.90 mg/L, mostrando mayor sensibilidad larvicida en los panteones San Juan, civil, 21 de marzo y Aguaruto (T de Student, $P = 0.01$) ubicados al poniente, oriente y centro de la ciudad respectivamente. Spinosad es una alternativa efectiva para reducir las poblaciones del mosquito transmisor del dengue en la ciudad, y por ende, los casos de la enfermedad. No obstante, es crucial ajustar las concentraciones del bioinsecticida spinosad según la ubicación geográfica para garantizar una aplicación adecuada, con el fin de minimizar los costos económicos, ambientales y de salud pública.

Palabras clave: Dengue, larvicida, spinosad, *Aedes aegypti*, Culiacán Rosales

Abstract

The application of chemical insecticides has generated resistance in *Aedes aegypti* in several regions of Mexico, including Sinaloa, one of the states most affected by dengue, caused by the dengue virus (DENV) and transmitted mainly by this species. Spinosad emerges as a promising alternative: it is environmentally safe, has low toxicity to mammals and does not present cross-resistance with other larvicides. The larvicidal effect of spinosad was evaluated in

populations of *Ae. aegypti* collected in the Lima, Loma de Rodriguera, San Juan, Civil, March 21 and Aguaruto cemeteries in the city of Culiacán, Sinaloa. Twenty specimens were identified per collection site and exposed to concentrations of 2, 4 and 6 mg/L. Larval mortality was recorded after 24 hours. The mortality rate ranged from 10.33 ± 5.33 to 18.78 ± 1.71 , with the lowest toxicity observed in populations from the La Lima and Loma de Rodriguera pantheons (Kruskal-Wallis, $P = 0.00$). The LC50 was set at 1.88 ± 0.90 mg/L, showing greater larvicidal sensitivity in the San Juan, Civil, March 21 and Aguaruto cemeteries (Student's T, $P = 0.01$) located in the west, east and center of the city respectively. Spinosad is an effective alternative to reduce the population of the mosquito that transmits dengue in the city, and therefore, the cases of the disease. However, it is crucial to adjust bioinsecticide concentrations based on geographic location to ensure proper application, in order to minimize economic, environmental and public health costs.

Key words: Dengue, larvicide, spinosad, *Aedes aegypti*, Culiacán Rosales

Introducción

El dengue es una enfermedad causada por el virus del dengue (DENV), un flavivirus transmitido al humano por hembras hematófagas del género *Aedes*, principalmente *Ae. aegypti* Linnaeus, 1762. (Sánchez-Gutiérrez et al., 2023). Desde la identificación de la primera cepa en África en 1943, las infecciones han aumentado convirtiéndose en un problema de salud pública global (Culshaw et al., 2017). Anualmente, se estiman alrededor de 105 millones de infecciones, de las cuales aproximadamente el 50% son asintomáticas (Cattarino et al., 2020). Además, se ha observado un crecimiento exponencial de esta enfermedad en los últimos años, y se calcula que cerca de la mitad de la población mundial está en riesgo de contraerla (Tsheten et al., 2021). México es uno de los países más afectados; entre 2021 y 2023 se registraron alrededor de 54,400 casos de dengue, siendo

Sinaloa uno de los estados con mayor número de casos reportados (CENAPRECE 2022, 2023).

Actualmente, no existen medicamentos específicos para tratar el dengue y las vacunas aún están en desarrollo; por lo tanto, la reducción de la incidencia de esta enfermedad arboviral depende en gran medida del control de los mosquitos (Dong & Dimopoulos, 2021). En México, el programa de acción específico (2020-2024) ha establecido el control de las poblaciones de *Aedes*, especialmente *Ae. aegypti*, mediante métodos integrados que buscan reducir tanto la población de mosquitos como sus criaderos, a través del manejo del entorno y la aplicación de insecticidas en sus fases inmaduras y adultas (SSA, 2020). Aunque los insecticidas químicos son efectivos,

debido a su toxicidad se ha documentado que su uso ha provocado resistencia en poblaciones de *Ae. aegypti* en diversas regiones de México, incluido Sinaloa (Ontiveros-Zapata, 2021; Solis-Santoyo et al., 2021). Otro tema de preocupación para la comunidad científica es el impacto ambiental del uso excesivo de insecticidas sintéticos, que pueden afectar a especies no objetivo de la fauna endémica (Crane et al., 2021). Por esta razón, se han realizado esfuerzos durante las últimas décadas para desarrollar insecticidas no químicos a partir de fuentes naturales como plantas y bacterias, con el objetivo de mitigar los efectos secundarios de los reactivos sintéticos (Gimnig et al., 2020; Borges et al., 2022). En este contexto, el spinosad, producto biorracional derivado de la fermentación aeróbica de una actinobacteria del suelo (*Saccharopolyspora spinosa*, Mertz y Yao, 1990), se presenta como una opción segura para el medio ambiente. Spinosad, compuesto por las espinosinas naturales A y D, tiene baja toxicidad para los mamíferos y no muestra resistencia cruzada con insecticidas comunes como los organofosforados, siendo efectivo en la reducción de diversas plagas de insectos y mosquitos de relevancia médica y veterinaria, como *Anopheles gambiae* (Giles, 1902, *Culex pipiens* Linnaeus, 1758) y *Ae. aegypti* (Moselhy et al., 2015; Gimnig et al., 2020; Mahyoub et al., 2023).

En México, la Secretaría de Salud aprueba el uso de spinosad para el control de vectores (CENAPRECE, 2023), pero no se dispone de

datos oficiales sobre su implementación en Sinaloa. No obstante, trabajadores de control vectorial en el estado han informado de su uso en tabletas al menos durante 2018-2019, aunque no hay información actualizada sobre su aplicación en la actualidad.

Dado la ausencia de datos oficiales sobre la toxicidad en poblaciones de mosquitos, obtener información sobre la viabilidad y el uso adecuado de spinosad sería valioso para desarrollar estrategias de control integrado de las poblaciones silvestres de *Ae. aegypti*. Esto ayudaría a reducir los casos de dengue en la población de Sinaloa, minimizando al mismo tiempo los costos ambientales y de salud pública.

Materiales y métodos

Área de estudio y recolecta de Aedes aegypti:

El estudio se llevó a cabo en la zona urbana de la ciudad de Culiacán, Rosales en agosto a septiembre de 2020. La ciudad es cabecera del municipio homónimo, ubicada entre la sierra madre Occidental y el Golfo de California y cuenta con una población de aproximadamente 800, 000 habitantes, en su mayoría del sexo femenino (INEGI, 2021). Así mismo, la mayor parte de la población habita en zonas urbanas clasificadas en un grado de marginación bajo o muy bajo (INEGI, 2021), respectivamente.

Por medio del software Google Earth Pro (<https://earth.google.com/web/>) se ubicaron seis panteones urbanos [Panteón la Lima (24°49'48.2''N, 107°22'53''W), Loma de Rodriguera (24°51'52''N, 107°23'14''W), San Juan (24°48'26''N, 107°23'20''W), Civil (24°48'10''N, 107°23'13''W), 21 de marzo (24°46'33''N, 107°21'21''W) y Aguaruto (24°46'56''N, 107°30'20''W)] en el área de estudio, y mediante la inmersión de un cucharón en recipientes que contenían agua, se recolectaron larvas del 3er y 4to estadio de *Ae. aegypti*. Esto debido a que en estas fases larvales no se ha determinado diferencias significativas de toxicidad a spinosad y en estados inferiores son más susceptibles al producto biorracional (Díaz-Martínez et al., 2016). Los ejemplares se depositaron en bolsas herméticas con agua de su ambiente, las cuales se rotularon previamente con la fecha y coordenadas geográficas.

Identificación de larvas de Aedes aegypti:

Los estadios inmaduros de los mosquitos que mostraban movimiento serpentino y fototropismo negativo fueron aislados en cajas Petri de plástico. Bajo un microscopio estereoscópico y óptico se identificaron según su morfología utilizando las claves dicotómicas de Darsie y Ward (2005).

Efecto de la toxicidad de spinosad:

Se usaron tabletas de spinosad (Natular® DT) para los ensayos de toxicidad en larvas de *Ae. aegypti*. El reactivo biológico fue triturado en un mortero de porcelana y

disuelto en agua destilada para preparar una solución madre con una concentración de 10,000 mg/L ($400 \text{ mg} \div 0.04 \text{ L} = 10,000 \text{ mg/L}$). A partir de esta solución madre, se prepararon 100 ml de spinosad a 100 mg/L (1 ml de solución madre + 99 ml de agua destilada). Siguiendo el protocolo estandarizado de la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1981) y la metodología de Dos-Santos-Díaz et al. (2017) con algunas modificaciones, se determinó la toxicidad del spinosad en las poblaciones de larvas de *Ae. aegypti* recolectadas. Para ello, se colocaron 20 larvas en vasos de plástico con 100 ml de agua a concentraciones de 2, 4 y 6 mg/L (añadiendo 2, 4 y 6 ml de la solución de 100 mg/L a 98, 96 y 94 ml de agua destilada, respectivamente). Después de 24 horas de exposición, se registró la mortalidad. Se consideró muerta a una larva que no mostrara movimiento al ser tocada con un pincel (Marina et al., 2012). Los ensayos se repitieron tres veces, con dos controles sin spinosad.

Con base en los resultados de susceptibilidad de *Ae. aegypti* a las distintas concentraciones de spinosad, se determinó la Concentración Letal Media (CL50) para las diferentes poblaciones evaluadas. Se realizó un análisis Probit utilizando los datos de concentración, número de larvas expuestas y número de larvas muertas en el software SPSS

versión 22.0, a través del comando: Análisis - Regresión - Análisis - Probit.

Se emplearon las siguientes hipótesis para evaluar la robustez del modelo: Ho: El modelo está bien ajustado ($P > 0.05$) y Hi: El ajuste del modelo no es bueno ($P < 0.05$).

Análisis estadísticos:

El análisis estadístico se realizó utilizando el software SPSS versión 22.0. Se aplicó estadística descriptiva a los datos, incluyendo pruebas de media y error estándar. Para comparar la mortalidad de las larvas en los distintos ensayos experimentales, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. Además, se compararon las CL50 de las diferentes áreas geográficas de Culiacán Rosales mediante una prueba t de Student

Se consideró que un valor de $P < 0.05$ era estadísticamente significativo.

Resultados

Las larvas de *Ae. aegypti* recolectadas en diferentes ubicaciones geográficas mostraron una variabilidad en su susceptibilidad al bioinsecticida spinosad, con tasas de mortalidad que oscilaron entre 10.33 ± 5.33 y 18.78 ± 1.71 . La menor toxicidad se observó en los ejemplares recolectados en los panteones La Lima y Loma de Rodriguera en comparación con los demás sitios de recolección (Kruskal-Wallis, $n = 54$, $H = 16.39$, $gl = 5$, $P = 0.00$) (Fig. 1).

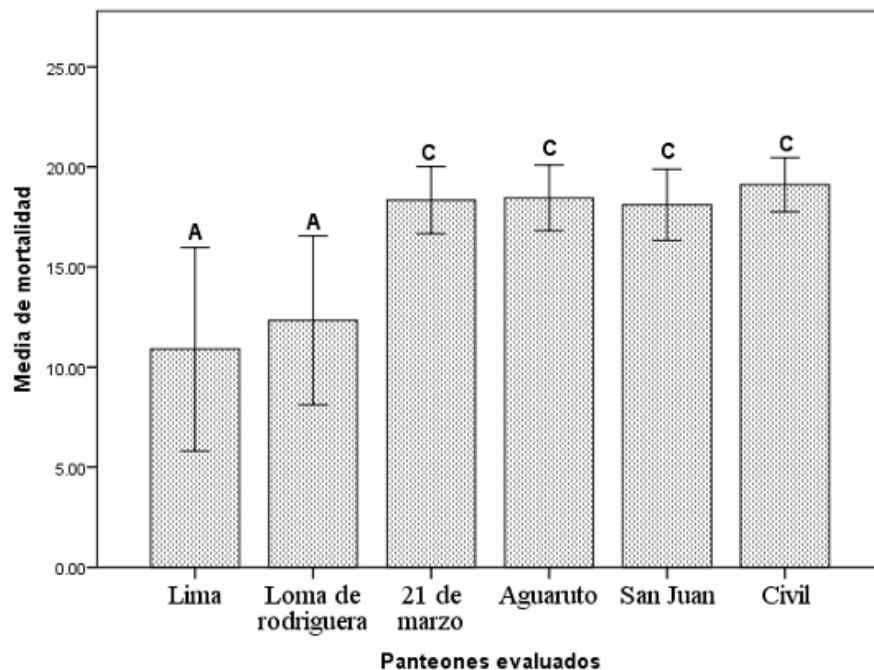


Figura 1. Diferencias en la mortalidad de poblaciones de *Aedes aegypti* expuestas a spinosad durante 24 horas. Las barras indican el error estándar de la media y el intervalo de confianza del 95%. Las letras distintas en cada gráfico reflejan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis).

La susceptibilidad de las larvas fue menor a 2 mg/L, mostrando una tendencia creciente a medida que aumentó la concentración de spinosad; sin embargo, esta tendencia fue menos pronunciada en las poblaciones del panteón Aguaruto, donde no se encontraron diferencias significativas entre la mortalidad larval y las concentraciones del bioinsecticida (Kruskal-Wallis, $n = 54$, $H = 44.41$, $gl = 17$, $P = 0.00$) (Fig. 2). En el área de estudio, la LC50 se determinó en 1.88 ± 0.90 mg/L, siendo los panteones La Lima y Loma de Rodriguera los que requirieron mayores concentraciones de

bioinsecticida para matar al 50% de las larvas, en comparación con los otros panteones (1.14 a 1.50 ppm) (Fig. 2). Generalizando los resultados en términos geográficos, la LC50 en la zona norte de Culiacán es de 3.0 ± 0.55 mg/L, mientras que en la zona poniente, oriente y centro es de 1.32 ± 0.15 mg/L, con diferencias estadísticamente significativas (T de Student, $n = 6$, $F = 21.33$, $gl = 4$, $P = 0.01$) (Fig. 3).

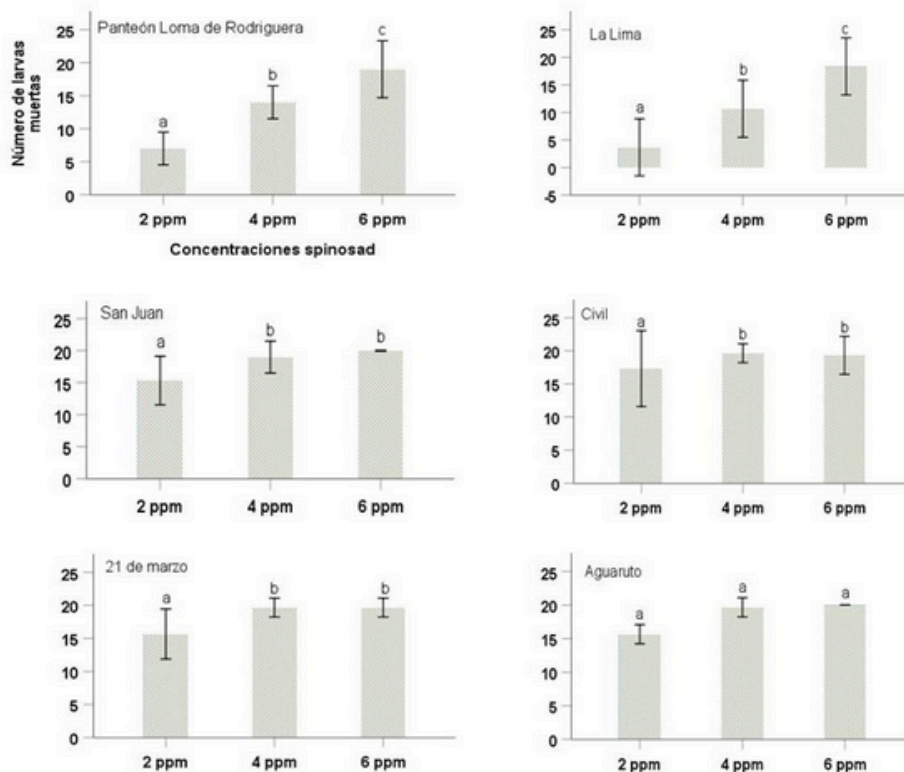


Figura 2. Efecto de la concentración de spinosad en las poblaciones de larvas de *Aedes aegypti* recolectadas en panteones de Culiacán, Sinaloa. Los datos expresados en ppm son equivalentes a mg/L. Las barras de error representan el intervalo de confianza del 95%. Las letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$, prueba de Kruskal-Wallis).

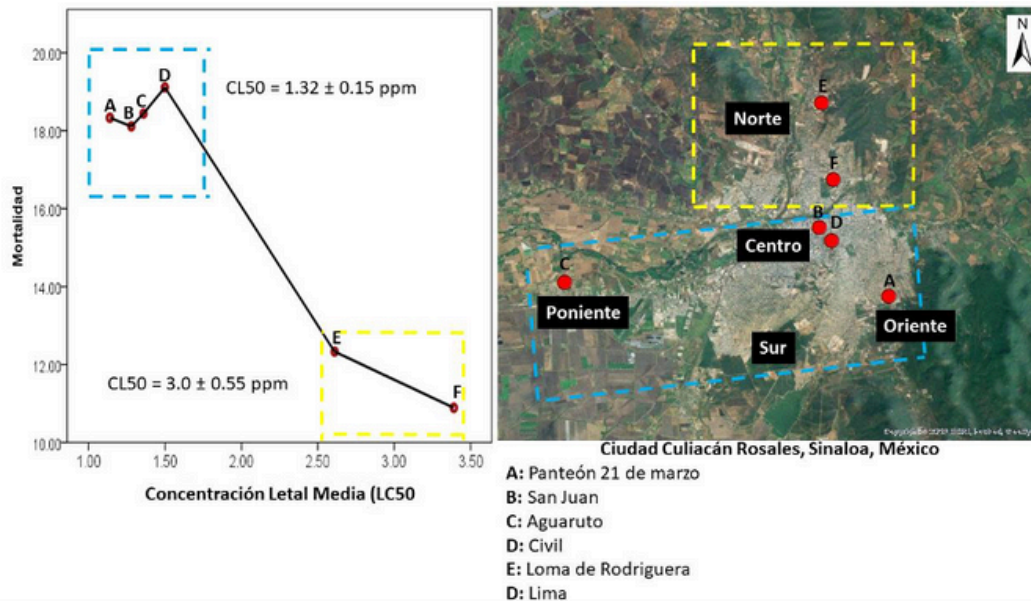


Figura 3. Concentración Letal Media (CL50) del bioinsecticida spinosad en las poblaciones de larvas de *Aedes aegypti* recolectadas en panteones de Culiacán Rosales, Sinaloa. Las CL50 de 3.0 ± 0.55 y 1.32 ± 0.15 ppm presentan diferencias estadísticas significativas ($P = 0.01$, prueba t de Student). Los valores expresados en ppm son equivalentes a mg/L.

Discusión

El uso excesivo e inapropiado de insecticidas químicos probablemente ha causado resistencia en *Ae. aegypti* en diversas regiones del mundo, incluyendo México (Kuri-Morales et al., 2018). En Sinaloa se ha observado que algunos adulticidas como la cipermetrina y el malatión resultan poco efectivos para reducir las poblaciones de este vector, mostrando grados significativos de resistencia en comparación con otras sustancias como la permetrina (Kuri-Morales et al., 2018). Para abordar este problema, se ha propuesto la rotación de insecticidas y el uso de bioinsecticidas, como el spinosad, siendo esta una opción considerada actualmente (CENAPRECE, 2023; Mahyoub et al., 2023).

En Culiacán Rosales, la eficacia del spinosad como larvicida o adulticida es incierta debido a la falta de información consistente, y no hay datos suficientes que respalden su efectividad para reducir la población de *Ae. aegypti*. Por lo tanto, es importante contar con datos específicos para guiar su uso adecuado en esta ciudad.

En el presente estudio, se observó que al aumentar la concentración de spinosad en las larvas, la tasa de mortalidad también aumentó, de manera similar a lo que encontraron Argueta et al. (2011), quienes notaron un incremento en la mortalidad de larvas con mayores

concentraciones y tiempos de exposición a spinosad en condiciones similares a este estudio. Esto sugiere una relación clara entre la concentración del bioinsecticida y la susceptibilidad del vector del dengue. Además, se observaron distintos grados de toxicidad al spinosad en las distintas áreas de recolecta en Culiacán, un patrón similar al observado en Guerrero, México (Chino-Cantor et al., 2014) y en siete poblaciones diferentes en Brasil (Dos-Santos-Dias et al., 2017).

Los resultados de CL50 mostraron que la dosis necesaria para eliminar al 50% de la población larval varía según la zona geográfica. En la zona norte de la ciudad, se necesita aproximadamente el doble de concentración de spinosad (3.0 ± 0.55 ppm) en comparación con las zonas centro, poniente y oriente (1.32 ± 0.15 ppm). Las CL50 obtenidas fueron coherentes con las concentraciones utilizadas por diversos autores para evaluar la efectividad ovicida y larvicida del spinosad en campo (1 ppm y 5 ppm) (Marina et al., 2011; 2012, 2014), pero superiores a las reportadas por Bond et al. (2004) y Díaz-Martínez et al. (2016) en condiciones de laboratorio, cuyas variaciones fueron de 0.021 a 0.12 ppm en 24 horas. Sin embargo, estas comparaciones podrían no ser del todo precisas, ya que las cepas empleadas por los autores están completamente caracterizadas y mantenidas de manera constante en laboratorio, a diferencia de las utilizadas en este estudio, que fueron extraídas directamente del entorno natural.

Las diferencias en la susceptibilidad de los artrópodos, incluidos los mosquitos, podrían ser atribuibles al uso excesivo de insecticidas sintéticos o biorracionales, incluso, se ha referenciado resistencia a spinosad en diferentes especies de insectos, como *Franklinella occidentalis*, Pergande, 1895 y *musca domestica* Linnaeus, 1758 (Shono & Scott, 2003; Bielza et al., 2007); sin embargo, esta condición biológica no ha sido reportada en mosquitos (Culicidae) y no hay estudios que respalden resistencia cruzada con otros insecticidas (Dos-Santos-Dias et al., 2017), por lo que es poco probable que esta problemática esté relacionada con la variación de susceptibilidad de *Ae. aegypti* en la ciudad de Culiacán.

La literatura no proporciona información detallada sobre las fluctuaciones en la toxicidad del spinosad en poblaciones de mosquitos, lo que resulta crucial para la aplicación efectiva de este bioinsecticida en áreas endémicas. Aparte de los factores genéticos relacionados con la resistencia, las variaciones en la toxicidad podrían estar vinculadas al modo de acción del componente activo, que se ha asociado principalmente con la ingesta en lugar del contacto directo (Hertlein et al., 2010; Argueta et al., 2011; Díaz-Martínez et al., 2016).

En un escenario hipotético, la ingesta de spinosad podría variar entre poblaciones, afectando la mortalidad de *Ae. aegypti*. Por lo tanto, cualquier factor biótico o abiótico que influya en la ingesta podría estar relacionado con la susceptibilidad a spinosad, y esto podría variar con la geografía y la estacionalidad en áreas endémicas. Los resultados de estudios de dosis-respuesta con ejemplares de generaciones posteriores podrían no ser consistentes para su aplicación en campo, especialmente con spinosad.

Diversos estudios de campo han mostrado que spinosad tiene una persistencia en condiciones naturales de entre 6 y 20 semanas (Bond et al., 2004; Hertlein et al., 2010; Marina et al., 2011; 2012, 2014; Dos-Santos-Dias et al., 2017), eliminando una amplia variedad de mosquitos, incluyendo *Ae. aegypti*. Sin embargo, la persistencia de la toxicidad podría estar influenciada por factores ambientales como la temperatura (Marina et al., 2011; 2012, 2014).

Por ello, es fundamental realizar estudios locales considerando la estacionalidad climática de un área específica. Aunque estos estudios pueden ser útiles para programas integrados de control de *Ae. aegypti*, aún se necesita clarificar y determinar las variaciones de toxicidad en áreas cercanas, como los panteones de Culiacán, para una correcta implementación, según la concentración, lo que contribuiría a la reducción de los casos de dengue en la población.

Referencias

Argueta, AL., Valle, J., Marina, CF. 2011. Efecto ovicida y larvicida del spinosad en *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Revista Colombiana de Entomología*. 37, 269-272.

Bielza, P., Quinto, V., Contreras, J., Torne, M., Martín, A., Espinosa, PJ. 2007. Resistance to spinosad in the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Pergande), in greenhouses of south-eastern Spain. *Pest management science*. 63(7), 682-687. <https://doi.org/10.1002/ps.1388>.

Bond, JG., Marina, CF., Williams, T. 2004. The naturally derived insecticide spinosad is highly toxic to *Aedes* and *Anopheles* mosquito larvae. *Medical and Veterinary Entomology*. 18(1), 50-6. <https://doi.org/10.1111/j.0269-283X.2004.0480.x>.

Borges, JCM., Haddi, K., Valbon, WR., Costa, LTM., Ascêncio, SD., Santos, GR., Soares, IM., Barbosa, RS., Viana, KF., Silva, EAP., Moura, WS., Andrade, BS., Oliveira, EE., Aguiar, RWS. 2022. Methanolic Extracts of *Chiococca alba* in *Aedes aegypti* Biorational Management: Larvicidal and Repellent Potential, and Selectivity against Non-Target Organisms. *Plants (Basel)*. 11(23), 3298. <https://doi.org/10.3390/plants11233298>

Cattarino, L, Rodriguez-Barraquer I, Imai N, Cummings DAT, Ferguson NM. 2020. Mapping global variation in dengue transmission intensity. *Science Translational Medicine*. 12:1-10. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aax4144>.

CENAPRECE. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2023. Lista de productos recomendados para el combate de insectos vectores de enfermedades a partir de 2023. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. Secretaría de Salud. Mexico City, Mexico. Recuperado de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/803150/ListadeProductosRecomendados2023.pdf> (Consultado el 28 de agosto de 2024).

- CENAPRECE. Centro Nacional de Programas Preventivos y Control de Enfermedades. 2022. Panorama Epidemiológico de dengue. Semana epidemiológica 52 de 2022. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/789466/Pano_dengue_52_2022.pdf . (Consultado el 1 de agosto de 2024).
- Chino-Cantor, A., Sánchez-Arroyo, H., Ortega-Arenas, L. D., Castro-Hernández, E. 2014. Insecticide Susceptibility of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) in Guerrero, Mexico. *Southwestern Entomologist*. 39(3), 601-612. <https://doi.org/10.3958/059.039.0319>.
- Crane, DM., Lamere, CA., Moon, RD., Manweiler, SA. 2021. Efficacy and Nontarget Effects of a Spinosad-Based Larvicide in Minnesota Vernal Pools and Cattail Marshes. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 37(3), 125-131. <https://doi.org/10.2987/21-7021.1>.
- Culshaw, A., Mongkolsapaya, J., Sreaton, G.R. 2017. The immunopathology of dengue and Zika virus infections. *Current Opinion in Immunology*. 48, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.coi.2017.07.001>.
- Darsie, Jr., R. F. and R. A. Ward. 2005. Identification and geographical distribution of the mosquitoes of North America, north of Mexico. Florida University Press, Gainesville. 383.
- Díaz-Martínez, S., Rodríguez-Maciél, JC., Lagunes-Tejeda, Á., Tejeda-Reyes, MA. Silva-Aguayo, G. 2016. Susceptibilidad Diferencial a Spinosad en Huevo, Instares Larvales, Pupa, y Hembra de *Aedes aegypti* (L.). *Southwestern Entomologist*. 41, 1111–1120. <https://doi.org/10.3958/059.041.0410>.
- Dong, S., Dimopoulos, G. 2021. Antiviral Compounds for Blocking Arboviral Transmission in Mosquitoes. *Viruses*. 13(1), 108. <https://doi.org/10.3390/v13010108>.
- Dos-Santos-Dias, L., Macoris, ML., Andrighetti, MT., Otrera, VC., Dias, AD., Bauzer, LG., Rodovalho, CM., Martins, AJ., Lima, JB. 2017. Toxicity of spinosad to temephos-resistant *Aedes aegypti* populations in Brazil. *PLoS One*. 12(3), e0173689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173689>
- Gimnig, JE., Ombok, M., Bayoh, N., Mathias D., Ochomo E., Jany W. Walker, ED. 2020. Efficacy of extended release formulations of Natular™ (spinosad) against larvae and adults of *Anopheles* mosquitoes in western Kenya. *Malaria Journal*.19, 436. <https://doi.org/10.1186/s12936-020-03507-y>.
- Hertlein, MB., Mavrotas, C., Jousseau, C., Lysandrou, M., Thompson, GD., Jany, W., Ritchie, SA. 2010. A review of spinosad as a natural product for larval mosquito control. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 26(1), 67-87. <https://doi.org/10.2987/09-5936.1>.
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). En Sinaloa somos 3 026 943 habitantes: censo de oblación y vivienda 2020. Recuperado de: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/ResultCenso2020_Sin.pdf. (Consultado el 28 de agosto de 2024).
- Kularatne, SA., Dalugama, C. 2022. Dengue infection: Global importance, immunopathology and management. *Clinical. Medicine*. 22(1), 9-13. <https://doi.org/10.7861/clinmed.2021-0791>.
- Kuri-Morales, PA., Correa-Morales, F., González-Acosta, C., Moreno-García, M., Santos-Luna, R., Román-Perez, S., Salazar-Penagos, F., Lombera-González, M., Sánchez-Tejeda, G., Gonzales-Roldán, JF. 2018. Insecticide Susceptibility Status in Mexican populations of *Stegomyia aegypti* (= *Aedes aegypti*): a nationwide assessment. *Medical and Veterinary Entomology*, 32, 162-174. <https://doi.org/10.1111/mve.12281>.
- Mahyoub, JA., Algamdi, AG. Aljameeli, MM. 2023. Resistance development to bioinsecticides in *Aedes aegypti* (Culicidae: Diptera), the vector of dengue fever in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 30(9), 103776. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103776>.
- Marina, CF., Bond, JG., Casas, M., Muñoz, J., Orozco, A., Valle, J., Williams, T. 2011 Spinosad as an effective larvicide for control of *Aedes albopictus* and *Aedes aegypti*, vectors of dengue in southern Mexico. *Pest Management Science*. 67, 114–121. <https://doi.org/10.1002/ps.2043>.
- Marina, CF., Bond, JG., Muñoz, J., Valle, J., Chirino, N., Williams, T. 2012. Spinosad: a biorational mosquito larvicide for use in car tires in

southern Mexico. *Parasites & Vectors*. 5, 95. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-95>.

Marina, CF., Bond, JG., Muñoz, J., Valle, J., Novelo-Gutiérrez, R., Williams, T. 2014. Efficacy and non-target impact of spinosad, Bti and temephos larvicides for control of *Anopheles* spp. in an endemic malaria region of southern Mexico. *Parasites & Vectors*. 30, 7:55. <https://doi.org/10.1186/1756-3305-7-55>.

Ontiveros-Zapata, KA. 2021. Variación espacial de la resistencia kdr a insecticidas piretroides en *Aedes aegypti* (L.) en México. Tesis de doctorado. Universidad de Nuevo León. México. Facultad de Ciencias Biológicas. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/22226/1/1080315297.pdf> (Consultado el 28 de agosto de 2024).

Sánchez-Gutierrez, C., Santamaría, E., Morales, CA., Lesmes, MC., Cadena, H., Avila-Díaz, A., Fuya, P., Marceló-Díaz, C. 2023. Spatial patterns associated with the distribution of immature stages of *Aedes aegypti* in three dengue high-risk municipalities of Southwestern Colombia. *GigaByte*. 27:1-11. <https://doi.org/10.46471/gigabyte.95>.

Shono, T., Scott, JG. 2003. Spinosad resistance in the housefly, *Musca doméstica*, is due to a recessive factor on autosome 1. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 75(1), 1-7. [https://doi.org/10.1016/S0048-3575\(03\)00011-7](https://doi.org/10.1016/S0048-3575(03)00011-7).

Solis-Santoyo, F., Rodriguez, AD., Penilla-Navarro, RP., Sanchezm D., Castillo-Veram A., Lopez-Solis, AD., Vazquez-Lopez, ED., Lozano, S., Black, WC., Saavedra-Rodriguez, K. 2021. Insecticide resistance in *Aedes aegypti* from Tapachula, Mexico: Spatial variation and response to historical insecticide use. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 15(9), e0009746. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0009746>.

SSA. Secretaría de Salud. (2020). Programa de prevención y control de enfermedades transmitidas por vectores e intoxicación por veneno de artrópodos 2020-2024. México. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/706941/PAE_VEC_cF.pdf (Consultado el 25 de junio de 2024).

Tsheten, T., Clements, ACA., Gray, DJ., Adhikary, RK., Furuya-Kanamori, L., Wangdi, K. 2021. Clinical predictors of severe dengue: a systematic review and meta-analysis. *Infectious Diseases of Poverty*. 10, 123. <https://doi.org/10.1186/s40249-021-00908-2>

WHO. World Health Organization. 1981. Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. Recuperado de: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/69615>. (Consultado el 25 de junio de 2024).



Is the body size of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) a determinant in the epidemiological dynamics of dengue?: a perspective to be considered within vector control programs

¿Es el tamaño corporal de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) un determinante en la dinámica epidemiológica del dengue?: una perspectiva a considerar dentro de los programas de control de vectores

José I. Torres-Avedaño¹
 Orcid: [0000-0002-1600-7528](https://orcid.org/0000-0002-1600-7528)
jois.tova@uas.edu.mx

José M. Zazueta-Moreno¹
 Orcid: [0000-0001-9532-7695](https://orcid.org/0000-0001-9532-7695)
marcialzazueta@uas.edu.mx

Hipólito Castillo-Ureta¹
 Orcid: [0000-0002-8361-9735](https://orcid.org/0000-0002-8361-9735)
hipolito.cu@uas.edu.mx

Juan J. Ríos-Tostado¹
 Orcid: [0000-0002-5163-6194](https://orcid.org/0000-0002-5163-6194)
jjrios@uas.edu.mx

Vicente Olimón-Andalón¹
 Orcid: [0000-0001-9995-5680](https://orcid.org/0000-0001-9995-5680)
voauas@uas.edu.mx

Jairo S. Castillo-Morales¹
jairo_said.12@hotmail.com

Reyna L. López-Mendoza²
reynalpz@hotmail.com

Iliana Cota-Gerardo¹
ilianacota96@gmail.com

Julián A. García-Montes¹
juliangarcia@uas.edu.mx

José Ramos-Castañeda³
[0000-0003-3682-1938](https://orcid.org/0000-0003-3682-1938)
jramos@insp.mx

Cuauhtémoc Villarreal-Treviño⁴
 Orcid: [0000-0003-3859-2403](https://orcid.org/0000-0003-3859-2403)
cvilla@insp.mx

***Edith H. Torres-Montoya**¹
 Orcid: [0000-0003-4382-2111](https://orcid.org/0000-0003-4382-2111)
edy14@uas.edu.mx

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

² Dirección de Innovación, Sanidad e Inocuidad. Ave. Insurgentes, 80000#0. Culiacán, Culiacán Rosales, Sinaloa, México

³ Centro de Investigaciones Sobre Enfermedades Infecciosas, Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, Morelos, México

⁴ Centro Regional de Investigación en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública. Tapachula, Chiapas, México

*Autor de correspondencia

Recibido: 03 de junio de 2024

Aceptado: 26 de junio de 2024

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Is the body size of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) a determinant in the epidemiological dynamics of dengue?: a perspective to be considered within vector control programs

¿Es el tamaño corporal de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) un determinante en la dinámica epidemiológica del dengue?: una perspectiva a considerar dentro de los programas de control de vectores

José I. Torres-Avendaño, José M. Zazueta-Moreno, Hipólito Castillo-Ureta, Juan J. Rios-Tostado, Vicente Olimón-Andalón, Jairo S. Castillo-Morales, Reyna L. López-Mendoza, Iliana Cota-Gerardo, José Ramos-Castañeda, Cuauhtémoc Villarreal-Treviño y Edith H. Torres-Montoya.

ABSTRACT

It has been proposed that the high incidence of dengue is related to the increase in vector population density although this fact does not apply to all endemic areas. The body size of the adult mosquito is modulated by habitat conditions in immature stages and could affect epidemiological dynamics of dengue, since it has been suggested that size affects vectorial capacity, at least in laboratory conditions; field studies are scarce, and there is no scientific consensus on the relationship between body size and epidemiology of the disease. In this context, there is a possibility that a body size highly competent in dengue virus transmission may emerge in epidemic periods. For this reason, the study of the temporal fluctuation of the vector would help determine the viral size-transmission relationship, and integrated control methods could be implemented on this basis to establish body sizes with a low probability of transmission, mainly during periods of high epidemiological incidence. Factors related to the behavior and life history of *Aedes aegypti* are discussed, as well as the importance of temporal monitoring of adult mosquito body size in endemic areas.

Key words: *Aedes aegypti*, vector capability, epidemiological dynamics-dengue, vector control.

RESUMEN

Se ha propuesto que la alta incidencia de dengue está relacionada con el aumento en la densidad de la población del vector, aunque este hecho no se aplica a todas las áreas endémicas. El tamaño corporal del mosquito adulto está modulado por las condiciones del hábitat en las etapas inmaduras y podría afectar la dinámica epidemiológica del dengue, ya que se ha sugerido que el tamaño influye en la capacidad vectorial, al menos en condiciones de laboratorio; los estudios de campo son escasos y no hay consenso científico sobre la relación entre el tamaño corporal y la epidemiología de la enfermedad. En este contexto, existe la posibilidad de que durante los períodos epidémicos surja un tamaño corporal altamente competente en la transmisión del virus del dengue. Por esta razón, el estudio de la fluctuación temporal del vector ayudaría a determinar la relación entre el tamaño y la transmisión, y se podrían implementar métodos de control integrados con base en esto para establecer tamaños corporales con baja probabilidad de transmisión, principalmente durante períodos de alta incidencia epidemiológica. Se discuten factores relacionados con el comportamiento y la historia de vida de *Aedes aegypti*, así como la importancia del monitoreo temporal del tamaño corporal del mosquito adulto en áreas endémicas.

Keywords: *Aedes aegypti*, capacidad vectorial, dinámica epidemiológica, dengue, control vectorial.

Introducción

Dengue is a public health concern in tropical and subtropical regions of the world which is estimated to affect about 390 million people each year (Bhatt et al., 2013). The etiologic agent is dengue virus (DENV), a flavivirus belonging to the Flaviviridae family transmitted to humans mainly by hematophagous females of *Aedes aegypti* Linnaeus, 1762. Since DENV transmission is mediated by mosquitoes, changes in vector populations will necessarily be reflected in the epidemiological dynamics of the disease (Morin et al., 2013).

In dengue endemic regions, the incidence of the disease has a consistent annual pattern with clearly marked temporal increases that could be explained by the increase in mosquito density (Morin et al., 2013). However, an increase in mosquito population is not a determinant of infection risk in all regions where dengue is a public health issue (Estallo et al., 2020). In this context, it has been generalized that vector abundance is positively correlated with the amount of rainfall (Morin et al., 2013); regardless, this relationship does not explain the epidemiological configuration in different endemic areas such as Hong Kong (Yuan et al., 2020).

Some authors have cataloged the interaction between environment and dengue cases as complex (Sharmin et al., 2015; Zhu et al., 2016).

From a morphometric point of view, it has been contemplated that the body size of the adult mosquito could modulate the transmission of DENV, mediated by environmental (e.g., temperature and humidity) and competitive (intraspecific or interspecific) factors from larval habitats (Sumanochitrapon et al., 1998; Alto et al., 2008; Kanget al., 2017; Jeffrey-Gutiérrez et al., 2020), which could vary in time and space.

According to the competition-longevity hypothesis, greater competition among larvae reduces the size of adults, and larger longer-lived *Ae. aegypti* females from low competition environments have increased probability of disseminated infection and viral transmission (Juliano et al., 2014). In contrast, the competition-susceptibility hypothesis indicates that physiological processes are more important than longevity, and competition among larvae results in smaller adults, and smaller adults are more susceptible to dengue infection (i.e., have greater vector competence) (Alto et al., 2008; Juliano et al., 2014).

It is important to implement vector surveillance measures focused on the body size of the adult mosquito to determine its relationship with the epidemiological dynamics of dengue and the highly competent thresholds of

susceptibility and viral transmission and, based on this, mitigate control measures aimed at establishing sizes of *Ae. aegypti* with low or no risk of transmission of the etiologic agent.

Larval competition and its relation to adult emergence

Larval competition is mediated by one species (intraspecific) or by different species (interspecific) living in the same habitat. These interactions are dependent on immature density and nutrient availability and describe the development and growth up to the adult stage (Clements, 1992). Pupation usually takes place under a minimum size mediated by nutrient reserves in the larval stage, reserves which are a biological indicator of nutritional conditions (Clements, 2000).

The mass and body size of the adult are largely determined by the mass of the pupae, which, in turn, are dependent on the ability to acquire and conserve nutrients in the larval stage (Clark et al., 2004). Therefore, factors that cause energy expenditure or reduce nutrient assimilation in larval hatcheries will necessarily be reflected in the biological indicators mentioned above (Clark et al., 2004) (Fig. 1A, B, C). The results of competition in *Ae. aegypti* are well established and greater competition generally has a positive correlation with developmental time and a negative association with larval survival and pupal and adult body size (Braks et al., 2004; Alto et al., 2015). Other measures such as

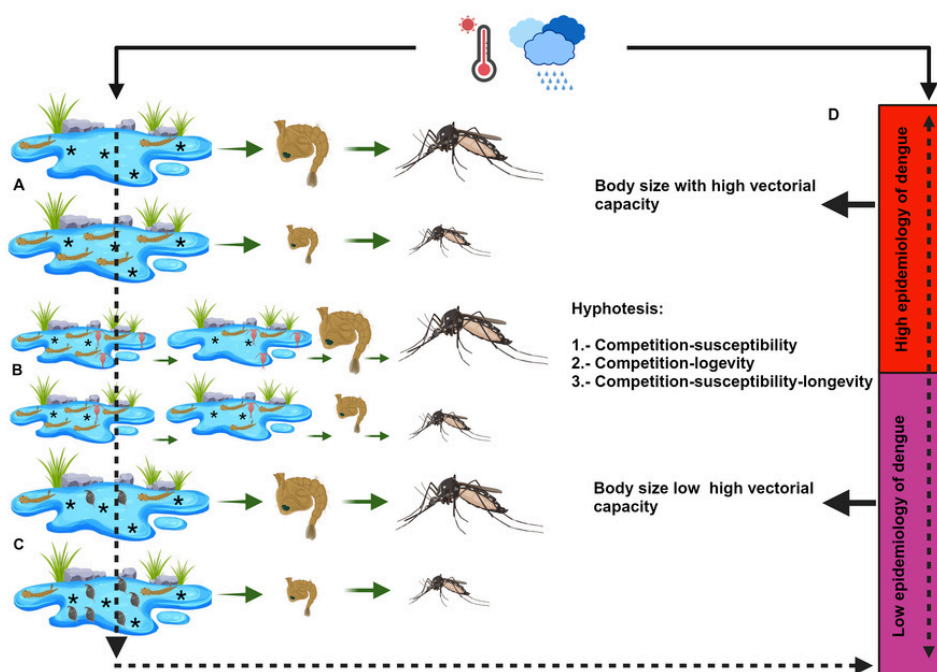


Figure 1. Diagram that indicates the relationship between larval habitats and the development and growth towards the adult of *Aedes aegypti*, as well as its possible relationship with the epidemiological dynamics of dengue in periods of low and high incidence of the disease. A, Intraspecific competition. B, Depredation. C, Interspecific competition. D, Epidemiological fluctuation of dengue.

larval body length and pupal cephalothorax length have been proposed as efficient indicators of nutritional competition (Gunathilaka et al., 2019).

It has been observed that larval competition has a relationship with sex ratio and adult emergence time of *Ae. aegypti*. Different studies indicate that under interspecific competition males develop faster than females (Chandrasegaran et al., 2018). In mosquitoes, females, are larger in their adult stage than males, and have longer emergence times (Chandrasegaran et al., 2018). Likewise, as they spend more time interacting in their habitats, they are exposed to environmental conditions for a longer period of time, causing

a higher larval mortality rate compared to males; however, the amount of nutrients available in the natural environment could compensate for the development and emergence time of females, thus balancing the sex ratio in the environment (Gunathilaka et al., 2019).

It has been reported that increased intraspecific competition of *Ae. aegypti* and interspecific competition with *Ae. albopictus* Skuse 1895 and *Culex quinquefasciatus* Say, 1823 increase traits such intraspecific competitions; however, contradictory results have been observed regarding the competitive dominance of the species (Alto y Bettinardi, 2015). These differences could

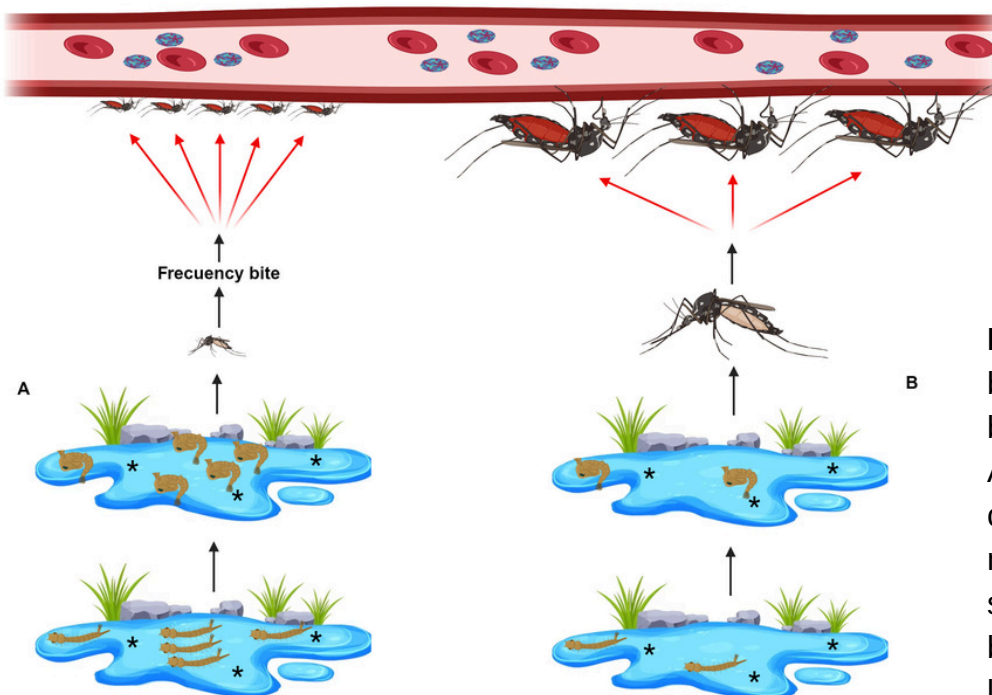


Figure 2. Relationship between body size and bite rate of *Aedes aegypti*. A, With increased larval competition, the emerging mosquito tends to be smaller and has a higher biting rate compared to larger mosquitoes (B).

be due to the availability and type of food (Braks et al., 2004; Gunathilaka et al., 2019), size of the container (Parker et al., 2019), or temperature (Jeffrey-Gutiérrez et al., 2020), which vary in certain space and time in natural environments. That is, asymmetric competition between two species could change to symmetric in specific periods mediated by biotic or abiotic factors and competitive measurements will only change in intensity (i.e., small or large adults under certain conditions).

Therefore, it is predictable to assume a n larval habitats, another biotic factor that could mediate larval density and the competition thereof is predation (Fig. 1B).

In larval habitats, another biotic factor that could mediate larval density and the competition thereof is predation (Fig. 1B). For example, the larviphage *Mesocyclops aspericornis* Daday, 1906 significantly affects larval mortality, development time, and pupal body weight of *Ae. aegypti*, with variations depending on initial larval density, nutrient supply, and temperature (Tuno et al., 2020).

For example, the larviphage *Mesocyclops aspericornis* Daday, 1906 significantly affects larval mortality, development time, and pupal body weight of *Ae. aegypti*, with variations depending on initial larval density, nutrient supply, and temperature (Tuno et al., 2020).

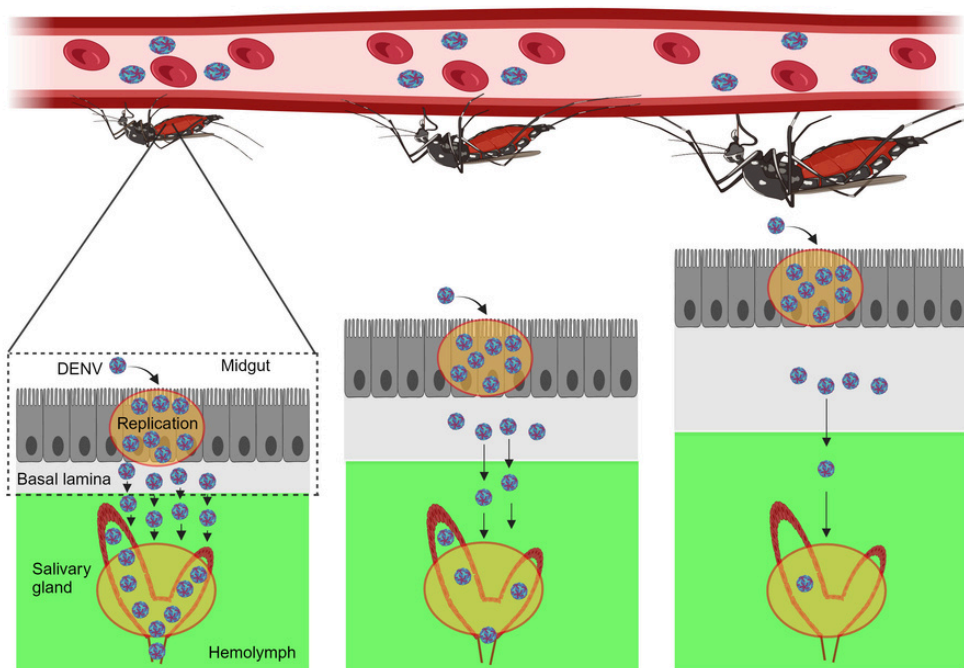


Figure 3. Hypothetical relationship between the size, basal lamina and vectorial capacity of the dengue virus in *Aedes aegypti*. The vectorial capacity decreases with respect to the increase in the size of the mosquito, which is correlated with the thickness of the basal lamina.

In terms of interspecific competition between *Ae. aegypti* and other species (not Culicidae) that coexist in water-filled containers, this is still uncertain; however, references in literature indicate that aquatic invertebrates such as ostracods and cladocerans compete for nutrients with *Ae. camptorhynchus* Thomson, 1869 and *Cx. pipiens* Linnaeus, 1758 (Stav et al., 2005; Rowbottom et al., 2015).

Therefore, it is predictable to assume a similar result between *Ae. aegypti* and macroinvertebrates associated with their larval habitats (Fig. 1C). Biodiversity and density of macroinvertebrate species (predators or competitors) could fluctuate differently throughout the year and geographic regions (Fierro et al., 2015), consequently heterogeneously impacting the competitive rates of *Ae. aegypti* (Fig. 1D); however, data to clearly answer these gaps are still lacking. In this context and in the absence of competition studies in regions where *Ae. aegypti* is established, it is important to ask which species coexist with *Ae. aegypti*, and what their relationship with the population dynamics of the species is?

In field studies, larval conditions can serve as a useful indicator of the nutritional structure of mosquito populations, as mentioned above, with the adult body size index playing a key role in this estimation, given that the effects of larval competition until adult emergence are well documented (Braks et al., 2004). In this context, measurements have focused on two

main factors: adult and pupal mass, and wing length, with the latter being the most frequently used measurement in fieldwork (Juliano et al., 2014; Nasci, 1982).

Relationship of larval competition to Aedes aegypti adult behavior and life history

Body size of *Ae. aegypti* has been a robust negatively correlated indicator of competition among larval (Blackmore y Lord, 2000; Muturi et al., 2011). The estimation of this biological parameter has been studied under controlled conditions with field-collected and laboratory-reared strains and has been related to their behavior and life history, which are translated at the population level as fecundity, longevity, egg hatching, and biting rate (Blackmore y Lord, 2000; Alto et al., 2005; Juliano, 2009; Reiskind y Lounibos, 2009; Walsh et al., 2011; Qualls y Mullen, 2006; Braks et al., 2004; Alto y Juliano, 2001; Maciel-de-Freitas et al., 2007; Styer et al., 2007). In this context, it has been determined that females emerged from larvae under stressful conditions have a negative impact on blood intake, fecundity, and egg hatching rate (Alto et al., 2005; Juliano, 2009; Reiskind y Lounibos, 2009; Walsh et al., 2011; Qualls y Mullen, 2006), but their biting frequency increases (Lambrechts et al., 2011) (Fig. 2).

Because fecundity is determined as a function of the amount of blood ingested (Briegel, 1990; Xue et al., 1995), it is to be expected that smaller mosquitoes compensate for this biological function with an increased biting rate (Lambrechts et al., 2011). Regarding the longevity of *Ae. aegypti* adults, studies generally report that large adults emerging from favorable larval conditions have higher survival compared to adults emerging from stressful crowding (Reiskind y Lounibos, 2009; Alto et al., 2005) and this has been related to the biochemical composition of nutrients stored in the adult mosquito (e.g., glycogen, lipids, and proteins) (Alto et al., 2005). In disagreement, Joy et al. (2010) observed a negative association between body size and longevity.

The work done by Nasci (1986) informs us that in natural environments, large *Ae. aegypti* females may have a higher survival rate than smaller ones, and Juliano et al. (2014) observed in in vitro conditions that maximum longevity is established at a threshold of approximately 2.7 mm (wing length). However, nutrient composition and consequently longevity between different adult body sizes (small or large) could be compensated by food availability (sugar or blood intake) (Van-Handel, 1965). That is, in the absence of nutrients, smaller mosquitoes feed more frequently while larger mosquitoes feed less frequently because they have greater energy reserves (Nasci, 1986; Clements, 1999).

However, size thresholds that could be compensated for in longevity by the availability of food sources are unknown.

The behavior and life history of the adult mosquito are related to abiotic factors such as temperature and humidity, and possibly these conditions influence population dynamics. For example, it has been emphasized that *Ae. aegypti* oviposit higher numbers of eggs when exposed to 26°C, as opposed to >30°C (Blackmore y Lord, 2000). In extreme temperatures of 10°C and 35°C the movement of females is affected (Carrington et al., 2013), and this could have a direct impact on the behavior of this vector, such as the frequency of biting. Likewise, it has been reported that the longevity of *Ae. aegypti* adults, emerged from intraspecific and interspecific overcrowding with *Ae. albopictus*, is higher at 44% humidity compared to 77% (Alto et al., 2005). In addition, temperatures above 30°C increase the survival of adult mosquitoes (Blackmore y Lord, 2000).

Body size of Aedes aegypti and its relationship with DENV transmission capacity

Vector competence (VC) is the ability of a mosquito to acquire a pathogen by ingesting previously infected blood,

develop infection and dissemination in secondary tissues, and infect a target host during subsequent contact (Christophers, 1960). The spread of DENV to the salivary glands is necessary for the mosquito to transmit the virus during the next blood feeding (Watts et al., 1987).

Body size of *Ae. aegypti* has been hypothesized to be indicative of DENV infection with conflicting results (Alto et al., 2008; Schneider et al., 2004; Lambrechts et al., 2006). Dissemination of DENV-2 in the adult mosquito has been observed to increase with smaller size, in the range of 2.0-3.8 mm [wing length (Alto et al., 2008)], while Kang et al. (2009) indicate that large mosquitoes emerging from optimal larval crowds are more proficient in disseminating DENV-2. However, the comparison between the two studies hardly reaches a consensus due to the methodological heterogeneity, such as mosquito strain, time of exposure to the virus, and temperature, which are important variants in the viral infection of *Ae. aegypti* (Lambrechts et al., 2006).

The complexity in determining the biological processes involved in adult mosquito susceptibility to infection and transmission of DENV has led to the proposal of different hypotheses such as competition-longevity, which indicates that susceptibility to infection and eventual transmission is determined primarily by adult survival, and physiological

processes become secondary (Alto et al., 2008; Juliano et al., 2014).

Studies using viral detections directly from field-collected adult mosquitoes [Brazil (Juliano et al., 2014)] and in vitro infections of adults emerging from larvae collected at different sites in Thailand reinforce the hypothesis that the frequency of DENV infection increases prospectively with the size of the *Ae. aegypti* female (Sumanochitrapon et al., 1998). However, transmission capacity may be compromised mainly with longevity, which seems to have a maximum value at an intermediate size (2.7 mm), according to the study by Juliano et al. (2014).

The thickness of the basal lamina in the midgut has a positive relationship with mosquito size and this characteristic has been related to LaCrosse virus (LACV) infection in *Ae. triseriatus* (Grimstad y Walker, 1991). The basal lamina is a barrier that can prevent the escape of the virus into the hemolymph and its dissemination in different tissues, including the salivary glands; therefore, the lesser the thickness, the greater the probability of infection, dissemination, and eventual viral transmission (Grimstad y Walker, 1991). Although these processes in the *Ae. aegypti*-DENV interaction are not clear, it is possible that they explain

variations in susceptibility to infection at different body sizes (Fig. 3).

An approach to DENV transmission responses is likely to be found in work on temporal fluctuations of *Ae. aegypti* and dengue epidemiology. It has generally been proposed that mosquito density increases the risk of viral transmission (Scott et al., 2000); however, different studies have not related vector variables to DENV transmission in the human population (Gubler, 1998; Lambrechts et al., 2011). Although the answers to these controversies are still difficult to elucidate, it is likely that, during periods of high dengue incidence which have a homogeneous pattern in different endemic areas (Kyle y Harris, 2008), mosquitoes with highly competent body sizes are involved in viral transmission, mediated by biotic and abiotic factors in a time and space in dengue endemic areas (Fig. 1D).

These mosquitoes may not necessarily have highly long-lived or susceptible body sizes, but rather body sizes that are sufficiently susceptible to viral infection and spread, as well as sufficiently long-lived for DENV transmission (competence-susceptibility-longevity).

In the absence of concise evidence and a consensus by the scientific community in determining the processes related to the epidemiological fluctuation of dengue

in endemic areas, it is important to monitor the fluctuation of adult sizes and their relationship with DENV transmission, in order to establish body sizes highly competent in viral transmission and establish vector control measures focused on determining body size thresholds with low probability of infection. A rigorous evaluation of this proposal is important to develop evidence-based dengue control strategies.

Acknowledgments

We extend our sincere gratitude to Steven Juliano for his valuable feedback and review of the manuscript.

References

- Bhatt, SP., Gething, W., Brady, OJ., Messina, JP., Farlow, AW., Moyes, CL, Drake JM, Brownstein JS, Hoen AG, Sankoh O, Myers MF, George DB, Jaenisch T, Wint GR, Simmons CP, Scott TW, Farrar JJ, Hay SI. 2013. The global distribution and burden of dengue. *Nature*. 496(7446), 504–507. <https://doi.org/10.1038/nature12060>
- Morin, CW., Comrie, AC., Kacey, E. 2013. Climate and Dengue Transmission: Evidence and Implications. *Environmental Health Perspectives*. 121(11-12), 1264–1272. <https://doi.org/10.1289/ehp.1306556>
- Estallo, EL., Sippy, R., Stewart-Ibarra, AM., Grech, Mg., Benitez, EM., Ludueña-Almeida, FF., Ainete, M., Frias-Céspedes, M., Robert, M., Romero, MM., Almirón, WR. 2020. A decade of arbovirus

- emergence in the temperate southern cone of South America: dengue, *Aedes aegypti* and climate dynamics in Córdoba, Argentina. *Heliyon*. 6(9), e04858. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04858>
- Yuan, HY., Liang, J., Lin, PS., Sucipto, K., Mengesha-Tsegaye, M., Wen, TH., Pfeiffer, S., Pfeiffer, D. 2020. The effects of seasonal climate variability on dengue annual incidence in Hong Kong: A modelling study. *Scientific Reports*. 10(1):4297. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60309-7>
- Sharmin, S., Glass, K., Viennet, E., Harley, D. 2015. Interaction of Mean Temperature and Daily Fluctuation Influences Dengue Incidence in Dhaka, Bangladesh. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 9(7), e0003901
- Zhu, G., Liu, J., Tan, Q., Shi, B. 2016. Inferring the Spatio-temporal Patterns of Dengue Transmission from Surveillance Data in Guangzhou, China. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 10(4), e0004633. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004633>
- Sumanochitraon, W., Strickman, D., Sithiprasasna, R., Kittatapong, P., Innis, BL. 1998. Effect of size and geographic origin of *Aedes aegypti* on oral infection with dengue-2 virus. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. 58(3), 283-286. <https://doi.org/10.4269/ajtmh.1998.58.283>
- Alto, BW., Lounibos, LP., Mores, CN., Reiskind, MH. 2008. Larval competition alters susceptibility of adult *Aedes* mosquitoes to dengue infection. *Proceedings Biological Sciences*. 275(1633), 463-471. <https://doi.org/10.1098/rspb.2007.1497>
- Kang, DS., Alcalay, Y., Lovin, DD., Cunningham, JM., Eng, MW., Chadee, DD., Severson, DW. 2017. Larval stress alters dengue virus susceptibility in *Aedes aegypti* (L.) adult females. *Acta Tropical*. 174, 97-101. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2017.06018>
- Jeffrey-Gutiérrez, EH., Walker, KR., Ernst, KC., Davidowitz, G. 2020. Size as a Proxy for Survival in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Mosquitoes. *Journal of Medical Entomology*. 57(4), 1228-1238. <https://doi.org/10.1093/jme/tjaa055>
- Juliano, SA., Ribeiro, GS., Maciel-de-Freitas, R., Codeco, C., Loure-Codeço, C., Lourenço-de-Oliveira, R., Lounibos, LP. 2014. She's a femme fatale: low-density larval development produces good disease vectors. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 109(8), 1070-1077. <https://doi.org/10.1590/0074-02760140455>
- Clements, AN. 1992. *The Biology of Mosquitoes, Volume I. Development, Nutrition and Reproduction*, Chapman and Hall, London.
- Clements, AN. 2000. *The Biology of Mosquitoes, Volume I. Development, Nutrition and Reproduction. Second Edition*, CABI Publishing, Oxford.
- Clark, TM., Flis, BJ., Remold, SK. 2004. Differences in the effects of salinity on larval growth and developmental programmes of a freshwater and euryhaline mosquito species (Insecta: Diptera, Culicidae). *Journal of Experimental Biology*. 2004;207:2289-2295. <https://doi.org/10.1242/jeb.01018>
- Braks, MAH., Honório, NA., Lounibos, LP., Lourenço-de-Oliveira, R., Juliano, SA. 2004. Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*. 97(1), 130-139. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0130:ICBTIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0130:ICBTIS]2.0.CO;2)
- Experimental Biology. 2004; 207:2289-2295. <https://doi.org/10.1242/jeb.01018>
- Braks, MAH., Honório, NA., Lounibos, LP., Lourenço-de-Oliveira, R., Juliano, SA. 2004. Interspecific competition between two invasive species of container mosquitoes, *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae), in Brazil. *Annals of the Entomological Society of America*. 97(1), 130-139. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2004\)097\[0130:ICBTIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2004)097[0130:ICBTIS]2.0.CO;2)

- Alto, BW., Bettinardi, DJ. 2015. Ortiz S. Interspecific larval competition differentially impacts adult survival in dengue vectors. *Journal of Medical Entomology*. 52, 163–170. <https://doi.org/10.1093/jme/tju062>
- Gunathilaka, N., Upulika, H., Udayanga, L., Amarasinghe, D. 2019. Effect of Larval Nutritional Regimes on Morphometry and Vectorial Capacity of *Aedes aegypti* for Dengue Transmission. *BioMed Research International*. 3607342. <https://doi.org/10.1155/2019/3607342>
- Chandrasegaran, K., Kandregula, SR., Quader, S., Juliano, SA. 2018. Context-dependent interactive effects of non-lethal predation on larvae impact adult longevity and body composition. *PLoS ONE*. 13(2), e0192104. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0192104>
- Parker, AT., Gardner, AM., Perez, M., Allan, BF., Muturi, EJ. 2019. Container Size Alters the Outcome of Interspecific Competition Between *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) and *Aedes albopictus*. *Journal of Medical Entomology*. 56(3), 708–715.
- Tuno, N., Phong, TV., Takagi, M. 2020. Climate Change May Restrict the Predation Efficiency of *Mesocyclops aspericornis* (Copepoda: Cyclopidae) on *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) Larvae. *Insects*. 11(5), 307. <https://doi.org/10.1093/jme/tjy215>
- Stav, G., Leon, B., Margalit, Y. 2005. Individual and interactive effects of a predator and controphic species on mosquito populations. *Ecological Applications*. 15(2), 587–598. <https://doi.org/10.1890/03-5191>
- Rowbottom, R., Carver, S., Barmuta, LA., Weinstein, P., Foo, D., Allen, GR. 2015. Resource Limitation, Controphic Ostracod Density and Larval Mosquito Development. *PLOS ONE*. 10(11), e0142472. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142472>
- Fierro, P., Bertrán, C., Mercado, M., Peña-Cortés E., Hauenstein, E, Caputo, L., Vargas-Chacoff, L. 2015. Landscape composition as a determinant of diversity and functional feeding groups of aquatic macroinvertebrates in southern rivers of the Araucanía, Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 43(1), 186–200. <https://doi.org/10.3856/vol43-issue1-fulltex-16>
- Nasci, RS. 1982. The size of emerging and host-seeking *Aedes aegypti* and the relation of size to blood-feeding success in the field. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 2(1), 61–62.
- Steinwascher, K. 1984. Egg size variation in *Aedes aegypti*: Relationship to body size and other variables. *American Midland Naturalist*. 112(1), 76–84. <https://doi.org/10.2307/2425459>
- Nasci, RS. 1991. Influence of larval and adult nutrition on biting persistence in *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Medical Entomology*. 28(2), 522–526. <https://doi.org/10.1093/jmedent/28.4.522>
- Scott, TW., Amerasinghe, PH., Morrison, AC., Clark, GG., Strickma, D., Kittatapong, P., Zhou, H, Edman, JD. 2000. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: blood feeding frequency. *Journal of Medical Entomology*. 37(1):77–88. <https://doi.org/10.1603/0022-2585-37.1.77>
- Joy, TK., Arik, AJ., Corby-Harris, V., Johnson, AA., Riehle, MA. 2010. The impact of larval and adult dietary restriction on lifespan, reproduction and growth in the mosquito *Aedes aegypti*. *Experimental Gerontology*. 45(9):685–690. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2010.04.009>
- Tsunoda, T., Fukuchi, A., Nanbara, S., Takagi, M. 2010. Effect of body size and sugar meals on oviposition of the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Journal of Vector Ecology*. 35(1), 56–60. <https://doi.org/10.1111/j.1948-7134.2010.00058.x>
- Naksathit, AT, Scott, TW. 1998. Effect of female size on fecundity and survivorship of female *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) fed only human blood versus human blood plus sugar. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 14(2):148 –152.

- Briegel, H. 1985. Mosquito reproduction: incomplete utilization of the blood meal protein for oogenesis. *Journal of Insect Physiology*. 31(1), 15-21. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(85\)90036-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(85)90036-8)
- Briegel, H. 1990. Metabolic relationship between female body size, reserves and fecundity of *Aedes aegypti*. *Journal of Insect Physiology*. 36(3), 165-172.
- Noden, BH., O'Neal, PA., Fader, JE., Juliano, SA. 2016. Impact of inter- and intra-specific competition among larvae on larval, adult, and life-table traits of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* females. *Ecological Entomology*. 41(2), 192-200. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(90\)90118-Y](https://doi.org/10.1016/0022-1910(90)90118-Y)
- Chambers, GM., Klowden, MJ. 1990. Correlation of nutritional reserves with critical weight for pupation in larval *Aedes aegypti* mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 6(3), 145-149.
- Rowley, WA., Graham, CL. 1968. The effect of temperature and relative humidity on the flight performance of female *Aedes aegypti*. *Journal of Insect Physiology*. 14(9):1251–1257. [https://doi.org/10.1016/0022-1910\(68\)90018-8](https://doi.org/10.1016/0022-1910(68)90018-8)
- Chan, M., Johansson, MA. 2012. The incubation periods of dengue viruses. *PLoS ONE*. 7(11), e50972. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0050972>
- Souza-Neto, JA., Powell, JR., Bonizzoni, M. 2019. *Aedes aegypti* vector competence studies: a review. *Infection, Genetics and Evolution*. 67, 191-209. <https://doi.org/10.1016/j.meegid.2018.11.009>
- Grimstad, PR., Walker, ED. 1991. *Aedes triseriatus* (Diptera: Culicidae) and La Crosse virus. IV. Nutritional deprivation of larvae affects the adult barriers to infection and transmission. *Journal of Medical Entomology*. 28(3), 378-386. <https://doi.org/10.1093/jmedent/28.3.378>
- Fustecn, B., Phanitchat, T., Hoq, MI., Aromseree, S., Pientong, C., Thaewngiew, K., Ekalaksananan, T., Bangs, MJ., Corbel, V., Alexander, N., Overgaard, HJ. 2024. Complex relationships between *Aedes* vectors, socio-economics and dengue transmission—Lessons learned from a case-control study in northeastern Thailand. *PLoS Neglected Tropical Diseases*. 14(10), e0008703. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0008703>
- Pérez-Contreras, I., Alvarado-Bravo, KM., Barragán-González, A., Velasco-Pérez, DA. 2019. Climate Variability and Its Impact on the Incidence by Dengue in Six Endemic States of the Mexican Republic. *Journal of Infectious and Diseases and Epidemiology*. 5(6): 097. <https://doi.org/10.23937/2474-3658/1510097>



Impacto del eclipse solar total del 08 de abril de 2024 en las estructuras reproductivas de *Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb. en Arroyo Grande Sinaloa, México

Impact of the total solar eclipse of April 8, 2024 on the reproductive structures of *Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb. in Arroyo Grande Sinaloa, Mexico

Bladimir Salomón-Montijo¹



Orcid: 000-0002-5053-9691



vladimir.salomon@uas.edu.mx

***José Saturnino-Díaz**¹



Orcid: 0000-0001-9633-6681



jdiaz@uas.edu.mx

César Enrique Romero-Higareda¹



Orcid: 0000-0002-2749-7363



cesar_romero_47@uas.edu.mx

José Armando Bernal-Osuna²



Orcid: 0009-0002-9540-8270



armando_bernal123@hotmail.com

Jesús Sebastian Escobar-Gastelúm²



Orcid: 0009-0003-1537-0362



sebastianeg198@gmail.com

¹Laboratorio de Conservación de Fauna Silvestre, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

² Posgrado en Ciencias Biológicas, Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

Recibido: 06 de junio de 2024

Aceptado: 19 de junio de 2024

*Autor de correspondencia

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Impacto del eclipse solar total del 08 de abril de 2024 en las estructuras reproductivas de *Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb. en Arroyo Grande Sinaloa, México.

Impact of the total solar eclipse of April 8, 2024 on the reproductive structures of *Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb. in Arroyo Grande Sinaloa, México.

Bladimir Salomón-Montijo, José Saturnino-Díaz, César Enrique Romero-Higareda, José Armando Bernal-Osuna y Jesús Sebastian Escobar-Gastelúm.

Resumen

Los eclipses son fenómenos astronómicos de gran interés desde que se tiene registro por las primeras civilizaciones. Muchas de ellas, con grandes conocimientos en astronomía, los identificaron y estudiaron. Estos fenómenos siempre han estado rodeados de mitos sobre sucesos que involucran a los humanos, flora o fauna. En el presente estudio se dio seguimiento a 780 estructuras reproductivas (botones, flores y frutos) de la pitaya roja (*Stenocereus martinezii*) un día antes, cinco y diez días después del eclipse total de sol, para evaluar el posible impacto en el aborto de dichas estructuras. El seguimiento de su desarrollo arrojó un 87% de sobrevivencia de estructuras en su conjunto y el análisis estadístico demostró que no existen diferencias significativas en cuanto a la afectación entre plantas, demostrando que los eclipses, al menos para esta especie, no tienen impacto en la caída de botones, flores o frutos.

Palabras clave: pitaya, aborto, eclipse

Abstract

Eclipses are astronomical phenomena of great interest since records were made by ancient civilizations. Many of them with a great amount of astronomical knowledge identified and studied them. These phenomena have always been surrounded by myths regarding events involving people, flora and fauna. The present study followed 780 reproductive structures (buttons, flowers and fruits) of the res pitaya (*Stenocereus martinezii*), one day before, and five and ten days after the sun eclipse to evaluate the potential abortion impact in such structures. The monitoring of the reproductive structures showed an 87% of survival as a whole and the statistical analysis showed no-statistical differences in the impact of reproductive structures among samples, proving that at least for this species, eclipses do not influence button, flower or fruit abortion.

Keywords: Pitaya, abortion, eclipse.

Los eclipses solares son fenómenos astronómicos provocados por la alineación del sol, la luna y la tierra. Esta alineación, desde el punto de vista de la tierra, provoca un ocultamiento del sol por parte de la luna, disminuyendo la luz solar sobre una porción de la superficie de la tierra en un determinado periodo de tiempo (Wild, 2017). Son acontecimientos que despiertan un gran interés entre la comunidad científica y público en general (Rickart, 2020).

Desde la antigüedad, diferentes culturas han tenido interés en el estudio de estos fenómenos, siendo la griega una de las más avanzadas en conocimientos astronómicos (Casazza y Gangui, 2012), así como la maya en tiempos más contemporáneos (Najera-Coronado, 1995), estos últimos relacionaban a los eclipses junto con la observación de Venus en los ciclos agrícolas (Milbrath, 2016).

En la actualidad, existen numerosas investigaciones ligados a los eclipses solares, principalmente sobre el comportamiento de animales durante el fenómeno, en los que éstos responden como lo harían normalmente a la llegada del crepúsculo, con una actividad decreciente para las especies diurnas y aumentando la actividad en aquellas especies de hábitos crepusculares o nocturnas (Dubrovsky y Tytar, 2015, Brinley-Buckley et al., 2018).

En el caso de los humanos, existen creencias arraigadas en diferentes culturas, por ejemplo, en comunidades del centro de México se cree

que las mujeres embarazadas corren el peligro de tener malformaciones en el feto al exponerse directamente a los eclipses solares (Castro, 1995). En el caso de plantas, de manera coloquial se hace mención en las comunidades rurales que estas son impactadas negativamente en sus estructuras reproductivas, haciéndolas abortar antes de la maduración del fruto o bien frutos maduros tienden a pudrirse.

Es por ello, que en el presente estudio se realizó un seguimiento de estructuras reproductivas de la pitaya roja (*Stenocereus martinezii* (J. G. Ortega) Buxb.), en una población silvestre, con la finalidad de corroborar o descartar la creencia anteriormente mencionada, en una especie de importancia económica, ya que sus frutos son recolectados para autoconsumo y venta.



Imagen 1. Aspecto morfológico y estructuras reproductivas de la pitaya *Stenocereus martinezii*.

Materiales y métodos

Especie de estudio

La pitaya roja (*Stenocereus martinezii*), es una cactácea candelabriforme de 3-5 m de alto; tronco bien definido, entre 1.0-1.5 m de largo y 25-30 cm de diámetro; ramas erectas, escasas, a veces volviéndose a ramificar, casi todas de la misma longitud, verdes oscuras; costillas de 10-12; flores en la región sub apical o lateral, nocturnas, abiertas hasta la mañana, de 5-7 cm de largo; fruto globoso a ovoide, dehiscente en la madurez, de 3.0-4.5 cm de diámetro, cubierto por areolas con tricomas blanco-amarillentos y numerosas espinas rígidas, pulpa roja, dulce; semillas ovoides, negras, opacas (Arreola-Nava y Terrazas, 2003). Su distribución se encuentra restringida al estado de Sinaloa, principalmente en el centro y sur (Pío-León et al. 2023). donde crece sobre pequeños desniveles formando densas poblaciones. Actualmente se encuentra protegida las leyes ambientales mexicanas bajo el estatus de riesgo, como sujeta a protección especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2019).

Área de Estudio

La comunidad de Arroyo Grande, se ubica en el municipio de Culiacán, Sinaloa en las coordenadas (Lat. N 24°48' 19.9", Long. W 107° 03' 49.1") y una altitud de 160 msnm, se localiza a la orilla de la presa Sanalona por la carretera que une la ciudad de Culiacán con el municipio de Tamazula, Durango en el kilómetro 37.

Registra una precipitación anual de 880.7 mm y temperatura media de 24.9 °C. Según la clasificación de FAO-UNESCO (INEGI, 2016), predominan suelos del tipo Solonchak y, en menor grado, Litosoles en los que se desarrolla el bosque tropical caducifolio (Rzedowski, 1978) con un alto grado de perturbación producto de la actividad agrícola de temporal, principalmente para el cultivo de pastos para el ganado y maíz; entre las especies más relevantes se encuentran algunas formas leñosas como *Lysiloma divaricatum* (Jacq.) J. F. Macbr., *Ipomoea arborescens* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) G. Don, *Guazuma ulmifolia* Lam., *Haematoxylum brasiletto* H. Karst., *Maclura tinctoria* (L.) D. Don ex G. Don, además de algunos arbustos comunes como *Mimosa polyantha* Benth., *Vachellia farnesiana* (L.) Wight & Arn., *Tabernaemontana tomentosa* (Greenm.) A. O. Simões & M. E. Endress, *Randia echinocarpa* Moc. & Sessé ex DC. y *Bromelia pinguin* L.

Marcaje y conteo de estructuras reproductivas

El muestreo se realizó antes (07 de abril) y después los días (12 y 17 de abril) del eclipse solar total del 08 de abril de 2024, durante el periodo reproductivo de la especie de estudio.

Se seleccionaron al azar 40 plantas reproductivas con apariencia sana, las

cuales fueron georreferenciadas y marcadas con etiquetas de aluminio para facilitar su relocalización. De cada individuo marcado se seleccionaron dos brazos (uno al norte y otro al sur) cuando estaban muy ramificados y solo uno cuando tenían menos de cinco brazos. De un total de 62 brazos un día antes del eclipse se realizó el marcaje y conteo de botones, flores y frutos del momento y recuento a los cinco y diez días del fenómeno astronómico, con la finalidad de conocer si hubo aborto de las estructuras.

Se determinó el porcentaje total de sobrevivencia, así como la aplicación de un análisis de varianza de una vía, teniendo como fuente la variación de fechas para determinar la existencia de diferencias estadísticas de las estructuras reproductivas de los promedios de las plantas, empleando el programa estadístico SPSS versión 26.0.

Resultados y Discusión

Se dio seguimiento a 780 estructuras reproductivas (332 botones, 18 flores y 430 frutos), de los cuales en los conteos subsecuentes se obtuvo una sobrevivencia de estructuras del 87% en total, siendo los botones quienes presentaron mayores abortos (Tabla 1). El análisis de varianza no demuestra diferencias significativas entre los promedios de las plantas entre fechas en la caída de estructuras reproductivas (Figura 1).

El aborto de estructuras reproductivas es un hecho ampliamente estudiado en un gran número de especies. Debido a razones diversas, ya sea propias de las condiciones de la planta, interacción con otras especies, ramoneo o factores ambientales, una gran cantidad de las

Fecha	Botones	Flores	Frutos	Total	Porcentaje
07/04/24	332	18	430	780	100%
12/04/24	279	16	417	712	91.2%
17/04/24	263	12	404	679	87.0%

Tabla 1. Porcentaje de sobrevivencia de estructuras entre fechas.

estructuras reproductivas sufren una abscisión temprana, reduciendo el potencial reproductivo de la planta, el parasitismo es una de las causas más comunes de los abortos, principalmente de frutos y semillas, en numerosas especies, así como otros factores o condiciones climáticas pueden influir en la cantidad de abortos o caída de estructuras florales (Stephenson, 1981). La falta de nutrientes es otro de los factores recurrentes (Patiño-Torres y Jaimez-Arellano, 2016) y temperaturas altas por las noches (Aloni et al., 1991). Para *S. thurberi* (Engelm.) Buxb. en el norte de Sinaloa se tiene documentada una alta tasa de abortos de estructuras reproductivas de manera natural (Salomón-Montijo, 2018), para esta misma especie en el desierto sonorense se tiene reporte de aborto de flores por introducción de polen extraños, así como la falta de polinización (Fleming,

2000, 2006), para el caso particular de *Opuntia microdasys* (Lehm.) Pfeiff. en el desierto chihuahuense se registró una elevada tasa de aborto de frutos, esto como resultado de los efectos ambientales y propios de la planta madre (Palleiro et al., 2006).

En conclusión, se infiere que el eclipse total de sol que se presentó en el sitio de estudio, que contó con un obscurecimiento del 98%, no tiene impacto en la caída o aborto de estructuras reproductivas de *S. martinezii*. Esta caída de estructuras puede ser atribuido a otros factores naturales como viento, falta de polinización en el caso de flores, así como depredación por fauna, altas temperaturas, entre otras.

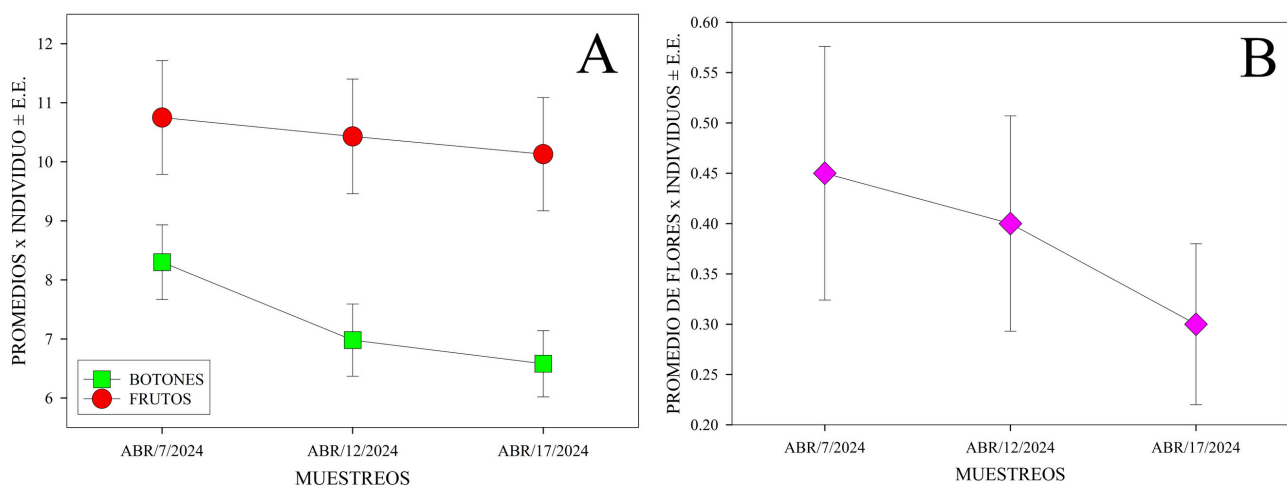


Figura 1. Promedios por individuo \pm error estándar de rasgos reproductivos de *Stenocereus martinezii*; A: botones (rojo) $F(2, 183) = 0.068$, $P < 0.935$ y frutos (verde): $F(2, 183) = 1.450$, $P < 0.23$, B: flores (rosa): $F(2, 183) = 0.335$, $P < 0.716$.

Agradecimientos

Este trabajo de investigación fue realizado gracias a la entusiasta cooperación de estudiantes de la licenciatura en biología de la Unidad Académica Facultad de Biología UAS

Referencias

- Aloni, B., T. Pashkar, and L. Karni. 1991. Partitioning of [14]-C sucrose and acid invertase activity in reproductive organs of pepper plants in relation to their abscission under heat stress. *Ann. Bot.* 67: 371-377.
- Arreola-Nava, H. y Terrazas, T. 2003. Especies de *Stenocereus* con aréolas morenas: clave y descripciones. *Acta Botánica Mexicana* 64: 1-18. <https://doi.org/10.21829/abm64.2003.923v>
- Brinley-Buckley, E.M., Caven, A.J., Gottesman, B.L., Harner, M.J., Pijanowski, B.C. y Forsberg, B.L. 2018. Assessing biological and environmental effects of a total solar eclipse with passive multimodal technologies. *Ecological Indicators* 95:353–369.
- Casazza, R. y Gangui, A. 2012. La explicación de los eclipses en la antigüedad grecolatina1. *REC* (1*39(2012)79-103.
- Castro, R. 1995. La lógica de una de las creencias tradicionales en salud: eclipse y embarazo en Ocuituco, México. *Salud Pública de México*, vol. 37, núm. 4, 329-338 pp Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, México.
- Dubrovsky, Y. y Tytar, V. 2015. Changes in the dynamics of weather conditions and behavioral activity of animals on the day of the total solar eclipse of August 1, 2008. *GISAP Earth and Space Sciences* 9:7–10.
- Fleming, T. H. 2006. Reproductive consequence of early flowering in organ pipe cactus, *Stenocereus thurberi*. *International Journal of Sciences* 167: 473-481.
- Fleming, T. H. 2000. Pollination of cacti in the Sonoran desert. *American Scientist* 88: 432-439.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2016. Conociendo a Sinaloa. Sexta edición. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística Geografía. Stevenson (Eds.), Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan (Third Edition ed., pp. 46-53). Darwin: Crocodile Specialist Group.
- INEGI [Instituto Nacional de Estadística y Geografía]. 2016. Conociendo a Sinaloa. Sexta edición. Aguascalientes, México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Stevenson (Eds.), Crocodiles. Status Survey and Conservation Action Plan (Third Edition ed., pp. 46-53). Darwin: Crocodile Specialist Group.
- Milbrath, S. 2016. Evidencias de agroastronomía entre los antiguos mayas *Estudios de Cultura Maya*, vol. XLVII, 2016, pp. 11-29. Centro de Estudios Mayas, Distrito Federal, México.
- Nájera-Coronado, M. I. (1995). El temor a los eclipses entre comunidades mayas contemporáneas. *Religión y sociedad en el área maya*, 319-327.
- Palleiro, N., Mandujano M.C. y Golubov, J. 2006. Aborted fruits of *Opuntia microdasys* (CACTACEAE): insurance against reproductive failure. *American Journal of Botany* 93(4): 505–511.
- Patiño-Torres, A. J. y Jaimez-Arellano, R. E. 2016. Relación fuente-fuerza de la demanda en el aborto de estructuras reproductivas, tasa fotosintética y rendimiento en *Capsicum annuum*. *Revista Agrociencia* 50: 649-664.
- Pío-León JF, González-Elizondo M, Vega-Aviña R, González-Elizondo MS, González-Gallegos JG, Salomón-Montijo B, Millán-Otero MG, Lim-Vega CA. 2023. Las plantas vasculares endémicas del estado de Sinaloa, México. *Botanical Sciences* 101: 243-269. <https://doi.org/10.17129/botsoci.3076>
- Rickart, E.A., Ornelas, O. E., Merkler, D. J., y Alexander, L. F. 2020. Small Mammal Activity in South-Central Idaho during the 2017 Solar Eclipse.

Western North American Naturalist, 80(1): 76-80. URL:
<https://doi.org/10.3398/064.080.0109>

Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México. Limusa, México.

Salomón-Montijo B, Millán-Otero MG, Lim-Vega CA. 2023. Las plantas vasculares endémicas del estado de Sinaloa, México. Botanical Sciences 101: 243-269. <https://doi.org/10.17129/botsci.3076>

Secretaria del medio Ambiente y Recursos Naturales. 2019. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Diario Oficial de la Federación. Cd. Mx., México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5578808&fecha=14/11/2019#gsc.tab=0 (Consultado en abril 2024).

Stephenson, A.G. 1981. Flower and fruit abortion: proximate causes and ultimate functions. Ann. Rev. Ecol. Syst. 12: 253-279

Wild, F. 2017. What Is an Eclipse?. [en línea]. Estados Unidos. Recuperado en: <https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-an-eclipse-58> (Consultado el 07 de junio de 2024).



Confirmación y ampliación de distribución del escarabajo arlequín (*Acrocinus longimanus*; Coleoptera: Cerambycidae; Linnaeus, 1758) en el estado de Sinaloa, México

Confirmation and expansion of harlequin beetle's
distribution (*Acrocinus longimanus*; Coleoptera:
Cerambycidae; Linnaeus, 1758) in the state of Sinaloa,
Mexico

*José David Jacobo-González¹

Orcid: 0009-0006-0137-4639

david.jacobo.gonzalez@gmail.com

José Israel Torres-Avenidaño¹

Orcid: 0000-0002-1600-7528

jois.tova@uas.edu.mx

¹ Posgrado en Ciencias Biológicas, , Unidad Académica Facultad de Biología de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Ave. Universitarios y Blvd. de las Américas s/n. Ciudad Universitaria, Culiacán Rosales, Sinaloa. C.P. 80013.

*Autor de correspondencia

Recibido: 14 de junio de 2024

Aceptado: 27 de junio de 2024

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el original.

Acta Biológica Mexicana Revista de la Facultad de Biología Núm.1, ISSN (en trámite)

Confirmación y ampliación de distribución del escarabajo arlequín (*Acrocinus longimanus*; Coleoptera: Cerambycidae; Linnaeus, 1758) en el estado de Sinaloa Sinaloa, México

Confirmation and expansion of harlequin beetle's distribution (*Acrocinus longimanus*; Coleoptera: Cerambycidae; Linnaeus, 1758) in the state of Sinaloa, Mexico

José David Jacobo-González y José Israel Torres-Avendaño

Resumen

El escarabajo arlequín en Sinaloa ha sido poco observado, en este trabajo se realiza la segunda observación, confirmando su presencia y aumentando su distribución dentro del estado de Sinaloa.

Palabras clave: Sinaloa, registro, Cosalá, distribución potencial.

Abstract

The harlequin beetle in Sinaloa has been rarely observed, in this work the second observation is made, confirming its presence and increasing its distribution within the state of Sinaloa.

Keywords: Sinaloa, registration, Cosalá, potential distribution.

Acrocinus longimanus (escarabajo arlequín) es la única especie de este género, presenta un patrón intrincado negro, gris y rojo en la cabeza, tórax y abdomen. Las antenas son negras, con las bases en color gris oscuro. La especie es sexualmente dimórfica por longitud de sus patas delanteras que son casi el doble en los machos que en las hembras y con longitud total de hasta 150 mm (Zeh et al.1992, Niño-Maldonado et al. 2023). Se distribuye desde el occidente de México hasta el norte de Argentina (Guzmán-Vásquez y Sánchez-García, 2020).

Aunque no se encuentran dentro de los listados de conservación de la UICN y de la NOM-059-SEMARNAT, debido a la falta de información (Dos Santos y Pereira-Colivate, 2017), una de sus amenazas principales es la extensión de la deforestación de su hábitat natural, que produce una reducción en el tiempo de reproducción y también una interrupción de las extensas etapas larvales, sin lograrse su finalización; también sufre deterioro poblacional por efectos del mascotismo y el coleccionismo ilegal (Ramdenn, 2015).

Su distribución en México es poco conocida, por ello algunos estudios se han centrado en la importancia de analizar la distribución potencial del escarabajo y tratar de dilucidar interacciones en los ecosistemas (Niño-Maldonado et al. 2023), considerando a Sinaloa como potencial área de distribución. Por ello reportamos la confirmación de la presencia de la especie y ampliación de distribución en el estado.

El día 15 de noviembre a las 20:11 horas se observó un ejemplar hembra de *Acrocinus longimanus* (fig. 1 y 2) posado en la pared de adobe revestido, en el interior de un domicilio ubicado en el pueblo de Cosalá, en el municipio del mismo nombre (24°,24' 25'' N, 106°,41'29'' W).

El ejemplar tal vez atraído por la iluminación del lugar, se fotografió y se enviaron las fotos para la identificación, a los autores. Se dejó el ejemplar en el mismo lugar donde se encontró. Esta evidencia aumenta su distribución en el estado, a 200.76 km en línea recta desde la observación más cercana. Se revisaron las bases de datos de GBIF donde se encontraron dos registros, uno en el municipio de Escuinapa y otro en el municipio de Cosalá, mismas observaciones que se encontraron en la red de ciencia ciudadana iNaturalist. La observación de Escuinapa hecha por Eber Barraza (naturalista, 26131643) fue considerada como el primer

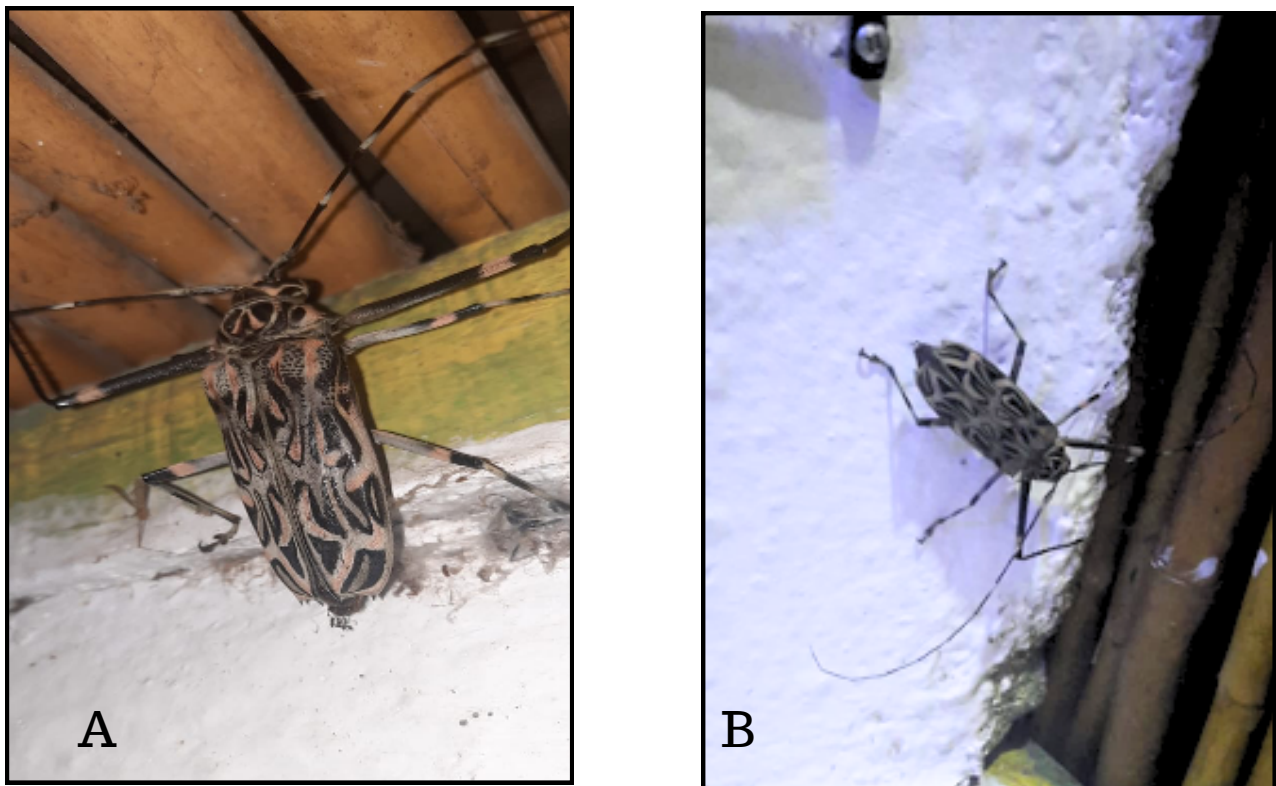


Figura 1. A. Acercamiento al ejemplar de *Acrocinus longimanus*, **B.** Vista cuerpo completo del ejemplar de *Acrocinus longimanus*

registro en el estado por Niño-Maldonado et al. (2023), sin embargo, los datos anteriores al presente en el municipio de Cosalá, son fotografías iguales donde se identifica la especie (naturalista, 120596673 y 165926715), aunque con coordenadas de ubicación diferentes, por lo cual no se consideran fiables por los autores del presente trabajo.

De igual manera este registro confirma lo comentado por Niño-Maldonado et al. (2023), que propone la distribución potencial para México de esta especie de manera continua hasta el estado de Sonora como su límite norte por la vertiente del pacífico, aunque dichos autores ven una baja probabilidad de distribución en Sinaloa, por lo cual se recomienda realizar la búsqueda en campo de ejemplares dentro de las áreas establecidas como potenciales para esta especie.

Agradecimientos

Los autores extienden un agradecimiento a Gloria Isabel Jacobo González, por contribuir con las fotografías y el reporte.

Bibliografía

Dos Santos, W.E. y Pereira-Colavite, A. 2017. Ocorrência De *Acrocinus longimanus* (Linnaeus) (Coleoptera: Cerambycidae) Em Área Urbana, Nordeste Do Brasil. *Entomobrasilis* 10 (1):57-59.

GBIF, 2023. *Acrocinus longimanus*. <https://www.gbif.org/es/species/1118064>. Consultado 20/05/2024

Guzmán-Vásquez, H. M. y Sánchez-García, J. A. 2020. New State Records Of The Harlequin Beetle, *Acrocinus longimanus* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Cerambycidae), In Mexico. *The Pan-Pacific Entomologist*. 96 (2):75–78.

Naturalista. 2023. *Acrocinus longimanus*. https://www.naturalista.mx/observations/place_id=7187&taxon_id=126923. Consultado 20/05/2024

Niño-Maldonado, S., Gómez-Moreno, V., Clark, S., Mancilla, A. y Reyes-Muñoz, J. 2023. Current And Potential Geographical Distribution Of *Acrocinus longimanus* (Linnaeus, 1758) In Mexico. *Southwestern Entomologist*. 48. 581-591. 10.3958/059.048.0310.

Ramdeen, T. 2015. *Acrocinus longimanus* (Harlequin Beetle) – The Online Guide To The Animals Of Trinidad And Tobago. Disponible En URL: <https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/acrocinus-longimanus-beetle-harlequin.pdf>. Consultado 20/11/2023.

The Online Guide to the Animals of Trinidad and Tobago <https://sta.uwi.edu/fst/lifesciences/sites/default/files/lifesciences/images/acrocinus%20longimanus-%20beetle%20harlequin.pdf>

Zeh, D.W., Zeh, J.A. y Tavakilian, G. 1992. Sexual Selection And Sexual Dimorphism In The Harlequin Beetle (*Acrocinus longimanus*). *Blotroplca* 24(1): 86-96.

Instrucciones para autores



Estimado usuario, a continuación compartimos el link del documento extenso con las instrucciones para autores, donde se describe los lineamientos que deben contar los trabajos, dependiendo el tipo de texto.

<https://drive.google.com/file/d/1kSjMfVWYCatkDE3OADwZjmzoOqP9gYVn/view?usp=sharing>



Recuerda que para cargar los archivos es necesario darte de alta como usuario en la plataforma de la revista:

<https://revistas.uas.edu.mx/index.php/ACBIOMEX/login>



acbiomex@uas.edu.mx
maquetacionacbiomex@uas.edu.mx

Acta Biológica Mexicana
revistas.uas.edu.mx