

Análisis de nicho ecológico de *Ctenosaura acanthura* (Shaw 1802; Squamata: Iguanidae) en México

Sandra Ruiz-Bravo^{1*} y Ricardo Serna-Lagunes^{1*}

¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, región Orizaba-Córdoba, Universidad Veracruzana.
Josefa Ortiz de Domínguez s/n Col. Centro, Peñuela, Municipio de Amatlán de Los Reyes, Veracruz, México. CP. 94945

* Autores de correspondencia: zS19025229@estudiantes.uv.mx, rserna@uv.mx

Cita: Ruiz-Bravo, S., Serna-Lagunes, R. (2021). Análisis de nicho ecológico de *Ctenosaura acanthura* (Shaw 1802; Squamata: Iguanidae) en México. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático–Yu'am*, 5(2): 22-34.

Recibido: 16/06/2021 **Aceptado:** 28/12/2021 **Publicado:** 23/03/2022

Resumen

Todas las especies tienen límites de tolerancia a factores ambientales más allá de los cuales los individuos no pueden sobrevivir, crecer o reproducirse. Dichos rangos de tolerancia determinan el nicho fundamental de la especie y, consecuentemente, limitan su distribución y abundancia. La descripción del nicho ecológico de una especie es importante para conocer acerca de su distribución potencial y orientar las acciones para su conservación y manejo. *Ctenosaura acanthura* es una especie de iguana endémica de México de la cual se conoce poco, se desconocen aspectos detallados de su distribución geográfica y no se cuenta con datos robustos sobre su demografía. El objetivo del estudio fue determinar el nicho ecológico fundamental de *C. acanthura* e identificar las zonas de su distribución potencial para orientar planes de conservación y manejo de la especie. Utilizando modelos de máxima entropía, que relacionan registros de presencia geográfica de la especie y variables ambientales, se generaron mapas de la distribución potencial de *C. acanthura*. Los resultados muestran que distribución potencial de *C. acanthura* en México se centra en la Sierra Madre Oriental y en una pequeña región de la Sierra Madre del Sur de México. De acuerdo con el análisis de la contribución de las variables ambientales, el rango de temperatura diurna media (28.7%), la temperatura mínima del mes más frío (12%), la precipitación del mes más seco (12%), el rango anual de temperatura (8.6%), la temperatura media del trimestre más seco (7.6%) y precipitación del trimestre más frío (5.9%) son las variables que explican 80% del nicho ecológico de *C. acanthura*. Esta información puede utilizarse para identificar áreas prioritarias para conservación de *C. acanthura*, así como orientar actividades de manejo de la especie y su hábitat.

Palabras clave: *Ctenosaura acanthura*, iguana negra, nicho ecológico, MaxEnt, México.

Abstract

All species have tolerance limits to environmental factors beyond which individuals cannot survive, grow, or reproduce. These tolerance ranges determine the species' fundamental niche and, consequently, limit its distribution and abundance. The description of the ecological niche of a species is essential to identify its potential distribution and guide actions for its conservation and management. *Ctenosaura acanthura* is a species of iguana endemic to Mexico. Little is known about the species' geographic distribution, and there is no robust data on its demography. The main objective of the present study was to determine the fundamental ecological niche of *C. acanthura* and identify the areas of its potential distribution to guide conservation and management plans for the species. Using maximum entropy models, which relate records of the geographic presence of the species and environmental variables, we generated maps of the potential distribution of *C. acanthura*. The results show that the potential distribution of *C. acanthura* in Mexico is centered in the Sierra Madre Oriental and a small region of the Sierra Madre del Sur of Mexico. According to the analysis of the contribution of environmental variables, mean diurnal temperature range (28.7%), minimum temperature of the coldest month (12%), precipitation of the driest month (12%), annual temperature range (8.6%), mean temperature of the driest quarter (7.6%) and precipitation of the coldest quarter (5.9%) are the variables that explain 80% of the ecological niche of *C. acanthura*. This information can be used to identify priority areas for the conservation of *C. acanthura* and guide management activities for the species and its habitat.

Key words: *Ctenosaura acanthura*, ecological niche, MaxEnt, Mexico.

Introducción

La especie *Ctenosaura acanthura* descrita por el naturalista británico George Shaw en 1802 (Ramírez-Bautista y Hernández-Ibarra, 2004), es conocida comúnmente como iguana de cola espinosa veracruzana, iguana de cola espinosa del noreste, iguana espinosa del Golfo, iguana negra, y en localidades de Veracruz, México, se conoce como garrobo espinoso o tilcampo (Reynoso *et al.*, 2020; Figura 1). Es una especie de lagarto que pertenece al orden Squamata y a la familia Iguanidae, cuya área de distribución se extiende a lo largo de la Costa del Golfo de México, desde el centro de Tamaulipas hacia el Istmo de Tehuantepec y por la vertiente del Pacífico Mexicano en los estados de Oaxaca, Guerrero, Morelos, Michoacán y Nayarit (Köhler y Streit, 1996; Acevedo *et al.*, 2009), en altitudes no mayores a 500 msnm (Morales-Mavil *et al.*, 2016).



Figura 1. Ejemplar silvestre de *Ctenosaura acanthura* fotografiado en una localidad del predio del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, en el municipio de Amatlán de Los Reyes, Veracruz, México en un clima tropical-húmedo y vegetación tipo selva mediana sub-perennifolia. Fotografía: ©Lizeth Marena Olmos Rosales.

C. acanthura es una especie endémica de México de la cual se conoce poco; los estudios publicados sobre esta especie hasta la fecha se refieren principalmente a su sistemática y aspectos generales de su biología y ecología (Köhler *et al.*, 2000, Köhler y Heimes, 2002; Mendoza-Quijano *et al.*, 2002; Canseco-Márquez y Gutiérrez-Mayén, 2010; Suárez-Domínguez *et al.*, 2011). Se desconocen aspectos detallados de su distribución geográfica y no se cuenta con datos robustos sobre su demografía (Garrido-Estrada y Sandoval-Jiménez, 1992; Ramírez-Bautista y Hernández-Ibarra, 2004). Aunque algunas de sus poblaciones se encuentran en ecosistemas bajo protección como en Áreas Naturales Protegidas, otras poblaciones se encuentran en áreas perturbadas por actividades humanas (Morales-Mávil *et al.*, 2016), lo que ha causado una disminución de la población global. Dicha reducción de la población de *C. acanthura* genera una pérdida de variabilidad genética, producto de la endogamia en la especie (Ortiz, 2016). Las principales amenazas a las que se enfrenta *C. acanthura* son: la pérdida de hábitat por causa de actividades humanas, que impactan el ámbito hogareño, el área actividad de forrajeo, las zonas de cortejo, los sitios de anidación y disminuyen la calidad de sus microhábitats para la especie (Garrido-Estrada *et al.*, 1992; Morales-Mávil *et al.*, 2010; Reynoso *et al.*, 2018). Además, se ha reportado el consumo y comercio de hembras grávidas, así como la explotación de la carne, piel y los huevos de esta especie (Stephen *et al.*, 2012). Actualmente, *C. acanthura* se encuentra sujeta a Protección Especial (Pr) por la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010). Sin embargo, para establecer prioridades de conservación para las especies es necesario ampliar el conocimiento sobre el estado actual de sus poblaciones, su nicho ecológico y distribución geográfica.

El nicho ecológico es el espacio geográfico que reúne las condiciones ambientales (bióticas y abióticas) idóneas en las cuales una especie sobrevive y se reproduce, y su población

prospera (Cervantes *et al.*, 2018). Los modelos de nicho ecológico se pueden desarrollar mediante la correlación de los registros de presencia de una especie, con las condiciones ambientales asociadas a las localidades, utilizando algoritmos matemáticos (Mateo *et al.*, 2011; Mota-Vargas *et al.*, 2019). Estos modelos generan, a partir de observaciones reales de presencia de la especie, un modelo gráfico en forma de mapa geográfico, donde se localizan las zonas que cuentan con un potencial climático, u otras variables, para el mantenimiento de una población (Serna-Lagunes *et al.*, 2017).

Se han realizado modelos de nicho ecológico para otras especies de iguanas como *C. pectinata* e *Iguana iguana* en la Costa de Oaxaca (Heras, 2017), y para *C. clarki* en Guerrero y Michoacán (Pérez-Ramos y Saldaña de la Riva, 2002), con diversas aplicaciones y fines de conservación (e.g., diseño de estrategias de manejo, aprovechamiento y conservación; Illoldi-Rangel y Escalante, 2008); sin embargo, hasta donde conocemos no hay estudios que exploren y desarrollen el nicho ecológico para *C. acanthura*, por lo que este estudio presenta la primera aproximación a un modelo de nicho ecológico para la especie. El objetivo principal del estudio fue identificar las variables ambientales que determinan el nicho ecológico fundamental (temperatura, precipitación, humedad, evaporación, altitud) de *C. acanthura* y, con ello, brindar información necesaria para establecer áreas prioritarias para la conservación de la especie en diferentes tipos de clima, vegetación y uso de suelo.

Metodología

Los registros de presencia de *C. acanthura* se obtuvieron de la base de datos de Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>; GBIF, 2021) y fueron descargados para su análisis (<https://doi.org/10.15468/>

dl.xnmdwq), de los cuáles, se utilizaron registros de la localidad de presencia de la especie (coordenadas geográficas) del año 2010 al 2021. La base de datos de *C. acanthura* estuvo compuesta por N= 305 registros de coordenadas geográficas. Con estos datos puntuales de latitud y longitud donde se ha registrado la especie se graficaron sobre el mapa de división política de los 32 estados de la república mexicana, el mapa de los tipos de climas, el mapa de los tipos de vegetación y uso de suelo de México y un mapa de elevación (altitud). Todos los mapas fueron obtenidos de Geo Portal de la CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>) y procesados utilizando el software QGIS® v.3.3.

Con los datos de ocurrencia obtenidos de GBIF para *C. acanthura* se creó un archivo que fue analizado en el Software Maximum Entropy Species Distribution Modelling o MaxEnt® versión 3.4.4 (Phillips *et al.*, 2006). El software MaxEnt consiste en correlacionar los datos de ocurrencia de la especie (coordenadas geográficas) con las variables ambientales y topográficas del espacio a modelar, como resultado genera un mapa de probabilidades de 0 a 1, donde 0 es que existen nulas condiciones del nicho ecológico, conforme se acerca a 1 se interpreta como la representación de la máxima entropía del nicho ecológico, 1 es equivalente al valor de la máxima probabilidad (100%) de presentar las condiciones óptimas para el desarrollo de poblaciones de la especie. Las curvas de respuesta se generaron para identificar las variables ambientales con mayor aporte en la predicción del modelo cuando estas se prueban de manera independiente (Phillips *et al.* 2006). La prueba de Jackknife se aplicó para evaluar la contribución individual y grupal de las variables al modelo de distribución geográfica de *C. acanthura* (Phillips *et al.*, 2017).

En el software MaxEnt se cargaron las 305 coordenadas geográficas de presencia

de *C. acanthura*. Se seleccionó el 30% de las ocurrencias para ser usados como datos de entrenamiento y el restante 70% para la elaboración del mapa del nicho ecológico de *C. acanthura* y se correlacionaron con las 19 variables bioclimáticas que fueron descargadas de WorldClim (<https://www.worldclim.org/data/index.html>) (Fick y Hijmans, 2017) y nueve variables del Atlas Climático de México (<http://uniatmos.atmosfera.unam.mx/ACDM/servmapas>). El ajuste del modelo de la especie se evaluó con el valor del área bajo la curva (AUC), cuyo criterio de ajuste se consideró de la siguiente manera: ajuste bajo con AUC= 0 a 0.3, ajuste medio con AUC= 0.31 a 0.69, y ajuste alto de AUC= 0.7 a 1.

Todavía se puede reducir espacios entre las palabras?

Resultados y discusión

Los 305 registros de coordenadas geográficas registrados en GBIF de *C. acanthura* se distribuyeron en ocho estados de la república mexicana, es decir, la especie ha sido registrada en el 25% del territorio mexicano (8 de los 32 estados), siendo Veracruz el estado con mayor número de registros (Figura 2). Al analizar los datos de la plataforma de GBIF, no se cuenta con registros de la presencia de la especie en los estados de Guerrero, Morelos, Michoacán y Nayarit como lo reportan Köhler y Streit (1996; Figura 3). Esto indica que se desconoce el estado actual de las poblaciones reportadas por Köhler y Streit (1996), esta carencia de registros para la especie en los estados mencionados en los últimos 10 años puede deberse, simplemente a que los registros no se han ingresado en la plataforma de Naturalist o en GBIF, o puede deberse a la extinción local de esas poblaciones, aunque habría que hacer exploraciones en campo para corroborar su presencia o ausencia, por lo que nuevos registros de la especie en esos estados, ampliaría el conocimiento sobre su distribución geográfica actual.

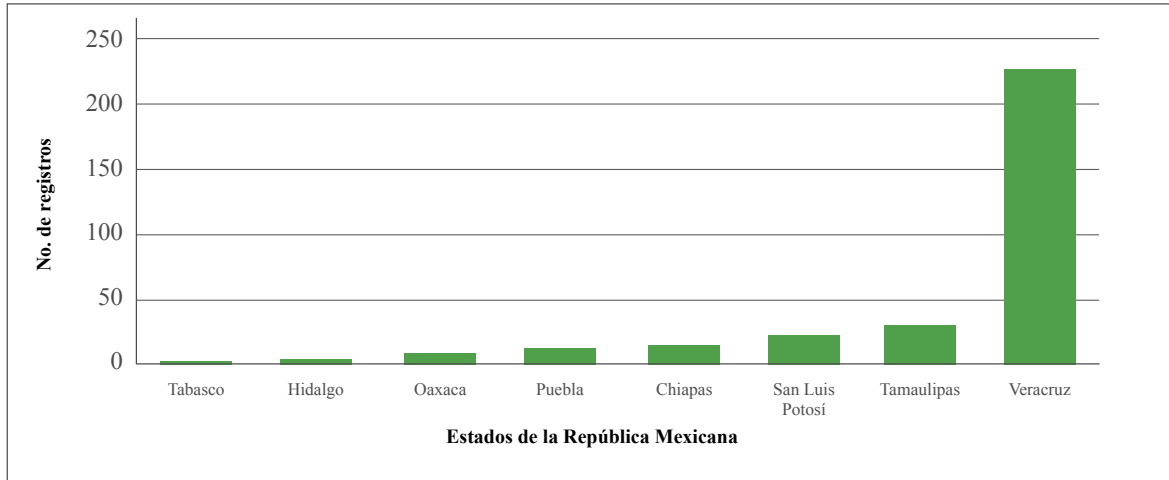


Figura 2. Registros de presencia de *C. acanthura* por estado de México del año 2010 al 2021. Información obtenida de Global Biodiversity Information Facility (<https://www.gbif.org/>).

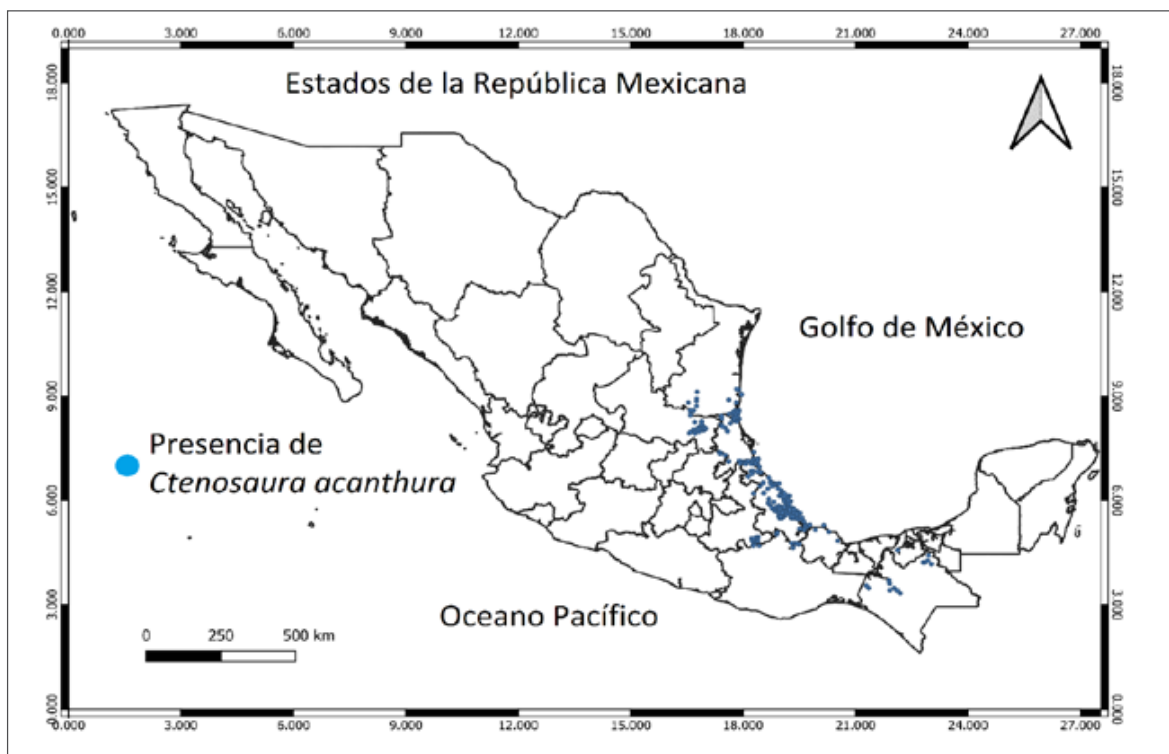


Figura 3. Distribución de los registros de presencia de *C. acanthura* en ocho estados de la república mexicana (2010-2021).

De acuerdo con los mapas desarrollados sobre la presencia de *C. acanthura* para los diferentes tipos de climas, tipos de vegetación y usos de suelo de México, se encontró que la mayor parte de la distribución geográfica y poblaciones de *C. acanthura* se concentra en la región denominada Llanura Costera del Golfo de México, donde *C. acanthura* fue registrada en tres tipos de clima (cálido húmedo, semi-cálido húmedo, cálido-seco; Figura 4), donde se desarrolla una vegetación dominada por bosques secos y húmedos, por lo que la distribución potencial de esta especie corresponde a vegetación como matorrales xerófilos, selvas secas, selvas húmedas, matorral secundario, acahual, vegetación secundaria, dunas costeras y diferentes tipos de uso de

suelo como ecosistemas urbanos y periurbanos, áreas agropecuarias y zonas con actividades antrópicas. *C. acanthura* se encuentra en playas con presencia de áreas rocosas, palmares, terrenos agrícolas, áreas abiertas perturbadas por desechos de basura, pastizales ganaderos, techos de casa habitación, zonas arqueológicas y áreas naturales protegidas, donde usan refugios como huecos en el concreto, formaciones rocosas que ocupan como cuevas y troncos con oquedades. La especie presenta una estrategia de vida semi sedentaria y con poco movimiento, los individuos pasan la gran mayoría de su tiempo en las grietas o refugios y sólo realizan movimientos ocasionales para comer y reproducirse (Reynoso y González-Monfil, 2005).

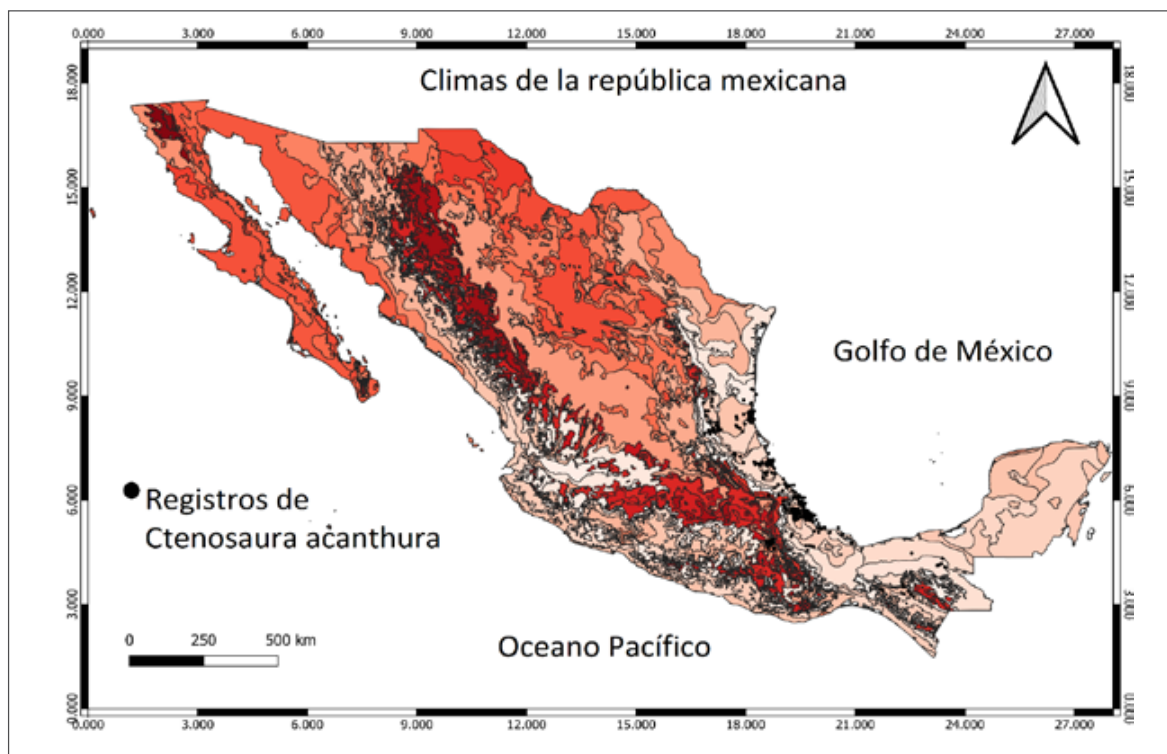


Figura 4. Distribución de *C. acanthura* en diferentes tipos de clima en México. En color rojo-naranja: climas cálidos húmedos y subhúmedos; en color rosa: climas templados húmedos y subhúmedos; en color blanco-gris: climas fríos, seco y desértico.

Con base en el mapa del nicho ecológico de *C. acanthura* en México elaborado con el software MaxEnt, se observa que en la región conocida como Planicie Costera del Golfo de México se desarrollan las condiciones ambientales óptimas que determinan el nicho ecológico de la especie, sin embargo, en otras regiones de México se presentan condiciones óptimas que van de 0.4 a 0.6 como parte de Nayarit, Chiapas y la Península de Yucatán (Figura 5), sin embargo, en Nayarit y en la Península de Yucatán no se obtuvieron registros en GBIF.

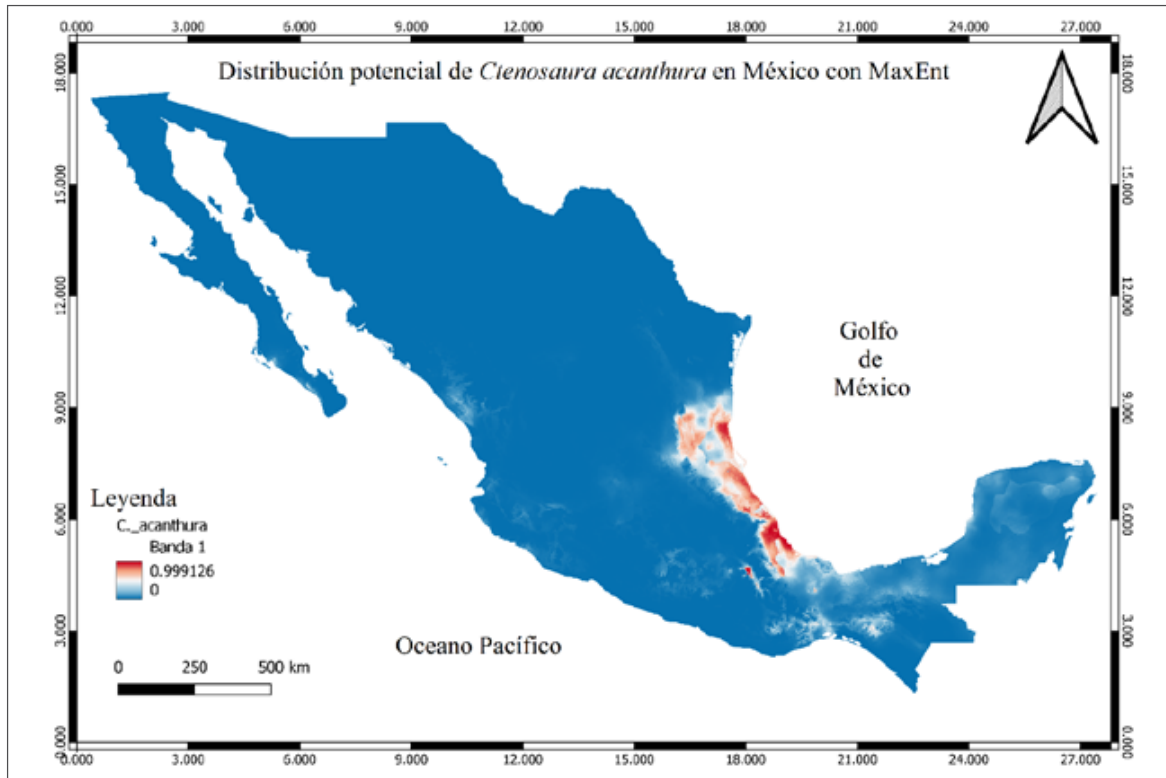


Figura 5. Modelo de nicho ecológico fundamental de *C. acanthura* en México. El valor de la leyenda corresponde a la probabilidad de ocurrencia de la especie, donde el gradiente de color rojo informa sobre el territorio que comprende la máxima probabilidad de presencia de las condiciones de nicho ecológico.

Con base en la prueba de Jackknife, las variables ambientales bio2 (rango medio mensual de temperatura), bio6 (temperatura mínima del mes más frío), bio14 (precipitación del mes más seco), bio7 (rango anual de temperatura), bio9 (temperatura del trimestre más seco) y bio19 (precipitación del trimestre más frío), fueron las variables que por sí solas contribuyen a la descripción del nicho ecológico de *C. acanthura* (Figura 6), mientras que las otras variables contribuyeron con menos del 20% en la explicación del modelo (Cuadro 1).

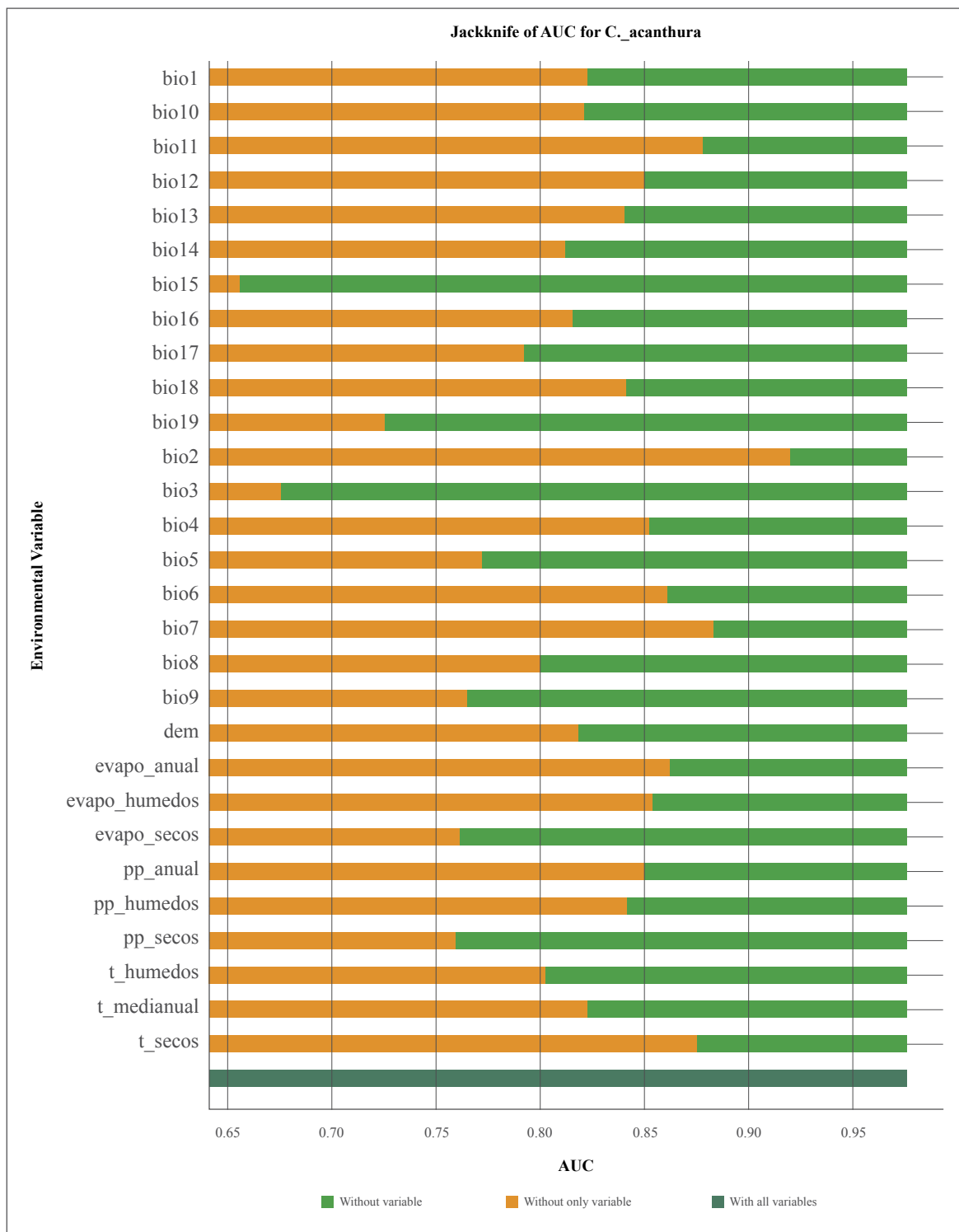


Figura 6. Prueba de Jackknife de la importancia relativa de las variables usadas para el modelo de *C. acanthura*.

Cuadro 1.

Porcentajes de contribución e importancia de las variables ambientales para determinar el modelo de nicho ecológico de *C. acanthura*.

Variable*	Descripción*	Porcentaje de contribución al modelo	Importancia de la contribución al modelo
bio2	Rango Diurno Medio (Media de la temperatura mensual (temp. máxima - temp. mínima))	28.7	10.5
bio6	Temperatura mínima del mes más frío	12	2.4
bio14	Precipitación del mes más seco	12	20.9
bio7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6)	8.6	18.8
bio9	Temperatura media del trimestre más seco	7.6	8.2
bio19	Precipitación del trimestre más frío	5.9	1.6
bio15	Estacionalidad de la precipitación (coeficiente de variación)	5.3	13.7
dem	Modelo Digital de Elevación	4.4	1.8
bio4	Estacionalidad de la temperatura (desviación estándar $\times 100$)	3.9	5.2
bio3	Isotermia (BIO2/BIO7) ($\times 100$)	2.9	3.1
bio5	Temperatura máxima del mes más cálido	2	1.2
bio16	Precipitación del trimestre más húmedo	1.9	8.3
bio18	Precipitación del trimestre más cálido	1	0.5
bio1	Temperatura media anual	0.9	0
evapo_secos	Evaporación de los meses secos	0.7	1.2
evapo_anual	Evaporación anual	0.6	0.9
t_secos	Temperatura de los meses secos	0.4	0.7
evapo_humedos	Evaporación de los meses húmedos	0.4	0.3
bio13	Precipitación del mes más húmedo	0.3	0.1
t_humedos	Temperatura de los meses húmedos	0.1	0.3
pp_secos	Precipitación de la época seca	0.1	0
pp_humedos	Precipitación de la época húmeda	0.1	0

* El nombre de las variables sigue la codificación utilizada por WorldClim.org.

** Las variables bioclimáticas se derivan de los valores mensuales de temperatura y precipitación y representan tendencias anuales (por ejemplo, la temperatura media anual, la precipitación anual) la estacionalidad (por ejemplo, el rango anual de temperatura y precipitación) y los factores ambientales extremos o limitantes (por ejemplo, la temperatura del mes más frío y más cálido, y la precipitación de los trimestres húmedos y secos).

El modelo de nicho ecológico de *C. acanthura* presentó un ajuste alto, ya que el valor del área bajo la curva (AUC) fue igual a 0.978 (Figura 7), lo que representa un 97.8% de confiabilidad en el modelo; sin embargo, es necesario llevar a cabo trabajo de campo para verificar la presencia de la especie en las áreas geográficas que el modelo predice.

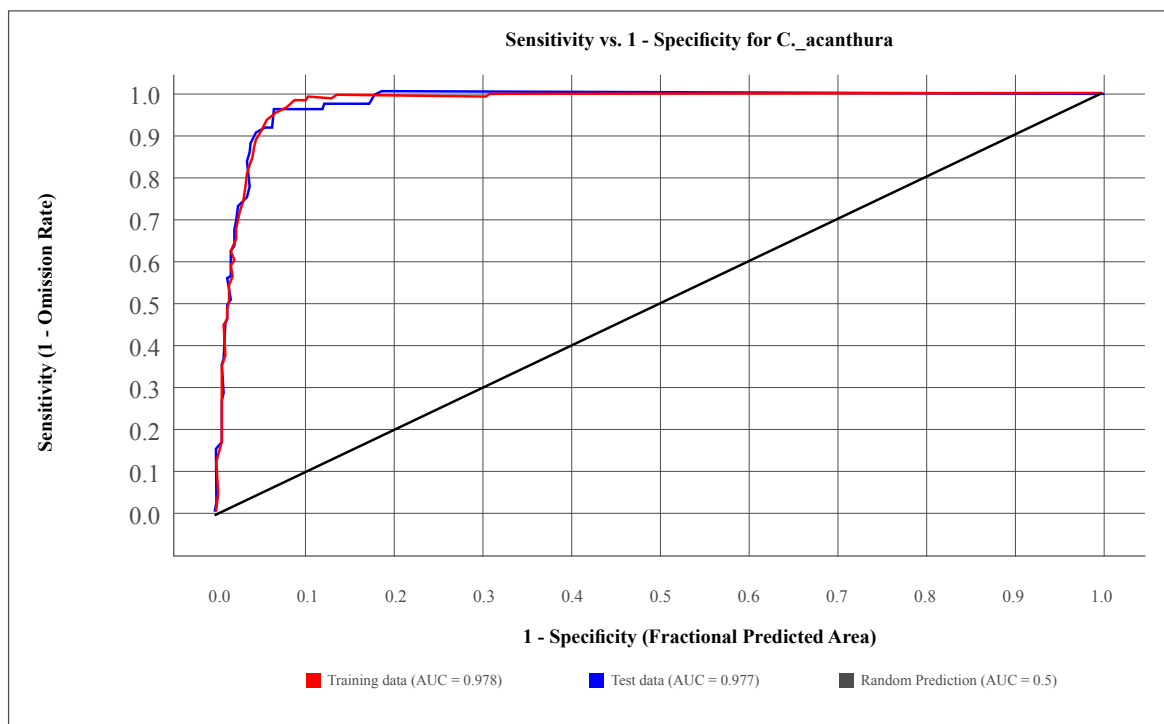


Figura 7. Análisis de especificidad y sensibilidad del modelo de nicho ecológico de *C. acanthura*.

La distribución potencial de *C. acanthura* en México se vio delimitada por la región geográfica denominada Sierra Madre Oriental, que es una cordillera con hábitat para la especie y presenta un cálido húmedo, semi-cálido húmedo, cálido-seco en su mayor extensión de superficie. También existen condiciones climáticas favorables para la especie en una pequeña región de la Sierra Madre del Sur de México, donde confluyen diferentes tipos de clima (e.g., climas calientes con una corta temporada seca y climas húmedos con una larga temporada de secas; García, 1998), donde la especie puede también encontrarse en climas secos de tipo seco estepario y seco desértico. La probabilidad de ocurrencia de la especie disminuye en hábitats de climas templado-húmedo, con lluvias poco frecuentes pero intensas durante todo el año (Garrido-Estrada *et al.*, 1992).

En la base de datos de *C. acanthura* obtenidos de GBIF, no encontramos información de la altitud en las coordenadas en las que se ha registrado a la especie, aunque en la literatura se ha reportado su rango altitudinal que va desde 0 hasta 500 msnm (Morales-Mávila *et al.*, 2016). En este estudio, al sobreponer los registros de presencia de *C. acanthura* en la capa de curvas de nivel de México, encontramos registros de presencia a altitudes superiores a los 2 000 msnm en los estados de Oaxaca y Puebla; en altitudes menores a los 600 msnm en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí y Norte de Veracruz; a altitudes menores a 800 msnm en el centro-sur de la Planicie Costera del Golfo de México (zona centro-sur de Veracruz); y de 800-1000 msnm en Chiapas.

Con las curvas de respuesta que se generaron para *C. acanthura* fue posible determinar el valor

mínimo y máximo donde se encontraron los registros de la especie. Por ejemplo, la especie tuvo presencia en rangos de 23.5 a 26 °C de temperatura media anual. Es interesante resaltar que los registros se obtuvieron de localidades donde se presentan valores entre 4.5 a 6 °C de temperatura isoterma (bio3). En otras palabras, la especie se registró en sitios que superan por 4°C a la temperatura ambiental, posiblemente estos lugares coinciden con los sitios de uso para la termorregulación y marcar territorialidad, ya que son espacios donde la temperatura permanece constante y existe transferencia de calor entre el ambiente y la especie. La curva de respuesta para la variable temperatura del mes más cálido (bio5) y del trimestre más lluvioso (bio8) del año presentó registros de 30 a 35°C y de 25 a 38°C, respectivamente. En cuanto a la precipitación media anual, los registros de *C. acanthura* van desde los 980 a 2500 mm de precipitación, lo cual coincide con un gradiente de bosques tropicales y subtropicales.

Con los modelos de nicho ecológico se pudo identificar las áreas donde concurren poblaciones de *C. acanthura* que no habían sido reportados en otros estudios, estas nuevas poblaciones se identificaron como los espacios geográficos que podrían fungir como Áreas Destinadas Voluntariamente para la Conservación (ADVC) o implementar criaderos intensivos o extensivos a través del registro de predios como Unidades para la Conservación, Manejo y Aprovechamiento Sustentable de la Vida Silvestre (UMA). Estos esquemas se podrían gestionar con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de los estados de Tabasco, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Chiapas, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, que fueron los estados de la república mexicana donde se detectaron un mayor número de poblaciones en este estudio.

Conclusiones

El análisis de nicho ecológico de *C. acanthura* desarrollado en este trabajo, cuenta con un 97% de confiabilidad, por lo que el modelo de *C. acanthura* puede considerarse como un insumo en la protección, manejo de su hábitat y el aprovechamiento de la especie en la región denominada Planicie Costera del Golfo de México, que contiene áreas potenciales para la conservación y manejo de la especie en al menos ocho estados de la república mexicana donde convergen el mayor número de registros de *C. acanthura* en México.

Los esfuerzos para proteger a las poblaciones de *C. acanthura* en su rango de distribución (Tabasco, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Chiapas, San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz) deben enfocarse a trabajar con las comunidades rurales donde existe presencia de la especie, para realizar un acompañamiento técnico con biólogos capacitados para el registro, establecimiento y operación de UMAs y ADVC donde se pueden establecer criaderos, manejar las poblaciones, su hábitat, hacer un aprovechamiento sustentable a través de la comercialización legalizada de la especie, así como el ecoturismo a través de la observación, filmación e investigación del uso de la especie para identificar propiedades medicinales asociadas a mejorar salud humana y se contribuya a la soberanía alimentaria a través de su conservación, asociado con programas de educación ambiental para evitar el tráfico ilegal de esta y otras especies de iguanidos.

Agradecimientos

Los autores agradecemos a los árbitros anónimos por sus valiosas observaciones a la versión de este artículo.

Literatura citada

- Acevedo, M., Vesely, M., Sunyer, J., Dwyer, Q. 2009. Geographic distribution: *Ctenosaura acanthura* (Northeastern Spinytail Iguana). *Herpetological Review*. 40(4): 451.
- Canseco-Márquez, L., Gutiérrez-Mayén, M.G. 2010. Anfibios y Reptiles del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Fundación para la Reserva de la Biosfera Cuicatlán A. C.
- Cervantes, S.J., Serna-Lagunes, R., Salazar-Ortiz, J., Pérez-Sato, A. 2018. Nicho ecológico fundamental de *Ecnomiohyla miotypanum* (Cope, 1863) con DIVA-GIS y MaxEnt. *Revista Biodiversidad Neotropical*. 8(2): 84-93.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J. 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 37(12): 4302-4315.
- Garrido-Estrada, A.G., Sandoval-Jiménez, M.E. 1992. Estado actual y perspectivas del conocimiento de las Iguanas (*Iguana*) y los Garrobos (*Ctenosaura*) en México. Tesis de Licenciatura. Depto. de Biología Experimental, Escuela Nacional de Estudios Profesionales, Unidad Iztacala, UNAM. Tlalnepantla, Estado de México.
- GBIF (2021). GBIF Occurrence Download. <https://doi.org/10.15468/dl.xnmdwq>
- Heras, M.M. 2017. Distribución potencial de iguana negra (*Ctenosaura pectinata*, Wiegmann) e iguana verde (*Iguana iguana*, Linnaeus) en la región Costa de Oaxaca. Tesis de Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Illoldi-Rangel, P., Escalante, T. 2008. De los modelos de nicho ecológico a las áreas de distribución geográfica. *Biogeografía*. 3: 7-12.
- Köhler, G., Streit, B. 1996. Notes on the systematic status of the taxa *acanthura*, *pectinata*, and *similis* of the genus *Ctenosaura* (Reptilia: Sauria: Iguanidae). *Senckenbergiana Biologica*. 75(1/2): 33-43.
- Köhler, G., Heimes, P. 2002. *Stachelleguane*. Herpeton-Verlag, Offenbach. 174 pp.
- Köhler, G., Schroth, W., Streit, B. 2000. Systematics of the *Ctenosaura* group of lizards (Reptilia: Sauria: Iguanidae). *Amphibia-Reptilia*. 21(2): 177-192.
- López-Vidal, J.C., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2021. Computarización de las colecciones de vertebrados terrestres de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN Fase 4 (Anfibios y reptiles). Versión 1.3. CONABIO. Occurrence dataset <https://doi.org/10.15468/e9qsqq> accessed via GBIF.org on 2021-12-21.
- Mateo, R.G., Felicísimo, A.M., Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural*. 84: 217-240.
- Morales-Mávil, J.E., Suárez-Domínguez, E.A. 2010. Registro de géneros de vertebrados por municipio. In: A. Mendoza-Cantú (ed.). *Atlas Regional de Impactos Derivados de las Actividades Petroleras en Coatzacoalcos, Veracruz*, pp. 53-65. SEMARNAT y Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad de México.
- Morales-Mavil, J.E., Suárez-Domínguez, E.A., Corona-López, C.R. 2016. Biology and conservation of the Gulf spiny-tailed iguanas (*Ctenosaura acanthura*). *Herpetological Conservation and Biology*. 11: 177-186.
- Mota-Vargas, C., Encarnación-Luévano, A., Ortega-Andrade, H.M., Prieto-Torres, D.A., Peña-Peniche, A., Rojas-Soto, O.R. 2019. Una breve introducción a los modelos de nicho ecológico. En: Moreno, C.E. (Ed). *La biodiversidad en un mundo cambiante: Fundamentos teóricos y metodológicos para su estudio*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/LiberMex, Ciudad de México, pp. 39-63.
- Ortiz, M.R.F. 2016. Estructura genética y endogamia poblacional de iguana negra *Ctenosaura pectinata* (Reptilia: Squamata: Iguanidae) en cautiverio. Tesis de Doctorado. Universidad del Mar, Oaxaca, México.
- Pérez-Ramos, E., Saldaña de la Riva, L. 2002. Distribución Ecológica del "Nopilchi" *Ctenosaura clarki* (Reptilia: Iguanidae), en las Regiones de "Tierra Caliente" y "El Infiernillo", Guerrero-Michoacán, México. *Revista de Zoología*. 16: 16-24.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190(3): 231-259.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P., Dudík, M., Schapire, R.E., Blair, M.E. 2017. Opening the black box: an open-source release of Maxent. *Ecography*. doi:10.1111/ecog.03049.

QGIS.org. 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>

Ramírez-Bautista, A., Hernández-Ibarra, X. 2004. Ficha técnica de *Ctenosaura acanthura*. En: Arizmendi, M. C. (compilador). Sistemática e historia natural de algunos anfibios y reptiles de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Unidad de Biología, Tecnología y Prototipos (UBIPRO), Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. México, D.F.

Reynoso, V.H., Vázquez-Cruz, M., Rivera-Arroyo, R.C., Morales-Mávil, J.E., Grant, T.D. 2020. *Ctenosaura acanthura*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T174473A1414410. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2020-2.RLTS.T174473A1414410.en>. Accessed on 20 December 2021.

Reynoso, V.H., Vázquez-Cruz, M.L., López-Esquivel, E.A. 2018. Evaluación del estado de conservación y amenazas de las especies del género *Ctenosaura* bajo los criterios de la Res. Conf. 9.24 (Rev. CoP17) de la CITES. Informe CONABIO Proyecto QE006.

Reynoso, V.H., González-Monfil, G. 2005. Importancia de las Áreas Naturales Protegidas en la conservación de las iguanas del género *Ctenosaura* en México. Resúmenes en extenso de la VIII Reunión Nacional sobre Iguanas, Comisión Forestal del Estado de Michoacán, Lázaro Cárdenas, Mich. p. 7-13.

SEMARNAT. 2010. 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. SEMARNAT. Publicado el 30 de diciembre de 2010. Ciudad de México, México.

Serna-Lagunes, R., Espinosa-Blanco, A., Mora-Collado, N. 2017. Distribución potencial de *Caiman crocodilus chiapasius* en México. Revista Quehacer Científico en Chiapas. 12(2): 47-55.

Stephen, C., Pasachnik, S.A., Reuter, A., Mosig, P., Ruyle, L., Fitzgerald, L. 2012. Evaluación del estado, comercio y explotación de las iguanas de Centro América. TRAFFIC, Iguana Specialist Group, Utah Valley University, U.S. Department of the Interior, U.S. Fish and Wildlife Service, Orem, Utah.

Suárez-Domínguez, E.A., Morales-Mávil, J.E., Chavira, R., Boeck, L. (2011) Effects of habitat perturbation on the daily activity pattern and physiological stress of the Spiny Tailed Iguana (*Ctenosaura acanthura*). Amphibia-Reptilia. 32: 315-322.