

Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México Potential distribution of ornate slider *Trachemys ornata* in Mexico

Fabio G. Cupul-Magaña* , Ubaldo Sebastián Flores-Guerrero  y Armando H. Escobedo-Galván 

Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, Puerto Vallarta, México

*Autor de correspondencia: fabiocupul@gmail.com

Recibido: 24 de marzo de 2020

Aceptado: 29 de junio de 2020

Publicación en línea: 30 de junio de 2020

Resumen

Palabras clave:
Emydidae; Jalisco; Maxent; Nayarit;
Sinaloa; variables climáticas

La tortuga mesoamericana (*Trachemys ornata*) es una especie endémica de agua dulce que se localiza en el oeste de México. Su distribución va desde Culiacán, en el estado de Sinaloa, hasta Puerto Vallarta, en Jalisco. El objetivo de la investigación aquí descrita fue modelar y mapear la distribución potencial de esta especie utilizando registros de localidades y diez variables climáticas como predictoras ambientales. De acuerdo con el modelo, realizado mediante el software Maxent, la probabilidad de hallar a esta tortuga se incrementa hacia las llanuras costeras de Sinaloa, Nayarit y el noroeste de Jalisco, así como en los cauces de ríos. El mapa de distribución potencial puede ser de utilidad para enfocar esfuerzos efectivos de muestreo en áreas específicas de la región.

Abstract

Key words:
Emydidae; Jalisco; Maxent; Nayarit;
Sinaloa; climatic variables

The Ornate Slider (*Trachemys ornata*) is an endemic freshwater turtle that occurs in western Mexico. Its distribution ranges from Culiacán, in Sinaloa state, to Puerto Vallarta in Jalisco. Our goal was to model and map the potential distribution of Ornate Slider used localities records and ten climate variables as environmental predictors. The modeling was done using Maxent software. Based on the model, the probability to find the species is higher towards the coastal plains of Sinaloa, Nayarit and northwestern Jalisco, as well as in drainages. The potential distribution map, will be useful to focus effective sampling efforts in specific areas of the region.



Trachemys ornata (Gray, 1831) es una especie endémica de tortuga dulceacuícola de la planicie costera del Pacífico mexicano (Legler y Vogt, 2013) (figura 1). Su localidad de registro más norteña es la Laguna Río Viejo, ubicada a 2 km al norte de El Dorado, municipio de Culiacán, Sinaloa (Smith y Smith, 1979; Legler y Vogt, 2013; Turtle Taxonomy Working Group, 2017) (figura 2). El límite sureño de su distribución es la población de Ixtapa, municipio de Puerto Vallarta, Jalisco (Casas-Andreu et al., 2015) (figura 2).



Figura 1. Un adulto (sexo no determinado) de *T. ornata* de la localidad de Puerto Vallarta, Jalisco, México. (Fotografía de Frank McCann).

Durante algún tiempo el estado taxonómico de *T. ornata* o tortuga mesoamericana era incierto, pero a partir del estudio de análisis molecular de Parham *et al.* (2015) se estableció que la especie de la región tipo no está anidada filogenéticamente dentro de *Trachemys venusta*. Por tal razón los registros de ejemplares del estado de Guerrero (Legler y Vogt, 2013), en la costa del Pacífico mexicano, corresponden a posibles individuos introducidos de *T. venusta* y no a *T. ornata*, como se creía.

Para modelar la distribución potencial de la tortuga *T. ornata* se utilizó el programa Maxent, versión 3.4.1 (Phillips et al., 2006), a partir de 24 puntos de ocurrencia conocidos, obtenidos de registros de literatura (Hardy y McDiarmid, 1969; Smith y Smith, 1979; Casas-Andreu *et al.*, 2015). También se tomaron las localidades enumeradas para *T. ornata* en la base de datos en línea VertNet (<http://vertnet.org/>), de donde se obtuvieron algunas coordenadas directamente (figura 2).

Para la construcción del modelo de distribución potencial (MDP) se eligieron diez variables con base en los potenciales requerimientos o restricciones climáticas de la especie. Las diez superficies climáticas se recortaron para México, con resolución espacial de 1

km² y relativas a los promedios mensuales del periodo 1910-2009 (Cuervo-Robayo *et al.*, 2013). Además, para fortalecer la verosimilitud del MDP, se evaluó la multicolinealidad entre las diez variables climáticas a través del factor de inflación de la varianza (VIF) mediante el paquete "HH" del programa R 3.3.2 (Heiberger, 2017).

Posteriormente, se seleccionaron las variables cuyo valor de VIF fuera menor de 10 (Flores-Guerrero y Cupul-Magaña, 2018). Así, las variables idóneas para incorporar en el MDP fueron siete: intervalo (rango) diurno medio de la temperatura (BIO2), estacionalidad de la temperatura (BIO4), temperatura media del cuarto más seco (BIO9), temperatura media del cuarto más frío (BIO11), precipitación del mes más seco (BIO14), estacionalidad de la precipitación (BIO15) y precipitación del cuarto más cálido (BIO18).

El formato de salida fue la opción logística, como sugieren Phillips y Dudík (2008), con remoción de presencias duplicadas en un mismo pixel para evitar la autocorrelación espacial (Dormann *et al.*, 2007; Phillips, 2017). Además, 25 % de los registros se utilizaron en la calibración del MDP (Phillips, 2017).

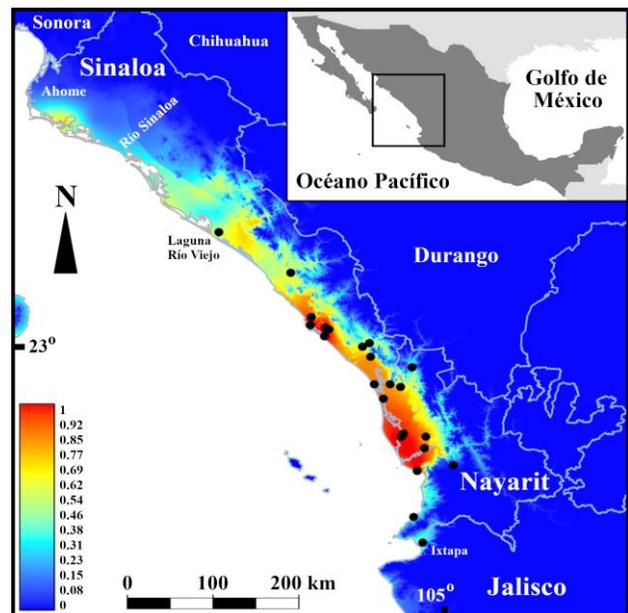


Figura 2. Mapa de distribución potencial de *T. ornata*. Círculos negros=localidades de registro.

Por su parte, aunque existe un registro publicado de *T. ornata* para la localidad de Mascota, Jalisco, México (Cupul-Magaña y Mountjoy, 2012), este no se consideró para el modelo por ser un registro arqueológico del año 800 a. n. e. Esta exclusión se debe al hecho de que los ejemplares probablemente provengan de otra

localidad, ya que no existen registros históricos y actuales que verifiquen la presencia de la especie en la región.

En total se efectuaron 1 000 iteraciones para el modelo. El MDP se evaluó estadísticamente analizando el área bajo la curva (AUC=Area Under the Curve) que arrojó Maxent. Los valores de AUC oscilan entre 0 y 1, donde un registro entre 0,80-0,90 es considerado bueno, mientras que uno mayor a 0,90 indica que el ajuste del modelo es excelente (Araújo y Guisan, 2006). Este último fue el caso del modelo de *T. ornata*, pues el valor de AUC fue de 0,998.

También se aplicó la prueba Jackknife para determinar la contribución independiente de las variables como indicadores de los requerimientos o restricciones ecológicas de la especie (Phillips, 2017). Así, las variables que más contribuyeron fueron BIO15 con el 35,2 % (la más importante), BIO14 con el 22,2 %, BIO18 con el 13,4 % y BIO3 con el 13,3 % (entre las cuatro agruparon el 84,1 %). Para la BIO15, la probabilidad de ocurrencia es más alta en sitios donde la estacionalidad de la precipitación es alta (por ejemplo, aquellos donde la época seca y la de lluvias son marcadas). Sobre la BIO14, se infiere que dicha probabilidad se relaciona con sitios con valores bajos de precipitación en el mes más seco. En el caso de la BIO18, la probabilidad de ocurrencia aumenta en sitios con precipitaciones altas en el cuarto más cálido (época de lluvias). Por su parte, la BIO2 explica que la probabilidad de ocurrencia disminuye cuanto más alto es el intervalo diurno de la temperatura; es decir, la especie prefiere sitios con poca variación térmica a lo largo del día (temperaturas muy estables).

Sin embargo, la anterior interpretación debe tomarse con reservas, especialmente con las variables BIO14 y BIO18. Ambas son un reflejo individual de lo que la BIO15 logra explicar por sí sola (estacionalidad climática asociada a la precipitación). Además, es común que las variables predictoras (en conjunto) en los MDP generados por Maxent en realidad funjan como factores de restricción ambiental que delimitan la distribución de una especie, mas no como factores que se asocian directamente con esta. De manera que pueden existir factores inherentes o particulares a nivel local que expliquen mejor la presencia, en este caso de *T. ornata*, pero que son difíciles de incorporar al estudiar áreas regionales (Mateo *et al.*, 2011).

Finalmente, el archivo generado por Maxent se procesó en ArcGIS 10.1 para obtener el mapa del MDP, donde los tonos fríos indican menor probabilidad de registrar la presencia de *T. ornata*, en contraste con los tonos

cálidos, relacionados con la mayor probabilidad de registro (la probabilidad oscila de 0 a 1) (figura 2).

El modelo predice que la probabilidad de registro de *T. ornata* se incrementa hacia las planicies costeras de Sinaloa, Nayarit y noroeste de Jalisco, así como en las zonas con cauces de ríos. Asimismo, indica que los límites para la especie son el norte de Sinaloa y la costa norte de Jalisco, así como la Sierra Madre Occidental (figura 2).

Legler (1990) mencionó que el límite de distribución norte se encontraba en el municipio de Culiacán, Sinaloa, pero al mismo tiempo sugirió que podría extenderse hasta el río Sinaloa. A su vez, la predicción del MDP sugiere que el municipio de Ahome, Sinaloa, es el límite norte de distribución con base en las variables seleccionadas. Por lo demás, en los estudios realizados sobre la herpetofauna del estado de Sonora no se ha reportado hasta la fecha la presencia de *T. ornata* en el sur de la entidad (Bogert y Oliver, 1945; Enderson *et al.*, 2009; Lemos-Espinal *et al.*, 2019).

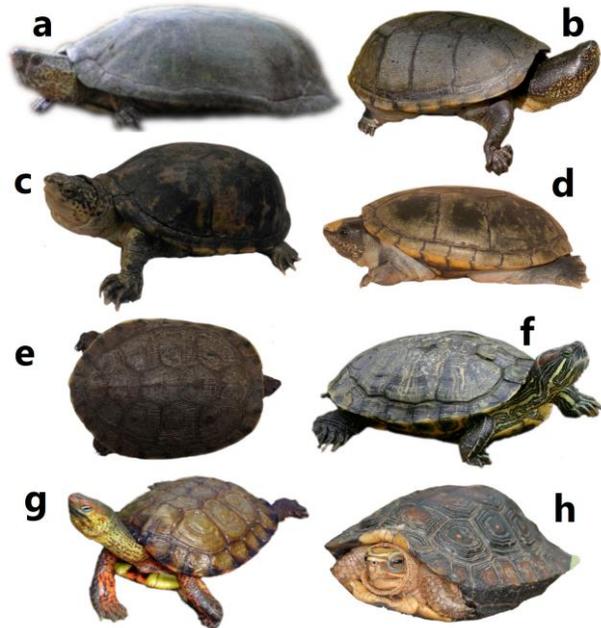


Figura 3. Especies adultas de tortugas dulceacuícolas (sexos no determinados en la mayoría) simpátricas con *T. ornata* (Legler y Vogt, 2013; Casas-Andreu *et al.*, 2015; Turtle Taxonomy Working Group, 2017; Cupul-Magaña *et al.*, 2020). Entre paréntesis se indica la zona de distribución de *T. ornata*, en donde se solapan. a) *Kinosternon alamosae* (zona norte); foto cortesía de J.A. Carrillo García. b) *Kinosternon chimalhuaca* (zona sur); foto cortesía de P. Myska. c) *Kinosternon integrum* (toda la zona). d) *Kinosternon vogti* macho (zona sur); foto cortesía de M.A. López Luna. e) *Trachemys nebulosa hiltoni* macho (zona norte); foto cortesía de C. Cunningham. f) *Trachemys scripta* (toda la zona); foto cortesía de F. McCann. g) *Rhinoclemmys pulcherrima* (toda la zona); foto cortesía de F. McCann. h) *Rhinoclemmys rubida* (potencialmente en la zona sur); fotografía cortesía de E. Ramírez.

En cuanto al límite de distribución sur, el MDP concuerda con el registro de Casas-Andreu *et al.* (2015) para la región de Bahía de Banderas, entre los municipios de Puerto Vallarta y Bahía de Banderas, Jalisco y Nayarit, respectivamente. Esto plantea la necesidad de realizar muestreos más allá de esos límites para conocer la distribución precisa de la especie y las regiones de simpatria con otras especies de tortugas de agua dulce (figura 3).

Agradecimientos

A Oscar Flores Villela, Facultad de Ciencias de la UNAM, por su apoyo con información bibliográfica. USF-G agradece el apoyo del Programa de Doctorado BEMARENA del Centro Universitario de la Costa, Universidad de Guadalajara, y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de doctorado otorgada. A Clare Cunningham, Enrique Ramírez, Frank Mc Cann, Jesús Alfredo Carrillo García, Marco Antonio López Luna y Petr Myska por facilitarnos las imágenes de tortugas. A los revisores anónimos por sus comentarios.

Referencias

Araújo, M.B. y Guisan, A. 2006. Five (or so) challenges for species distribution modeling. *Journal of Biogeography* 33: 1677-1688. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2006.01584.x>.

Bogert, C.M. y Oliver, J.A. 1945. A preliminary analysis of the herpetofauna of Sonora. *Bulletin of the American Museum of Natural History* 83(6): 297-426.

Casas-Andreu, G., Cupul-Magaña, F.G. y Chávez-Avila, S.M. 2015. Primer registro preciso de *Trachemys ornata* (Gray, 1831) (Testudines: Emydidae) para el estado de Jalisco, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 31(3): 477-479. Doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2015.3131091>.

Cuervo-Robayo, A.P., Téllez-Valdés, O., Gómez, M.A., Venegas-Barrera, C., Manjarrez, J. y Martínez-Meyer, E. 2013. An update of high-resolution monthly climate surfaces for Mexico. *International Journal of Climatology* 34(7): 2427-2437. Doi: <https://doi.org/10.1002/joc.3848>.

Cupul-Magaña, F.G. y Mountjoy, J.B. 2012. *Trachemys ornata* (Gray, 1831) (Testudines: Emydidae) en un yacimiento arqueológico del occidente de México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 28(1): 222-226. Doi: <https://doi.org/10.21829/azm.2012.281829>.

Cupul-Magaña, F.G., Escobedo-Galván, A.H. y Carrillo-García, J.A. 2020. *Trachemys nebulosa hiltoni* (Carr 1942): nueva localidad y datos morfométricos del ejemplar depositado en la colección *Mayborn Museum Complex. Ciencia y Mar* XXIV (70): 47-50.

Dormann, C.F., McPherson, J.M., Araújo, M.B., Bivand, R., Bolliger, J., Carl, G., Davies, R.G., Hirzel, A., Jetz, W., Kissling, W.D., Kühn, I., Ohlemüller, R., Peres-Neto, P.R., Reineking, B., Schröder, B., Schurr, F.M. y Wilson, R. 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* 30: 609-629. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05171.x>.

Enderson, E.F., Quijada-Mascareñas, A., Turner, D.S., Rosen, P.C. y Bezy, R.L. 2009. The herpetofauna of Sonora, Mexico, with comparisons to adjoining states. *Check List* 5(3): 632-672. Doi: <https://doi.org/10.15560/5.3.632>.

Flores-Guerrero, U.S. y Cupul-Magaña, F.G. 2018. Nuevos registros y distribución potencial del ciempiés *Scolopendra pomacea* Koch (Scolopendromorpha: Scolopendridae) en México. *Revista Chilena de Entomología* 44(3): 263-270.

Hardy, L.M. y McDiarmid, R.W. 1969. The amphibians and reptiles of Sinaloa, Mexico. *University of Kansas Publications, Museum of Natural History* 18(3): 39-252. Doi: <https://doi.org/10.5962/bhl.part.19990>.

Heiberger, R.M. 2017. HH: Statistical Analysis and Data Display: Heiberger and Holland. R package version 3.1-34. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=HH>. Consultado: 10 de julio de 2019.

Legler, J.M. 1990. The genus *Pseudemys* in Mesoamerica: Taxonomy, distribution, and origins. En Gibbons, J.W., Editor. *Life history and ecology of the slider turtle*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C.

Legler, J.M. y Vogt, R.C. 2013. *The turtles of Mexico: Land and freshwater forms*. University of California Press, Berkeley.

Lemos-Espinal, J.A., Smith, G.R. y Rorabaugh, J.C. 2019. A conservation checklist of the amphibians and reptiles of Sonora, Mexico, with updated species lists. *ZooKeys* 829: 131-160. Doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.829.32146>.

Mateo, R.G., Felicísimo, Á.M. y Muñoz, J. 2011. Modelos de distribución de especies: una revisión sintética. *Revista Chilena de Historia Natural* 84(2): 217-240. Doi: <https://doi.org/10.4067/S0716-078X2011000200008>.

Parham, J.F., Papenfuss, T.J., Buskirk, J.R., Parra-Olea, G., Chen, J.Y. y Simison, W.B. 2015. *Trachemys ornata* or not *ornata*: reassessment of a taxonomic revision for Mexican *Trachemys*. *Proceedings of the California Academy of Sciences* 62: 359-367.

Phillips, S.J. 2017. A brief tutorial on Maxent. URL: http://biodiversityinformatics.amnh.org/open_source/maxent/. Consultado: 10 de julio de 2019.

Phillips, S.J. y Dudík, M. 2008. Modeling of species

distribution with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography* 31: 161-175. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>.

Phillips, S.J., Anderson, R.P. y Schapire, R.E. 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling* 190: 231-259. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>

Smith, H.M. y Smith, R.B. 1979. *Synopsis of the herpetofauna of Mexico. Vol. VI. Guide to Mexican Turtles. Bibliographic addendum III.* John Johnson, North

Bennington, Vermont.

Turtle Taxonomy Working Group [Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Bour, R., Fritz, U., Georges, A., Shaffer, H.B. y van Dijk, P.P.]. 2017. *Turtles of the World: Annotated Checklist and Atlas of Taxonomy, Synonymy, Distribution, and Conservation Status* (8.a ed.). En Rhodin, A.G.J., Iverson, J.B., Van Dijk, P.P., Saumure, R.A., Buhlmann, K.A., Pritchard, P.C.H. y Mittermeier, R.A., Editores. *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: A compilation project of the IUCN/SSC Tortoise and Freshwater Turtle Specialist Group. Chelonian Research Monographs* 7: 1-292.

Citar como: Cupul-Magaña F.G., Flores-Guerrero U.S. y Escobedo-Galván, A.H. 2020 Distribución potencial de la tortuga mesoamericana *Trachemys ornata* en México. *Intropica* 15(1): 66-70. Doi: <http://dx.doi.org/10.21676/23897864.3446>