

DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DEL MAPACHE (*Procyon lotor* L.) EN LA SIERRA MADRE ORIENTAL DE MÉXICO

POTENTIAL DISTRIBUTION OF RACCOON (*Procyon lotor* L.) IN THE SIERRA MADRE ORIENTAL, MÉXICO

Espinoza-García, C.R.¹; Martínez-Calderas, J.M.^{2*}; Palacio-Núñez, J.²

¹Instituto Tecnológico Superior de Irapuato. Departamento de Licenciatura en Biología. Carretera Irapuato-Silao, km 12.5, Irapuato, Guanajuato. 36821, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus San Luis Potosí. Iturbide 73, Salinas de Hidalgo, San Luis Potosí. 78620, México.

*Autor de correspondencia: jesusmanuel@colpos.mx

RESUMEN

El mapache (*Procyon lotor* L.) es un carnívoro mediano sobre cuyo estado poblacional y hábitat aún se conoce poco en algunas zonas del país, como es el caso de la región central de la Sierra Madre Oriental (SMOr). Recientemente se ha incrementado la aplicación de modelos de distribución potencial (MDP) para localizar áreas que reúnan condiciones ambientales capaces de soportar la población de una especie determinada. En el presente trabajo, mediante el algoritmo MaxEnt, se predijo la distribución potencial de este mamífero en la SMOr, considerando áreas de los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí. El modelo se realizó con 30 registros y 10 variables ambientales. La calidad fue buena ($AUC=0.984\pm 0.006$) y las variables que contribuyeron mayormente al modelo fueron: distancia a cuerpos de agua (25.6%), isoterma (22.4%), tipo de vegetación (12.7%), cobertura vegetal (9.3%) y densidad de población humana (7.6%). El modelo estimó 39.2% (161,685 km²) del área de estudio como hábitat adecuado para la distribución del mapache y la mayor área potencial fue al suroeste del sitio de estudio por presentar mayor hábitat continuo, a diferencia de la región norte y sur donde se presentaron parches aislados de vegetación.

Palabras clave: prociónido, carnívoro mediano, distribución potencial, MaxEnt.

ABSTRACT

Raccoons (*Procyon lotor* L.) are medium-sized carnivores about which little is still known in certain regions about their population and habitat status; that is the case of the Sierra Madre Oriental (SMOr) central region. Recently, the application of potential distribution models (PDM) has increased, to locate areas that present environmental conditions capable of supporting the population of a determinate species. In this study, the potential distribution of this mammal in the SMOr was predicted through the MaxEnt algorithm, considering areas in the states of Guanajuato, Querétaro and San Luis Potosí. The model was carried out with 30 records and 10 environmental variables. The quality was good ($AUC=0.984\pm 0.006$), and the variables that contributed most to the model were: distance to bodies of water (25.6%), isothermal condition (22.4%), types of vegetation (12.7%), plant coverage (9.3%) and density of human population (7.6%). The model estimated 39.2% (161,685 km²) of the study area as adequate habitat for raccoon distribution, and the largest potential area was the southwest of the study area because there was more continuous habitat, compared to the north and south region, where there were isolated vegetation patches.

Keywords: procyonids, medium-sized carnivore, potential distribution, MaxEnt.



INTRODUCCIÓN

El mapache

(*Procyon lotor* L.) es un carnívoro mediano de amplia distribución. En México habita prácticamente en todo el país, excepto en el centro de la península de Baja California (Hall, 1981; Ceballos y Arroyo-Cabrera, 2013). A pesar de que es la especie más estudiada de los siete miembros de la familia Procyonidae presentes en México (Ceballos y Arroyo-Cabrera, 2013), no se ha investigado mucho en cuanto a su distribución y requerimientos de hábitat (Carrillo *et al.*, 2001; Timm *et al.*, 2008). Los modelos de distribución potencial (MDP) determinan las áreas con las condiciones ambientales propicias para la población de una especie (Peterson *et al.*, 2011), y son de especial importancia para cubrir los huecos de conocimiento de esta especie. El objetivo de este estudio fue generar un MDP para el mapache en la región central de la Sierra Madre Oriental (SMOr), y conocer las principales variables que explican su distribución potencial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la región central de la SMOr, en la porción correspondiente a los estados de San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro, con un área total de 413,102.5 km² (Figura 1). La topografía es de muy rugosa y escabrosa a ondulada y plana, con condiciones climáticas templadas a cálidas, precipitación media anual en el gradiente de 300 mm a 3,000 mm (INEGI, 2011). La altitud oscila entre 200 m y 3,600 m (INEGI, 2008). Los principales tipos de vegetación son: bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, selva alta perennifolia, selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, matorral xerófilo, matorral desértico rosetófilo, matorral crasicaule, matorral submontano y mezquite (Rzedowski, 2006).

Obtención de registros

Se recabaron registros del mapache por medio de bases de datos y trabajo de campo. Se utilizó el facilitador de bases de datos de Global Biodiversity Information Facility (GBIF), de la Unidad Informática para la Biodiversidad (UNIBIO) y de las bases de datos en línea de proyectos de SNIB-CONABIO (López-Wilchis, 1998; León-Paniagua, 1999; León-Paniagua *et al.*, 2001). El trabajo de campo se realizó por medio de entrevistas, colecta de rastros y fototrampeo (Figura 2). Se realizaron 280 entrevistas en comunidades entre mayo de 2006 y agosto de 2010, siguiendo la técnica de Rabinowitz (1997), dirigidas a peleteros, cazadores y campesinos, tanto pequeños propietarios como ejidatarios. Se usó una cla-

sificación según los criterios propuestos por Tewes y Everett (1986), dependiendo de la confiabilidad de las respuestas, basados en una descripción confiable y en el posterior reconocimiento de la especie por parte del entrevistado, discerniendo entre fotografías de distintos animales (Rabinowitz, 1997). Los sitios señalados de presencia confiable fueron georreferenciados y sirvieron de base para la búsqueda de rastros, tales como huellas, y para establecer sitios para foto trampeo. Para esto último, se usaron 20 trampas cámara de diferentes modelos, con un esfuerzo de muestreo de cuatro meses, dos en 2007 y dos en 2008, en 45 localidades, dando un total de 6,380 noches trampa.

Elaboración del Modelo de distribución potencial

Se consideraron 29 variables en formato ráster, con resolución de 1 km²: 19 variables bioclimáticas de WorldClim 1.4 (Hijmans *et al.*, 2005), tipo de suelo (INEGI, 2007), cobertura vegetal (Hansen *et al.*,

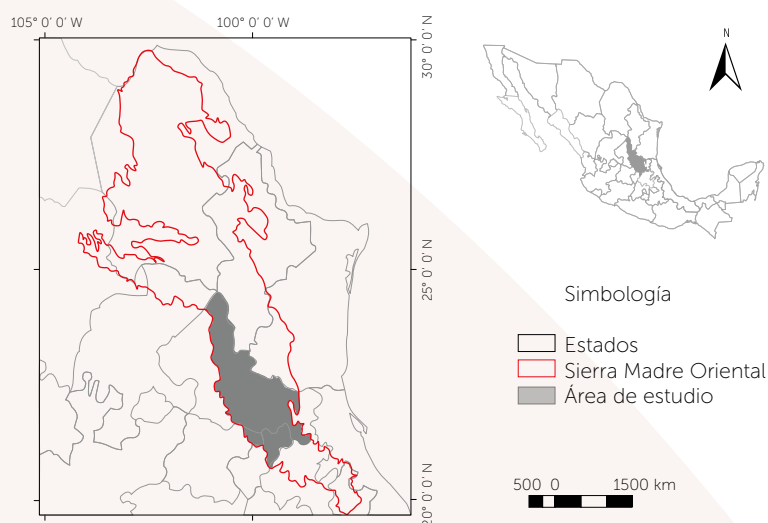


Figura 1. Área de estudio que involucra parte de los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí en la región centro de la Sierra Madre Oriental (SMOr).

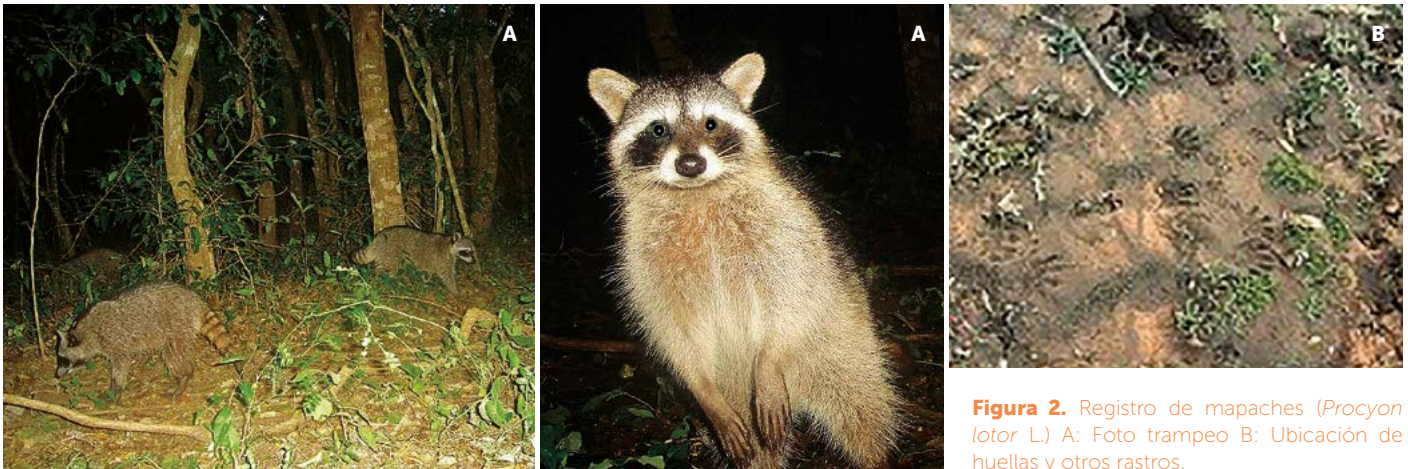


Figura 2. Registro de mapaches (*Procyon lotor* L.) A: Foto trapeo B: Ubicación de huellas y otros rastros.

2000), tipo de vegetación (INEGI, 2005), distancia a cuerpos de agua (INEGI, 2004), tres derivadas del modelo digital de elevación (altitud, orientación y pendiente) (INEGI, 2008) y dos capas de aspectos antrópicos (INEGI, 2004; CIAT, 2005). Para minimizar la colinealidad entre las variables se realizó una correlación de Pearson con el programa ENM Tools 1.4 (Warren *et al.*, 2009), seleccionándose solo las variables con valores $|r| < 0.7$ (Dormann *et al.*, 2013). Para el modelado se utilizó el algoritmo MaxEnt versión 3.3.3k (Phillips *et al.*, 2006), donde 70% de los datos se usaron para construir el modelo y 30% para evaluarlo y validarlo. Se consideró el área bajo la curva (AUC) generada por el algoritmo para evaluar la calidad del modelo, obteniendo una salida gráfica que muestra la sensibilidad (capacidad de discriminación de la presencia) contra la especificidad (capacidad de discriminación de la ausencia). Mediante una prueba de Jackknife se evaluaron las variables en el modelo y se obtuvo el porcentaje de aportación de cada una. Por último, se creó el mapa final de distribución potencial del mapache en la región central de la SMOr utilizando ArcGIS 9.2 (ESRI, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron 30 registros de mapache para la región centro de la SMOr; seis pertenecen a bases de datos y 24 de trabajo de cam-

po (un avistamiento, 19 rastros y cuatro capturas con foto trapeo), y todos estos registros fueron utilizados para la realización del modelo. Éstos fueron localizados en vegetación tropical (selva alta perennifolia y selva baja caducifolia 40.2%), pastizales (26.6%), vegetación templada (bosque de encino, encino-pino y mesófilo de montaña 13.3%), áreas agrícolas (10%), matorral submontano (6.6%) y área urbana (3.3%). En relación con la cobertura vegetal, 53.4% de los registros se ubicaron en vegetación cerrada (>75% de cobertura aérea) y 36.4% en áreas de cobertura alta de pastizales y sus asociaciones. El resto (10.2%) se presentó en matorrales y áreas de cultivo. Se obtuvo un modelo confiable ($AUC = 0.984 \pm 0.006$) (Figura 3) donde, para explicar la distribución potencial, 10 variables presentaron valores de $|r| < 0.7$. La mayor contribución presentaron la distancia a cuerpos de agua, la isothermalidad, el tipo y cobertura vegetal, y la densidad humana (Cuadro 1).

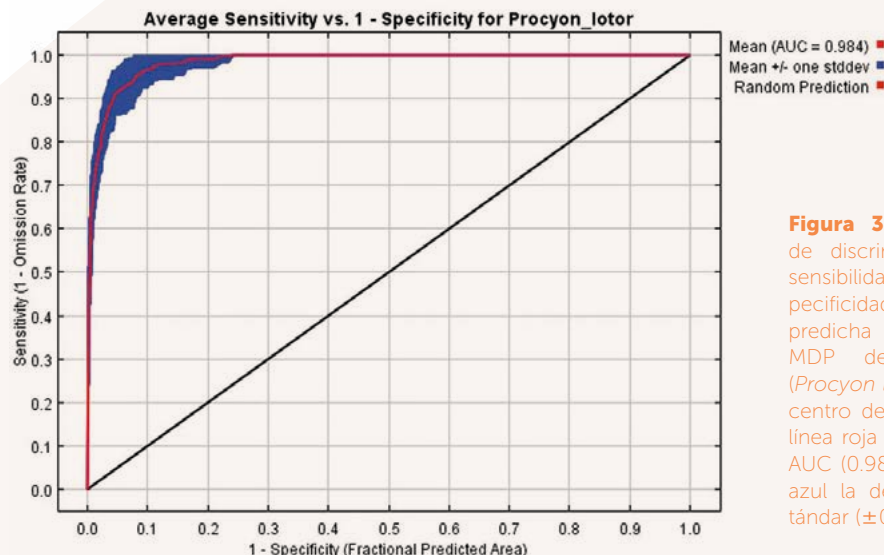


Figura 3. Capacidad de discriminación de sensibilidad versus especificidad del área predicha del AUC del MDP del mapache (*Procyon lotor* L.) en el centro de la SMOr. La línea roja representa el AUC (0.984) y la franja azul la desviación estándar (± 0.006).

La variable distancia a cuerpos de agua (Figura 4) contribuyó significativamente al MDP de esta especie y 63% de los registros se localizaron a 0 m, a 1,000 m. Esta especie es adaptable a diferentes condiciones de hábitat, siempre y cuando tenga agua cercana (Guerrero *et al.*, 2000; Valenzuela, 2005), y se considera que es un factor primario que influye en su distribución y abundancia (Henner-Lotze y Anderson, 1979; Valenzuela, 2005). La segunda variable en importancia fue isothermalidad o temperatura constante (Bio03), resaltando que ésta no es mencionada en otros estudios como importante. En condición de temperatura muy baja los mapaches reducen su actividad, aunque no hibernan (Schneider *et al.*, 1971; Glueck *et al.*, 1988; Kamler y Gipson 2003). Sin embargo, en el área de estudio las condiciones climáticas registradas para el gradiente altitudinal son de templadas a cálidas. Si bien la mayoría de los registros se ubicaron en sitios boscosos, con cobertura vegetal alta, también se localizaron en zonas de pastizal, e incluso, en áreas de cultivo. En general, las zonas de selvas y bosques proporcionan gran disponibilidad de recursos y protección (Endres y Smith, 1993), pero sitios menos vegetados, como pastizales, también son utilizados por el mapache (Kamler y Gipson, 2003). Finalmente, la variable de densidad poblacional humana contribuyó significativamente al MDP, ya que su presencia en áreas agrícolas suele estar relacionada a cercanía de agua con vegetación natural densa en las orillas (Valenzuela, 2005), y se le considera como plaga agrícola por ocasionar daños en diversos cultivos (Ceballos y Galindo, 1984; Guerrero *et al.*, 2000; Valenzuela, 2005). El mapache se reporta como oportunista; además de causar daños a cultivos, también acude a basureros o depreda pequeños animales



Figura 4. Cuerpos de agua y vegetación densa como variables importantes para la distribución del mapache (*Procyon lotor* L.) en el centro de la SMOr.

Cuadro 1. Contribución de las variables ambientales al MDP del mapache (*Procyon lotor* L.) en el centro de la SMOr.

Variable	Contribución al modelo (%)
Distancia a cuerpo de agua	25.6
Isotermalidad (Bio3)	22.4
Tipo de vegetación	12.7
Cobertura vegetal	9.3
Densidad de población humana	7.6
Precipitación estacional (Bio15)	6.5
Orientación de la pendiente	5.8
Pendiente	4.2
Altitud	2.7
Temperatura estacional (Bio4)	2.4
Tipo de suelo	0.8

de granja (*i. e.* Rosatte *et al.*, 1991; Prange *et al.*, 2003; Valenzuela, 2005; Bozek *et al.*, 2007). En el área de estudio la población humana suele concentrarse en pequeñas y medianas poblaciones, pero también se encuentran casas aisladas o dispersas en la zona, lo cual no parece ser un factor limitante para la presencia de esta especie.

De la superficie total del área de estudio, sólo 39.2% (161,685 km²) es hábitat adecuado para la distribución del mapache. Las principales áreas se registraron en la parte sur y el sureste, y parches aislados en el norte (Figura 5). La zona presenta un paisaje fragmentado (Figura 6) donde existen remanentes de vegetación cerrada en terrenos con pendientes pronunciadas, frecuentemente escabrosas, impráctico para la agricultura y la ganadería (Reyes *et al.*, 2014). La supervivencia de las especies

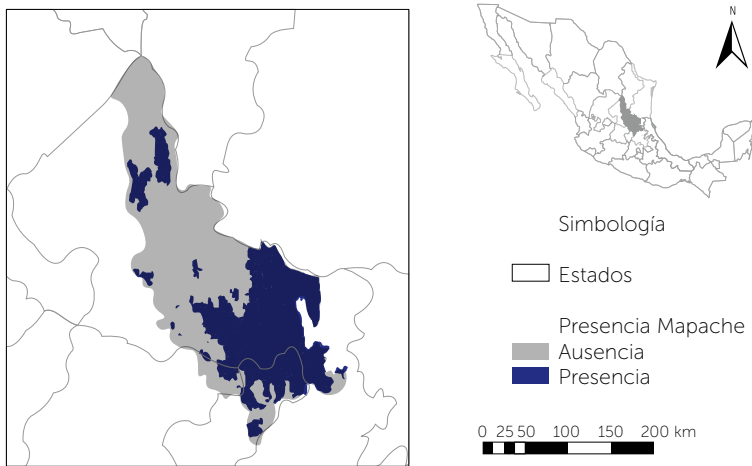


Figura 5. Distribución potencial del mapache (*Procyon lotor* L.) en la región central de la SMOr. El color azul indica sitios con posible presencia y el gris a los sitios con nula posibilidad.

en los hábitats fragmentados depende de su habilidad para moverse entre parches, acceder a los recursos necesarios, conservar su diversidad genética y mantener su capacidad reproductiva como población (Nupp y Swihart, 2000; Gehring y Swihart, 2004). Es fundamental considerar estos puntos en planes de conservación para esta y otras especies dentro del área de estudio donde se deberán considerar conectividad mediante corredores ecológicos que permitan su movilidad y su intercambio genético y, de esta manera, garantizar su permanencia a largo plazo.

CONCLUSIONES

La distribución potencial del mapache en la porción centro Sierra Madre Oriental de México está influida básicamente por la cercanía a cuerpos de agua y la presencia de bosques o selvas con cobertura vegetal densa. La mayor área de distribución potencial se presentó al sureste del sitio de estudio y para el área restante la distribución aparece en superficies fragmentadas (parches) aisladas. Si bien esta es una especie oportunista y adaptable con la presencia humana, su viabilidad a largo plazo depende de que siga contando con hábitat propicio y mantenga su diversidad genética mediante conectividad.

LITERATURA CITADA

Bozek C., Prange S., Gehrt S. 2007. The influence of anthropogenic resources on multi-scale habitat selection by raccoons. *Urban Ecosystems*. 10(4): 413-425.

- Carrillo E., Wong G., Rodríguez M. 2001. Hábitos alimentarios del mapachín (*Procyon lotor*) (Carnivora: Procyonidae) en un bosque muy húmedo tropical costero de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*. 49(3-4): 1193-1197.
- Ceballos G., Arroyo-Cabral J. 2013. Lista actualizada de los mamíferos de México 2012. *Revista Mexicana de Mastozoología (Nueva Época)*. 2(1): 27-80.
- Ceballos G., Galindo C. 1984. Mamíferos Silvestres de la Cuenca de México. LIMUSA-Instituto de Ecología. México. 299 p.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), United Nations Environment Program (UNEP), Center for International Earth Science Information Network (CIESIN), Columbia University, The World Bank. 2005.



Figura 6. El hábitat fragmentado por actividad agropecuaria es uno de los principales problemas para mantener poblaciones viables del mapache (*Procyon lotor* L.).



- Latin American and Caribbean Population Data Base. Version 3. Fecha de consulta: 19/07/13. Disponible en: <http://www.na.unep.net/datasets/datalist.php3> ó <http://gisweb.ciat.cgiar.org/population/dataset.htm>
- Dormann C.F., Elith J., Bacher S., Buchmann C., Carl G., Carré G., García-Marqu岸ez J.R., Gruber B., Lafourcade B., Leitão P.J., Münkemüller T., McClean C., Osborne P.E., Reineking B., Schröder B., Skidmore A.K., Zurell D., Lautenbach S. 2012. Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36(1): 27-46.
- Endres K., Smith W. 1993. Influence of age, sex, season and availability on den selection by raccoons within the central basin of Tennessee. *American Midland Naturalist*. 129: 116-131.
- ESRI. 2006. ArcGIS Desktop 9.2. Environmental System Research Institute. Redlands, California.
- Gehring T.M., Swihart R.K. 2004. Home range and movements of long-tailed weasels in a landscape fragmented by agriculture. *Journal of Mammalogy*. 85: 79-86.
- Glueck T., Clark F., Andrews R. 1988. Raccoon movement and habitat use during the fur harvest season. *Wildlife Society Bulletin*. 16: 6-11.
- Guerrero S., Sandoval M., Zalapa S. 2000. Determinación de la dieta de mapache (*Procyon lotor*) en la costa sur de Jalisco. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.). 80: 211-221.
- Hall E.R. 1981. *Mammals of North America*. Vols. 1 and 2. New York, USA: John Wiley. 1175 p.
- Hansen M., DeFries R., Townsend J.R.G., Sohlberg R. 2000. Global land cover classification at 1 km resolution using a classification tree approach. *International Journal of Remote Sensing*. 21: 1331-1365.
- Henner-Lotze J., Anderson, S. 1979. *Procyon lotor*. *Mammalian Species*. 119: 1-8.
- Hijmans R.J., Cameron S.E., Parra J.L., Jones P.G., Jarvis A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*. 25: 1965-1978.
- INEGI. 2004. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Topografía, Escala 1:250,000, Serie II. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México.
- INEGI. 2005. Conjunto de datos vectoriales de la Carta de Uso del Suelo y Vegetación, Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México.
- INEGI. 2007. Conjunto de datos vectoriales edafológicos. Escala 1:250,000, Serie II, Continuo Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México.
- INEGI. 2008. Continuo de Elevación Nacional. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática Aguascalientes, México. Fecha de consulta: 25/11/11. Disponible en <http://mapserver.inegi.org.mx>.
- INEGI. 2011. Cartas geográficas de clima, suelo y precipitaciones, Escalas 1: 100,000 y 1: 250,000, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Aguascalientes, México.
- Kamler J., Gipson G. 2003. Space and habitat use by male and female Raccoons, *Procyon lotor*, in Kansas. *Canadian Field Naturalist*. 117(2): 218-223.
- León-Paniagua L. 1999. Distribución geográfica de las aves y los mamíferos del estado de Querétaro. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Proyecto No. H160. México, D.F.
- León-Paniagua L., Rojas Soto O.R., Ortiz D. 2001. Distribución geográfica de las aves y los mamíferos de las zonas montañosas de los estados de San Luis Potosí e Hidalgo circundantes de la Sierra Gorda. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias. Bases de datos SNIB2010-CONABIO. Proyecto No. L176. México. D.F.
- López-Wilchis R. 1998. Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. P130. México D. F.
- Nupp T.E., Swihart R.K. 2000. Landscape-level correlates of small mammal assemblages in forest fragments of farmland. *Journal of Mammalogy* 81(2): 512-526.
- Peterson A., Soberón J., Pearson R., Anderson R., Martínez-Meyer E., Nakamura M., Bastos-Araujo M.. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distribution*. Princeton and Oxford, USA: Princeton University Press.
- Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E. 2006. A maximum entropy modelling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190(3): 231-259.
- Prange S., Gehrt S., Wiggers E. 2003. Demographic factors contributing to high raccoon densities in urban landscapes. *Journal of Wildlife Management*. 67(2): 324-333.
- Rabinowitz A.R. 1997. *Wildlife field research and conservation training manual*. Wildlife Conservation Society. New York. 227p.
- Reyes H., Vázquez B.M., Jasso C., Aguilar M. 2014. Tree species composition in tropical forest remnants of highly deforested regions: the case of the Huasteca Potosina Region, Mexico. *Natural Resources*. 5: 1020-1030.
- Rosatte R., Power M., Macinnes C. 1991. *Wildlife Conservation in Metropolitan Environment*, in: L. Adams, D. Leedy (Eds.). *Ecology of urban skunks, raccoons and foxes in Metropolitan Toronto* (pp. 31-38). National Institute for Urban Wildlife. Columbia, USA.
- Rzedowski J. 2006. *La vegetación de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
- Schneider D., Mech L., Tester J. 1971. Movements of female raccoons and their young as determined by radio-tracking. *Animal Behaviour Monographs*. 4: 1-43.
- Tewes M.E., Everett D. 1986. Status and distribution of the endangered ocelot and jaguarondi in Texas. In: Miller, S.D y D.D. Everett (Eds.), *Cats of the world: biology, conservation and management*. (pp. 147-158). National Wildlife Federation, Washington, D.C.
- Timm R., Cuarón A., Reid F., Helgen K. 2008. *Procyon lotor*. En: UICN 2012. *Lista Roja de la UICN de Especies Amenazadas*. Fecha de consulta: 31/10/14: disponible en: www.iucnredlist.org
- Valenzuela D.G. 2005. Mapache. In: Ceballos G., Oliva G. (Eds), *Los mamíferos silvestres de México*. (Pp. 415-417). FCE.-CONABIO. México.
- Warren D.L., Glor R.E., Turelli M. 2009. ENMTools: a toolbox for comparative studies of environmental niche models. *Ecography*. 33(3): 607-611.