

Proyecto GEF-PNUD 089333 “Aumentar las capacidades nacionales para el manejo de las especies exóticas invasoras (EEI) a través de la implementación de la Estrategia Nacional”

SERVICIO DE CONSULTORÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGO DETALLADO PARA TORTUGAS CON POTENCIAL INVASOR EN MÉXICO

Diciembre 2016

- *Chrysemys picta*
- *Pseudemys nelsoni*
- *Trachemys scripta* y subespecies

Consultor: Carlos Alberto Yáñez Arenas, Red para la Conservación de los Anfibios y Reptiles de Yucatán



CONABIO
COMISIÓN NACIONAL PARA EL
CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

Yáñez-Arenas, C., Díaz-Gamboa, L. Rodríguez-Pérez, A., Salmerón-Flores, A., Patrón-Rivero, C., López-Reyes, K., Rodríguez-Silva, E. & Buenfil-Ávila, A. 2016. Análisis de riesgo de tortugas con potencial invasor en México. Informe final entregado a la CONABIO y al PNUD en el marco del proyecto GEF 0089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el Manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional de EEI”. Unidad Académica de Yucatán -UNAM, México. 55 pp. + 5 Anexos.

Proyecto SDC-89-2015

Tortugas con potencial invasor en México: revisión bibliográfica y análisis de riesgo

Trachemys scripta –y subespecies–, *Chrysemys picta* y *Pseudemys nelsoni*

Reporte final (Febrero 2017)

Consultor:

Carlos Alberto Yáñez Arenas

Colaboradores:

Luis Fernando Díaz Gamboa

Jesús Adrián Rodríguez Pérez

Azeneth Salmerón Flores

Carlos Manuel Patrón Rivero

Kevin Alejandro López Reyes

Emmanuel Rodríguez Silva

Aura Buenfil Ávila

CONTENIDO

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
MÉTODOS	7
Reporte detallado por especie	7
Base de datos de presencias.....	7
Análisis de riesgo.....	7
Modelos correlativos de nicho ecológico	8
REPORTE DETALLADO POR ESPECIE.....	11
<i>Chrysemys picta</i>	11
<i>Pseudemys nelsoni</i>	25
<i>Trachemys scripta</i> y subespecies (<i>scripta</i> , <i>elegans</i> y <i>troosti</i>).....	32
RESULTADOS	50
CONCLUSIONES	53
ANEXOS	55
Anexo I. Registros de presencia por especie.....	55
Anexo II. Modelos para el análisis de riesgo por especie con base en Bomford (2008).	58
Anexo III. Mapas de favorabilidad ambiental por especie.	66
Anexo IV. Mapas categóricos de condiciones adecuadas por especie.	71
Anexo V. Análisis MESS por especie.	76
REFERENCIAS.....	77

RESUMEN

Las invasiones biológicas representan uno de los fenómenos que más afectan a la biodiversidad y a los ecosistemas en el mundo. El objetivo de este proyecto fue fortalecer el conocimiento acerca del potencial invasor en México de tres especies de tortugas exóticas, identificadas como amenaza potencial, para apoyar la toma de decisiones respecto a la implementación de acciones preventivas, de control y manejo. En este documento se presentan: 1.- un reporte con una revisión detallada de toda la información referente a cada especie, 2.- una evaluación de riesgo de establecimiento para estas especies con base tres análisis propuestos por Bomford (2008), y 3.- modelos correlativos de nicho ecológico para estimar su favorabilidad ambiental y condiciones adecuadas en México. *Pseudemys nelsoni* y *Chrysemys picta* representan un riesgo serio, mientras que *Trachemys scripta* representa un riesgo extremo (especialmente la subespecie *T. s. elegans*). De acuerdo con las transferencias de los modelos de nicho con mejor capacidad predictiva (Maxent para *Pseudemys nelsoni* y *Chrysemys picta*; NicheA para *Trachemys scripta*) existen condiciones ambientales adecuadas para el establecimiento de estas especies en una gran porción del territorio nacional. No obstante, estos modelos deben ser tomados con cautela en las regiones del país que no presentan condiciones ambientales análogas a sus áreas de distribución nativa.

INTRODUCCIÓN

Las invasiones biológicas son consideradas la segunda causa de extinción de especies, después de la pérdida y destrucción de hábitat (Richardson & Pyšek 2011). La introducción de especies exóticas se ha visto acompañada en un 90% de las ocasiones, de procesos de colonización humana al trasladar especies intencionalmente, de un continente a otro, para usos como especies cinegéticas, control de plagas, alimento, mascotas entre otros (Gutiérrez 2006). Estas especies introducidas tienen un impacto directo sobre las especies nativas y los ecosistemas mediante fenómenos de depredación, competencia, propagación de enfermedades, modificaciones en la composición de las redes tróficas (Manchester & Bullock 2000) e hibridación con las especies nativas (Mooney & Cleland 2001).

Dentro de los vertebrados, los reptiles han tenido menos éxito que los mamíferos y las aves (alrededor de un tercio de las especies de aves y dos tercios de especies de mamíferos liberados a nuevos ambientes establecen poblaciones silvestres) de establecer poblaciones silvestres en nuevas regiones (Bomford 2003). Sin embargo, gran parte del comercio de mascotas exóticas en el mundo está representado por reptiles. Por ejemplo, Estados Unidos importa legalmente más de un 1.7 millones de reptiles exóticos anualmente (Bomford 2003). Y es cada vez más evidente que éstos tienen la capacidad de causar efectos directos e indirectos considerables en los ecosistemas (e.g. Fritts & Rodda 1998, Rogers & Randolph 2000, Traveset & Riera 2005, Dorcas *et al.*, 2012). Además de que una vez establecidos son, por lo general, extremadamente difíciles o imposibles de manejar (Engeman *et al.*, 2011).

Probablemente Florida es el ejemplo más claro de esto. Este estado, junto con Hawaii, tiene uno de los peores problemas de especies invasoras en los Estados Unidos, principalmente de reptiles exóticos. Muchas de estas especies ya han establecido poblaciones silvestres en estas regiones y representan un verdadero reto de manejo y control (Engeman *et al.*, 2011). Entre los principales factores que inciden sobre este descontrolado problema de invasiones en Florida están: su clima tropical; que es uno de los puertos más importantes de entrada de vida silvestre en el país (legal e ilegal); su floreciente industria de animales silvestres como mascotas; y su ubicación geográfica en un área de huracanes que al pasar pueden destruir cercos e infraestructura provocando que animales bajo contención queden libres (Corn *et al.*, 2002, Hardin 2007).

Para México se conocen alrededor de once especies de reptiles que han sido introducidas o trasladadas, y aunque en comparación con otros grupos (e.g. mamíferos y aves) pudiera parecer que la herpetofauna no representa cuantitativamente un riesgo para la biodiversidad, los impactos locales en muchas regiones de México son graves y en algunos casos irreversibles (Lazcano *et al.*, 2010). Sin embargo, el comercio mundial de especies silvestres exóticas es un industria de billones de dólares que sigue creciendo (Smith *et al.*, 2009). Esto conlleva a que exista una demanda de ejemplares e intereses económicos presionando para una apertura de mercado, la cuál debe ser autorizada, negada o regulada por las dependencias gubernamentales competentes en la materia. Éstas a su vez deben tomar estas decisiones con base en evaluaciones y análisis robustos

de los impactos positivos y negativos que se pudieran derivar de la introducción de especies exóticas.

Este reporte detalla información que servirá de base para estimar los impactos mencionados en el párrafo anterior por tres especies de tortugas exóticas con potencial invasor para México (identificadas previamente por la CONABIO). Para cada especie se desarrolló: 1.- un reporte detallado dónde se describen aspectos sobre su biología, uso y comercialización, rutas de introducción, potencial de establecimiento y colonización, impactos, control, mitigación y normatividad, además de datos sobre solicitudes de importación, importaciones efectuadas y decomisos para México en los últimos años. 2.- un análisis de riesgo con base en tres distintos modelos propuestos por el Centro de Investigación Cooperativo en Animales Invasores de Australia (Invasive Animals Cooperative Research Centre; Bomford 2008), y 3.- un análisis (con base en modelos correlativos de nicho ecológico) para identificar las condiciones ambientales donde pudieran establecer poblaciones silvestres en caso de liberación accidental o intencional.

MÉTODOS

Reporte detallado por especie

Se desarrolló un reporte detallado para cada especie dónde se describieron aspectos sobre su biología, uso y comercialización, rutas de introducción, potencial de establecimiento y colonización, impactos, control, mitigación y normatividad. La información se obtuvo a través de una búsqueda exhaustiva en artículos científicos, notas científicas, libros, tesis y páginas web. Cuando se encontró información que no concordaba entre los materiales bibliográficos mencionados la prioridad se asignó en el orden mencionado. Además de la búsqueda bibliográfica se contactó algunos investigadores expertos en las especies para recabar mayor información biológica. También se gestionó, vía la Plataforma Nacional de Transparencia, información al Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA) y a La Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) sobre solicitudes de importación, importaciones efectuadas y decomisos para México en los últimos años. Esta información se utilizó para complementar rubros como: origen de los individuos comercializados, rutas de introducción y análisis económico. Para este último, se estimaron los ingresos aproximados por especie para nuestro país en el tiempo evaluado, esto con base en los datos de importaciones efectivas y los precios por ejemplar (ingresos = precio por ejemplar * cantidad de ejemplares importados).

Base de datos de presencias

Por cada especie se realizó una búsqueda exhaustiva de registros de presencia georreferenciados a partir de colecciones biológicas regionales y colecciones digitales como REMIB (http://www.conabio.gob.mx/remib_ingles/doctos/remib_ing.html), GBIF (<http://www.gbif.org>), VertNet (<http://www.vertnet.org>) y literatura científica especializada. Los registros de presencia de las especies se obtuvieron para las localidades correspondientes a su distribución nativa así como para las zonas invadidas en todo el mundo. La información obtenida se estructuró para que pueda ser incluida en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad de CONABIO (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Análisis de riesgo

Se llevó a cabo una evaluación del riesgo para establecimiento de tortugas exóticas con base en tres modelos propuestos por el Centro de Investigación Cooperativo en Animales Invasores de Australia (Invasive Animal sCooperative Research Centre; (Bomford 2008)). Éstos integran características biológicas de las especies, evidencia empírica sobre la capacidad que han tenido para establecer poblaciones silvestres fuera de su rango nativo de distribución, y un análisis cuantitativo de similitud climática entre las áreas donde se distribuyen actualmente (de manera natural e introducida) y México.

Esta similitud se calculó mediante el programa 'Climatch' (BRS 2009) el cuál utiliza dos algoritmos (algoritmo euclidiano y "Closest Standard Score") que relacionan 16

parámetros climáticos (ocho variables de temperatura y ocho de precipitación) de estaciones meteorológicas en las regiones seleccionadas por el usuario en todo el mundo con estaciones de la región de interés (Crombie *et al.*, 2008).

Con respecto a los modelos utilizados, el primero, llamado de aquí en adelante 'Modelo original (Bomford 2006)', es el modelo de riesgo publicado por (Bomford *et al.*, 2005) (modificado por (Bomford 2006)) en el que el valor de riesgo se estimó a partir de tres rubros: 1.- similitud climática, 2.-capacidad de la especie para establecer poblaciones silvestres fuera de su rango de distribución nativa, y 3.- porcentaje de introducciones exitosas por familia taxonómica. El segundo modelo, nombrado de aquí en adelante 'modelo de aves y mamíferos para reptiles y anfibios', también se basa en los rubros uno y dos del modelo anterior, sin embargo el rubro tres se calculó con base en el área total en km² donde la especie analizada se distribuye actualmente. El tercer modelo [llamado de aquí en adelante 'Modelo basado en Bomford *et al.*, (2008)] está basado en los análisis desarrollados por (Bomford *et al.*, 2008) para evaluar el éxito de establecimiento de reptiles y anfibios exóticos en Gran Bretaña, California y Florida. En el primer rubro de este modelo, (Bomford *et al.*, 2008) proponen, a partir de evidencia empírica, una serie de valores de efecto aleatorio asignados por defecto a las familias taxonómicas de las especies que analizaron. El segundo rubro es el cociente de dividir el número de jurisdicciones donde la especie se ha establecido fuera de su rango nativo sobre el número de jurisdicciones donde ha sido introducida. Finalmente, el tercer rubro se obtuvo a partir del análisis de similitud climática pero 'suavizando' los valores crudos mediante una regresión penalizada por 'splines' (Bomford 2008).

Las categorías de riesgo asignadas son las mismas (bajo, moderado, serio y extremo) para los tres modelos y se establecieron a partir de los valores calculados individualmente para cada especie (para la especie *T. scripta* se detalla el riesgo para tres de las subespecies más comercializadas en México).

Modelos correlativos de nicho ecológico

Además del análisis de 'Climatch' (BRS 2009) se utilizaron otras dos herramientas para identificar las condiciones ambientales adecuadas para las especies de tortugas (y las tres subespecies de *T. scripta*) con potencial invasor en México: Maxent 3.3.3.k (Phillips *et al.*, 2006) y NicheA, versión 1.2 (Qiao *et al.*, 2016). El primero es un algoritmo que aplica el principio de máxima entropía para estimar favorabilidad ambiental a partir de un conjunto de funciones que correlacionan predictores ambientales con datos de presencia (Warren & Seifert 2011). El segundo, es una plataforma en la cual se pueden crear, en un espacio ambiental, los nichos de las especies como poliedros y elipsoides por volumen mínimo a partir de sus presencias. Estos nichos pueden luego proyectarse en la geografía para estimar favorabilidad ambiental y representar distribuciones potenciales (Qiao *et al.*, 2016). Ambos requieren como insumos registros de presencia georreferenciados (datos biológicos) y predictores digitalizados (datos ambientales).

Datos biológicos:

La base de datos de registros de presencia de cada especie (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015') se depuró para eliminar errores de identificación, de

georreferenciación y registros duplicados. De esta segunda base se extrajeron los registros que no se encontraban bajo la condición de manejo en la categoría ‘establishment’ (establecimiento) de la base GBIF. Luego se le integró a cada ocurrencia información sobre el nivel de antropización que le correspondía (Ellis *et al.*, 2013), esto para identificar los registros que provenían de grandes urbes. Finalmente se aplicó un filtro de distancias (buffer de 50 km de radio) para disminuir la autocorrelación espacial y el sobreajuste durante la calibración de los modelos (Veloz 2009, Boria *et al.*, 2014).

Datos ambientales:

Se obtuvo un conjunto de coberturas ambientales de la base CliMond (Kriticos *et al.*, 2012); <https://www.climond.org/>) a una resolución espacial de 10' (~20 km²). Se decidió emplear este conjunto de variables en lugar de las de WorldClim(Hijmans *et al.*, 2005), sacrificando resolución por mayor número de dimensiones del nicho. CliMond tiene las mismas 19 variables derivadas de precipitación y temperatura que se pueden descargar de WorldClim más 16 derivadas de humedad y radiación. Esta última es particularmente importante para los reptiles por su condición de ectotermos(Dubois *et al.*, 2009, Norris & Kunz 2012). Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para reducir la multicolinealidad y las dimensiones en las coberturas ambientales utilizando la función PCARaster de la paquetería ENMGadgets (Barve & Barve 2013) en R (R Development Core Team 2012). Posteriormente, se retuvieron únicamente los primeros ocho componentes ya que explicaron más del 95% de la varianza global.

Calibración y transferencia de los modelos:

Los modelos de nicho ecológico se calibraron usando Maxent y NicheA en un área que representó una hipótesis de accesibilidad histórica para cada especie (región M *sensu* (Soberón & Peterson 2005), ya que está bien documentado que no definir una región de análisis con sentido biológico puede afectar los procesos de calibración y validación de los modelos (VanDerWal *et al.*, 2009, Barve *et al.*, 2011). Estas áreas se seleccionaron con base en una capa vectorial global de ecorregiones desarrollada por la WWF (2006). Se definió como parte de esta M cualquier ecorregión donde hubiera al menos un registro de presencia de la especie en cuestión, más todas las ecorregiones adyacentes.

Las especies analizadas pueden categorizarse en dos de acuerdo con los datos biológicos con los que se cuenta: 1.- especies con registros en su rango nativo y en regiones donde ya han establecido poblaciones silvestres pero sin registros para México (de aquí en adelante ‘especies_inv’, y 2.- especies con poblaciones exóticas algunas de las cuáles se ubican en nuestro territorio (de aquí en adelante ‘especies_invMx’).

La calibración de modelos en las ‘especies_inv’ se llevó a cabo con todos los registros de presencia, incluyendo los que provenían de poblaciones introducidas. Los modelos para las ‘especies_invMx’ se calibraron usando todos los registros nativos y de poblaciones exóticas pero dejando fuera la información proveniente de México.

Los modelos calibrados se transfirieron a México para representar, mediante un mapa raster con valores continuos, la favorabilidad ambiental para cada especie, e identificar en donde existen condiciones adecuadas que pudieran permitirles establecer poblaciones silvestres.

La parametrización específica usada en Maxent fue: modalidad 'bootstrap' con diez réplicas dejando aleatoriamente 20% de registros fuera de la calibración en cada iteración (esto para representar la variación en la consistencia de las predicciones por pixel). Se utilizó la mediana de los diez modelos para los análisis subsecuentes. Para las transferencias se dejó activada la función 'clamping', ya que en ejercicios preliminares se observó que 'truncation' era demasiado conservativo y no era capaz de informar en la mayor parte de México. En NicheA se simuló los nichos como los elipsoides de volumen mínimo que envolvían a todos los registros de presencia. Posteriormente estos nichos fueron exportados como un raster continuo global que representa un estimado de favorabilidad ambiental.

Los modelos (Maxent y NicheA) continuos se reclasificaron para obtener mapas binarios con dos categorías: condiciones adecuadas para la especie y condiciones no adecuadas. El umbral de corte se estableció dejando fuera de la categoría 'condiciones adecuadas' 5% de los registros más atípicos.

Finalmente, debido a que la correcta transferencia de modelos es un proceso que depende de que existan combinaciones ambientales similares entre las regiones donde se calibran los modelos y donde se transfieren, se realizó una comparación de esta similitud para evaluar si existía riesgo de extrapolación estricta. Este procedimiento se llevó a cabo mediante el análisis MESS (Multivariate Environmental Similarity Surfaces) que el mismo Maxent genera (Elith *et al.*, 2010).

Evaluación de la capacidad predictiva de los modelos:

La validación estadística de los modelos de nicho ecológico se llevó a cabo mediante la técnica ROC parcial (Peterson *et al.*, 2008) utilizando conjuntos de registros de presencia que no entraron en el proceso de calibración. La selección de estos datos varió entre las diferentes categorías de especies. Para las 'especies_invMx' fue posible evaluar formalmente con datos independientes la capacidad de los modelos de estimar sus condiciones favorables en México, ya que como se mencionó anteriormente éstas han establecido poblaciones silvestres en este país. En las 'especies_inv' se llevó a cabo primero un ejercicio en el cual se calibraron los modelos en la región nativa y se transfirieron a las regiones del mundo donde la especie ha establecido poblaciones silvestres exóticas. En este ejercicio los modelos se evaluaron con los registros de presencia de la región invadida.

REPORTE DETALLADO POR ESPECIE

Chrysemys picta

Tortuga pintada / Tortuga dorada / Painted turtle



Figura 1.1. Ejemplar de *Chrysemys picta* (Fotografía: André Karwath).

Introducción

Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Sauropsida

Orden: Testudines

Familia: Emydidae

Género: *Chrysemys*

Especie: *Chrysemys picta*

Sinonimias: *Testudo picta*, *Emys picta*, *Hydrochelys picta*, *Trachemys picta*.

Fuente: Red List (2016)

Descripción

Chrysemys picta es una tortuga pequeña, con una longitud de carapacho de 80 a 180 mm, aunque las hembras grandes pueden exceder los 230 mm (Legler & Vogt 2013). Su piel es de color verde oliva a negro, con bordes amarillos o rojos a lo largo de las costuras; el cuello, las patas y la cola presentan rayas de color rojo y amarillo (Degenhardt *et al.*, 2005, Legler & Vogt 2013). Una línea amarilla se extiende hacia atrás desde abajo del ojo y puede ser igual a la de la mandíbula inferior. En cada lado de la cabeza detrás del ojo presenta ya sea un punto grande dorso-lateral o una raya de color amarillo. La barbilla está marcada con dos rayas amarillas anchas que se encuentran en la punta de la mandíbula (Degenhardt *et al.*, 2005, Legler & Vogt 2013).

El carapacho liso no está quillado y no está aserrado posteriormente, pero al observarse en el microscopio se puede notar que está compuesto de canales y crestas (Degenhardt *et al.*, 2005). El carapacho es de color café a verde oliva con una red de líneas amarillas formando un patrón reticulado sobre los escudos dorsales (Degenhardt *et al.*, 2005). Los escudos marginales tienen barras verticales claras y usualmente tienen el contorno con marcas rojas a manera de barra o media luna (Degenhardt *et al.*, 2005). Algunos individuos tienen bien desarrolladas las franjas dorsales medias del caparazón de color rojo o amarillo, sin embargo esta franja puede estar ausente (Legler & Vogt 2013). El plastrón es amarillo, y usualmente tiene una figura central oscura (color marrón rojizo o negro de diferentes tamaños y formas) con ramificaciones extendiéndose a lo largo de las suturas (Degenhardt *et al.*, 2005).

Su coloración puede estar relacionada con el hábitat, debido a que se ha observado que en sustratos oscuros llega a ser más oscura también y viceversa (Howell 2005). Existe dimorfismo sexual ya que en comparación con las hembras, los machos son más pequeños (133 mm la media), tienen garras ligeramente elongadas en las patas y además poseen una cola más larga y gruesa con la abertura anal más cerca del extremo de la cola que del tórax (Degenhardt *et al.*, 2005). Las hembras pueden alcanzar los 254 mm, tienen cola corta y la abertura anal al nivel de los escudos marginales posteriores (Ernst 1971, Mitchell 1985, Ernst & Lovich 2009).



Figura 1.2. Detalles de la cabeza de *Chrysemys picta* (Fotografía: James H. Harding).

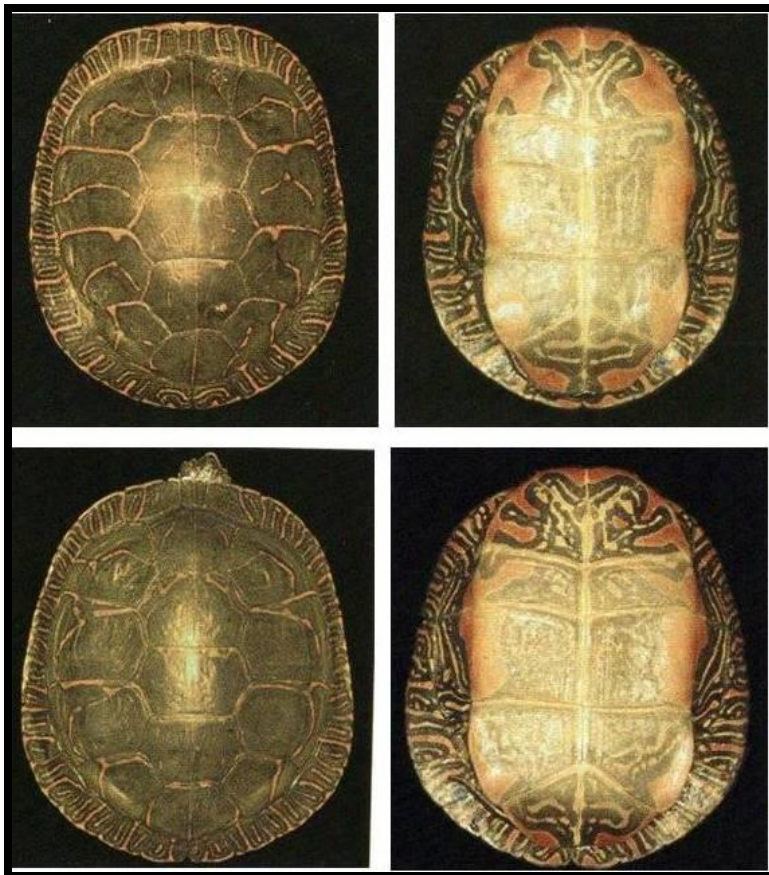


Figura 1.3. *Chrysemys picta*. Vista dorsal y ventral de caparazones y plastrones de adultos. Río Santa María cerca de Galeana, Chihuahua. Parte superior: un macho, Parte inferior: una hembra. (Tomado de Legler & Vogt 2013).

Biología e historia natural

Chrysemys picta habita generalmente en aguas permanentes, como porciones de ríos con movimiento lento, lagos, estanques y pantanos, aunque ocasionalmente es encontrada en aguas semipermanentes como canales de irrigación (Degenhardt *et al.*, 1996). En la vertiente del Río Grande en Nuevo México se puede encontrar una densa población de individuos en agujeros (que usan como escondites) a lo largo de los caminos y las líneas férreas paralelas al río, también algunas se pueden observar nadando en contra de la corriente del mismo río (Degenhardt *et al.*, 1996, Legler & Vogt 2013). En septiembre de 1960 se trampearon 54 individuos de *C. picta* en un periodo de dos horas en el interior del Río Santa María (4.8 km N y 3.2 km O del municipio de Galeana, Chihuahua). El tipo de hábitat de este río consiste en una serie de cuerpos de agua pequeños (30-100 m de largo y 9-15 m de ancho) y con una temperatura de 15.5 °C. El fondo de éste (30-45 cm) estaba cubierto de lodo sin vegetación (Legler & Vogt 2013). Congdon *et al.*, (2003) consideran que esta especie vive en hábitats de aguas poco profundas.

Esta tortuga omnívora y oportunista, muestra preferencia por alimento animal cuando está disponible. Los individuos jóvenes tienden a ser más carnívoros que los individuos mayores que consumen plantas vasculares y no vasculares mayormente, así como también carroña (Degenhardt *et al.*, 1996). No obstante, también hay diferencias en las preferencias alimentarias entre poblaciones (Cooley *et al.*, 2003). *C. picta* obtiene su alimento buscando en el fondo de los cuerpos de agua entre algas y plantas acuáticas (Feder 1983), realizando movimientos exploratorios en la vegetación con su cabeza y sus extremidades para perturbar a las presas y hacer que éstas se muevan para entonces perseguirla activamente (Ernst & Lovich 2009).

Algunas especies documentadas de las que se alimenta *C. picta* son algas como *Cladophora glomerata*, *Cosmarium granatum*, *Hyalotheca diddiliens*, *Lyngbya sp.*, *Mougeotia sp.*, *Nitella sp.*, *Oedogonium sp.*, *Oocystis sp.*, *P. longicauda*, *Rhizocloniumhiero glyphicum*, *Spirogyra crassa*, *Ulothrix sp.*, y *Volvox sp.*; plantas vasculares de las especies *Anacharis canadensis*, *Bidens sp.*, *Elodea canadensis*, *Lemnaminor*, *L. trisulca*, *Najas sp.*, *P. natans*, entre otras. También come esponjas (*Spongilla sp.*), briozoos (*Pectinatella sp.*), planarias (*Dugesia sp.*), lombrices de tierra, oligoquetos, sanguijuelas, rotíferos, babosas, caracoles, almejas pequeñas, cangrejos, anfípodos, cladóceros, peces (*Ameiurus melas*, *A. naalis*, *A. nebulosus*, por nombrar algunos), salamandras, anuros y probablemente aves (Ernst & Lovich 2009).

Chrysemys picta es de hábitos diurnos; en la noche duerme bajo el agua. En días soleados inician su actividad con un período de asoleo, después del cual forrajean durante un tiempo y regresan en intervalos irregulares a asolearse. Este hábito de tomar el sol es algo que las caracteriza, desarrollándolo durante toda su vida y casi siempre en grupos. Se posan en cualquier estructura que se extiende en el agua, incluyendo troncos, rocas, bancos de arena e islas pequeñas; se ha observado hasta 50 individuos realizando esta actividad compartiendo espacio. Las tortugas juveniles se exponen menor tiempo al sol que las mayores. En un ambiente más o menos húmedo son capaces de migrar varios kilómetros de un sitio que se está secando a uno con cuerpos de agua. Esta habilidad se ve severamente limitada en condiciones áridas o semiáridas. La hibernación ocurre bajo el

agua en los ríos y canales que frecuentan y puede llevarse a cabo durante cinco o seis meses (Lemos-Espinal & Smith 2009). A menudo estas tortugas se mueven por tierra, de un cuerpo de agua a otro adyacente, o linealmente a lo largo de los arroyos. Debido a que los machos buscan hembras para su apareamiento, son más propensos a emigrar hacia nuevos hábitats acuáticos (Ernst & Lovich 2009).

Las características reproductivas varían marcadamente entre poblaciones. En un estudio llevado a cabo en los Lagos Chapman y el Rio Florido (Condado de La Plata, Colorado, EUA) Cooley *et al.*, (2003) encontraron que el tamaño corporal mínimo en la madurez sexual fue similar en ambas poblaciones entre machos (93-95 mm de longitud del plastrón) y hembras (165-177 mm de longitud del plastrón). En machos la madurez sexual se alcanza a los 3 o 4 años, cuando el plastrón tiene una longitud superior a los 70 mm. En hembras la maduración es más lenta, se alcanza hasta los 6 o 7 años, cuando el plastrón tiene una longitud de 95 mm o más (Cooley *et al.*, 2003).

El cortejo ocurre al inicio de la estación de actividad (finales de primavera a principios de verano), cuando se alcanzan temperaturas de 17°C o mayores. Las temperaturas superiores a 27°C inhiben la cópula. El macho cortejante nada detrás de la hembra, y si ésta disminuye la velocidad, el macho nada frente a ella y se da la vuelta hacia ella frotándola a los lados de la cabeza. La hembra puede responder jalando las extremidades anteriores de los machos que son mucho más largas que las de las hembras, aparentemente como una adaptación a su conducta de cortejo. Esta conducta se puede repetir varias veces, seguida por la cópula en el fondo del agua. Se sabe que una hembra puede almacenar espermatozoides viables por un período máximo de tres años y en una puesta puede tener múltiples progenitores macho (Pearse *et al.*, 2001). Sin embargo, la media de almacenamiento de espermatozoides es de 165 días en el oviducto para que la hembra pueda usar esperma de machos con los cuales se apareo la temporada anterior (Christiansen & Moll 1973, Ernst & Lovich 2009).

Cerca de los cuerpos de agua, en suelos suaves, las hembras escarban hoyos en donde depositan sus huevos. Estos hoyos son creados con las extremidades posteriores por encima del nivel del agua y en áreas abiertas que reciben sol la mayor parte del día (Aguirre & Gatica 2010). La distancia entre el nido y el agua depende de la naturaleza del suelo, pero generalmente no excede 200 metros (Aguirre & Gatica 2010). Completar el anidamiento puede tomar hasta cuatro horas, aunque los hoyos escarbados no tienen más de 120 mm de profundidad. Las hembras pueden depositar un mínimo de 4 y un máximo de 23 huevos (dependiendo del tamaño de la hembra), para posteriormente cubrirlos con la tierra de alrededor (Aguirre & Gatica 2010).

En Nuevo México, la época de anidación es de mayo hasta mediados de julio (Ernst & Lovich 2009). En un año pueden depositar dos o tres veces. La eclosión ocurre en aproximadamente 8-9 semanas (tiempo de incubación de 65 a 70 días) (Degenhardt *et al.*, 1996, Aguirre & Gatica 2010). El sexo se determina por la temperatura a la cual se exponen los huevos, no por cuestiones genéticas. Temperaturas frescas (22-27°C) favorecen a machos, y temperaturas más calientes (30-32°C) a hembras (Lemos-Espinal & Smith 2009). Los recién eclosionados miden aproximadamente 25 mm de largo total del caparazón y pueden llegar a crecer de 20 a 27% de esta talla al estabilizarse (Legler & Vogt 2013). Los juveniles presentan un largo total del caparazón de alrededor de 90 mm en

machos y 139 mm en hembras (Ernst & Lovich 2009, Legler & Vogt 2013). La tasa de crecimiento, para ambos sexos es rápida durante los primeros años de su vida y pueden llegar a vivir de 30 a 40 años (Harding 1997). Ernst *et al.*, (2009) han reconocido a los mapaches como los mayores depredadores de las nidadas. Los principales depredadores de juveniles y adultos son roedores, aves, serpientes y humanos aunque también pueden ser depredados por mamíferos acuáticos, tortugas mordedoras, ranas toro e insectos acuáticos (Ernst & Lovich 2009).

En cuanto a su distribución histórica *Chrysemys picta* está reportada en una vasta región de Estados Unidos. Inclusive se han documentado restos fósiles de esta especie del Mioceno en Nebraska y del Plioceno en Kansas, Michigan, Maryland, Alabama y Oklahoma. Estos restos fósiles indican que *Chrysemys* estaba ampliamente distribuida en Norte América hace entre dos y cinco millones de años, y que la morfo-especie *Chrysemys picta* habitó mucho de su rango actual (América del Norte) por mucho tiempo (Starkey *et al.*, 2003).

Actualmente su área de ocurrencia natural se extiende por todo el sur de Canadá, desde Nueva Brunswick y Nueva Escocia a la Columbia Británica, y el sur de Georgia, Alabama, Mississippi central, Luisiana, el noreste de Texas, Oklahoma, el este de Colorado, Wyoming, Idaho y Oregón (Legler & Vogt 2013). La especie también se encuentra en localidades dispersas en el oeste de Texas, Nuevo México, el suroeste de Colorado, Arizona, Utah, y Chihuahua, México (Lemos & Smith 2007). Su área de distribución más septentrional está probablemente limitada por la exposición a temperaturas bajo cero (St. Clair & Gregory 1990).

Taxonómicamente se reconocen cuatro subespecies dentro de *C. picta* las cuales varían en distribución geográfica (St. Clair & Gregory 1990):

- *C. picta picta*: ocupa principalmente tierras bajas del Atlántico al este de las Montañas Apalaches, desde Nueva Escocia hasta el norte de Georgia (Red List 2016).
- *C. picta bellii*: ubicada en zonas del oeste de la costa del Pacífico a través de la cuenca del Missouri superior al suroeste de Ontario, Wisconsin y Missouri, así como en el sistema Alto Colorado. También se ha documentado que habita en el Río Grande-Río Bravo del Norte, que desemboca en México, así como al oeste de la cuenca endorreica de Ciudad Juárez, en el norte de Chihuahua (Iverson & Iverson 1992).
- *C. picta dorsalis*: está restringida a la cuenca del Mississippi inferior del extremo sur de Illinois y el sureste de Missouri en los estados de Tennessee, Kentucky, Arkansas, Mississippi, Alabama, Luisiana y el este de Texas, Estados Unidos (Iverson & Iverson 1992, Starkey *et al.*, 2003).
- *C. picta marginata*: se distribuye desde el sur de Canadá, Nueva Hampshire y Nueva York a Illinois y Tennessee, pero exceptuando la llanura costera del Atlántico (Red List 2015).

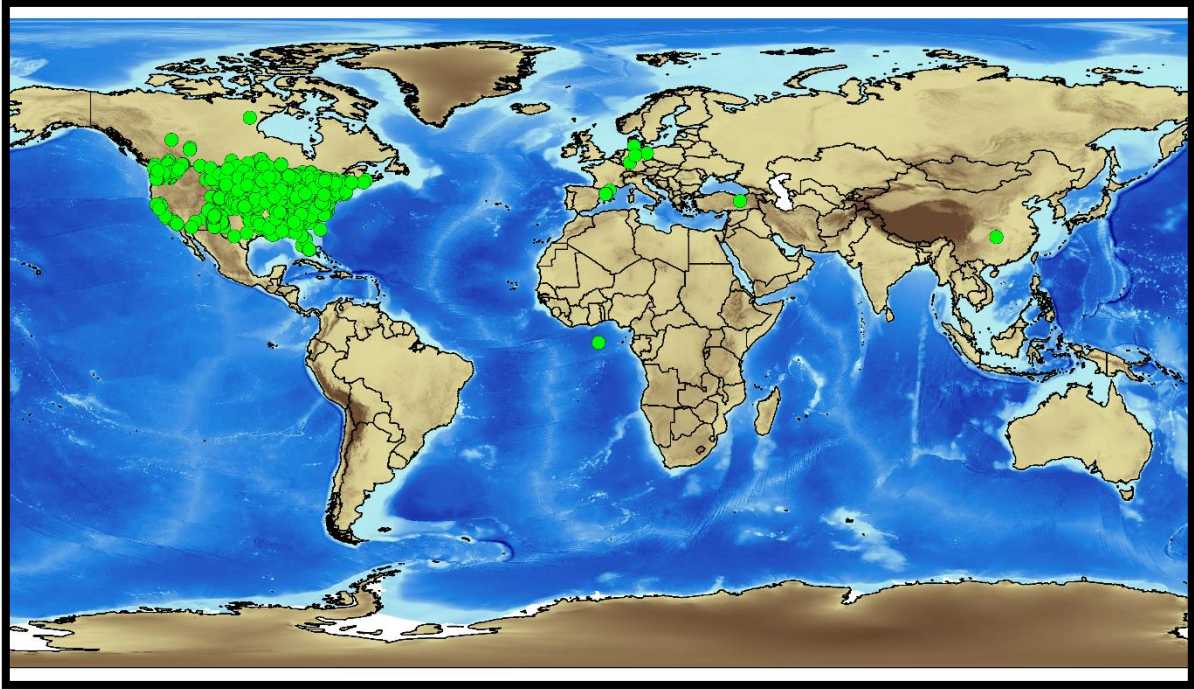


Figura 1.4. Presencias de *C. picta* en todo su rango de distribución (Fuente: Global Biodiversity Information Facility).

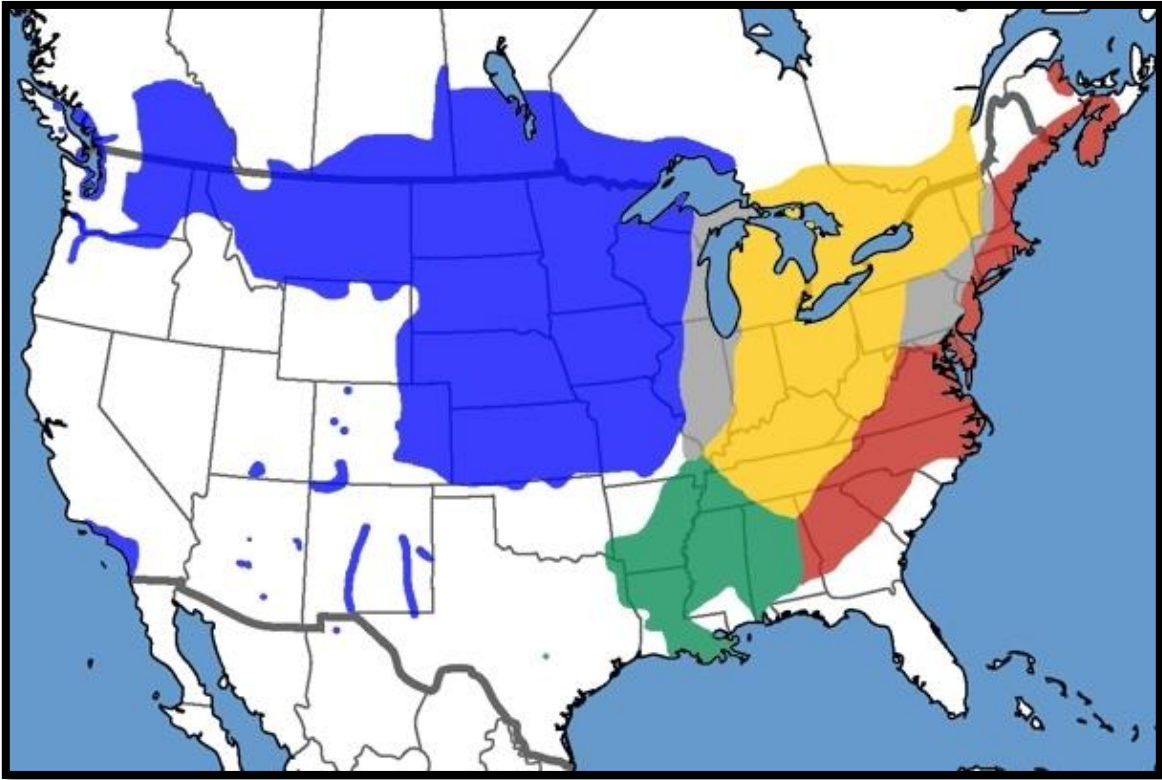


Figura 1.5. Rango de distribución aproximado natural e introducido de las subespecies de *C. picta* en América. En color azul: *C. picta bellii*. En color amarillo: *C. picta marginata*. En color rojo: *C. picta picta*. En color verde: *C. picta dorsalis*. En color gris: zonas de simpatría (Modificado de: California Department of Fish and Wildlife 2016).

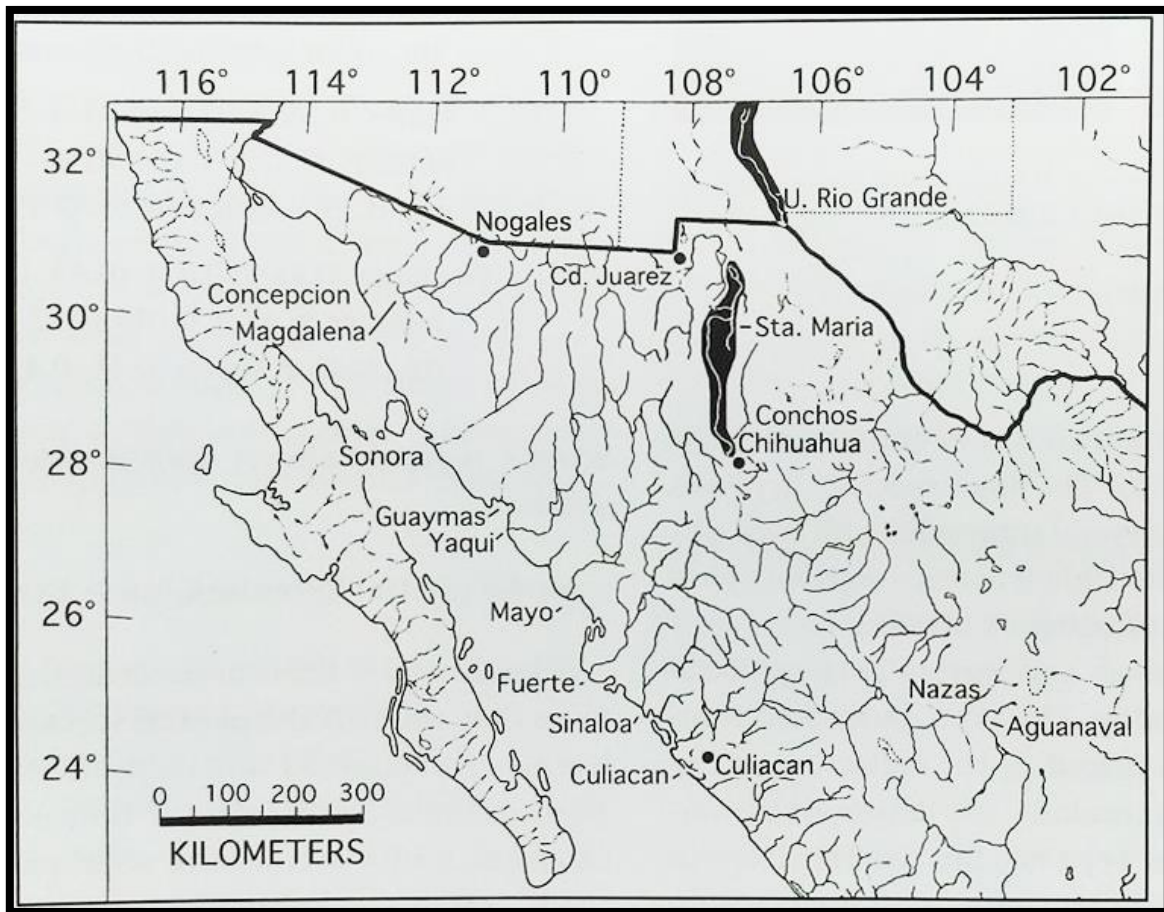


Figura 1.6. Distribución geográfica de *C. picta bellii* en México (mapa obtenido de Legler & Vogt 2013).

Estatus

Chrysemys picta bellii está reportada como un reptil exótico de alto riesgo para México y presente en el mismo de acuerdo al Sistema de información sobre especies invasoras en México (CONABIO 2016). Además es uno de los vertebrados enlistados en el Anexo 1 de la convocatoria para elaborar diagnósticos sobre el estado de las invasiones biológicas de especies exóticas y propuestas para su manejo en regiones prioritarias para la conservación (CONABIO 2016).

Chrysemys picta se encuentra bajo la categoría 'amenazada' en la NOM-059-SEMARNAT (2010). Sin embargo, no se encuentra bajo ninguna categoría de riesgo o estatus de conservación internacional (Van Dijk 2013). Lemos y colaboradores (2004) comentan que *Chrysemys picta bellii* se encuentra en la región terrestre prioritaria 46 (Pastizal del norte del río Santa María).

Usos y comercialización

Historia de la comercialización

Las tortugas pintadas son ampliamente comercializadas como mascotas y animales de experimentación, a pesar de que la especie tiene un valor comercial de consumo mínimo. No se tiene registros de que sean consumidas o que se utilicen con fines medicinales (Van Dijk 2013).

Parte del suministro de crías para el comercio de esta especie como mascota probablemente se originó en granjas de tortugas comerciales en Luisiana, Estados Unidos; *Chrysemys picta* fue una de las especies producidas en masa para el mercado de mascotas de exportación después de que la Unión Europea (UE) prohibiera la importación de *Trachemys scripta elegans* (Van Dijk 2013).

Origen de los individuos comercializados

Fitzgerald y colaboradores (2004) presentan una relación de especies de reptiles del desierto chihuahuense que son sujetas a comercio en México, entre ellas se encuentra *C. picta*, que se vende como mascota en diversas tiendas en México. También se ha documentado su comercialización extensiva como mascota en Texas, Estados Unidos. De acuerdo con Ceballos y Fitzgerald (2004) muchos individuos son extraídos de poblaciones silvestres, aunque también un alto porcentaje son importados/exportados de criaderos particulares (Ceballos & Fitzgerald 2004).

Condiciones de crianza/reproducción

El mantenimiento es parecido al del resto de *Trachemys* y *Pseudemys*, pero se ha observado que no se adaptan con tanta facilidad a la cautividad. Esta especie requiere inviernos fríos, según la procedencia de cada subespecie, y en ocasiones pueden estivar (Coborn 1995).

El estanque es recomendable para ejemplares de más de 10 cm. Debe tener en la parte más profunda al menos 60 cm de profundidad de agua y un acceso a la zona terrestre, ya sea con una rampa o con los bordes en forma de playa (Coborn 1995).

Los ejemplares juveniles deben estar en un acuario con al menos 10-15 cm de profundidad de agua con un calentador los 2 primeros años que mantenga la temperatura entre 24 y 26°C. No se recomienda el uso de grava para el fondo. Deben tener una rampa para asolearse y si se encuentran en una zona de la casa donde no hay mucho sol, es necesario añadir una luz UVB especial para reptiles. Es recomendable el uso de filtro para el agua, aunque de todas formas se deberá cambiar ésta a menudo (Mara 1997).

La zona terrestre debe estar bien cercada, ya que estas tortugas son excelentes escaladoras. Se pueden poner plantas y árboles, pero se debe dejar una zona soleada sin vegetación, ya que es lo que prefieren a la hora de poner huevos (Mara 1997). En el estanque se pueden poner plantas acuáticas, tanto flotantes como de fondo.

La reproducción en cautividad se presenta cuando los ejemplares son sexualmente maduros (cuando alcanzan los 4 años de edad aproximadamente). Las hembras prefieren lugares con poca vegetación para la puesta del nido y que estén en un lugar muy soleado.

La humedad debe ser de un 90 % para poder obtener éxito en las eclosiones (Coborn 1995).

Análisis económico

Chrysemys picta ha sido introducida en Europa, ciertas regiones de los Estados Unidos fuera de su distribución natural, y en Asia, en Indonesia y Filipinas debido su amplio mercado y comercialización como mascota (Uetz & Hosek 2016).

Esta especie cuesta aproximadamente \$ 39.99 dólares de acuerdo con el sitio de internet Reptile City (Baum 2014). En el mercado nacional podemos encontrar esta especie en un costo de \$350 pesos mexicanos aunque este dato pueda variar ya que esta página no maneja ejemplares de manera legal (Fuente: facebook grupo ‘Tortuguero de corazón’). Si consideramos que en México se importaron de 2010 a 2016 un total de 5000 ejemplares (PROFEPA 2016), es posible hacer una aproximación de los ingresos que legalmente dejó para nuestro país la comercialización de esta especie: ~ \$ 199,950.00 dólares.

Tabla 1.1. Importaciones a México del 2010 al 2016 de ejemplares de *Chrysemys picta* y sus subespecies (datos proporcionados por la Procuraduría de Protección al Ambiente, Unidad de transparencia).

Año	Especie/subespecies	Número de individuos importados
2010	<i>Chrysemys picta</i>	150
	<i>Chrysemys picta dorsalis</i>	350
2013	<i>Chrysemys picta bellii</i>	2300
	<i>Chrysemys picta dorsalis</i>	1600
	<i>Chrysemys picta picta</i>	300
2014	<i>Chrysemys picta dorsalis</i>	300
Total de individuos (2010-2016)		5000

Rutas de introducción

El comercio de mascotas ha sido el modo más común de introducción de esta especie en diferentes países del mundo (República de Malta, Reino Unido, España, entre otros), cuando individuos escapan de sus encierros o cuando las personas los liberan intencionalmente al ya estar cansados de cuidar a su mascota (Kraus 2009).

No se cuenta con datos acerca del estado de las poblaciones que ocurren en México; solo se tienen puntos de colecta. Tanner (1987) reporta haber capturado tres individuos de esta especie en el Río Santa María, en Chihuahua, pero no es mencionado

nada más acerca de la población. En Estados Unidos, en el condado McDonough, Illinois, es una tortuga muy común y ampliamente distribuida (Thurow 1999).

Potencial de establecimiento y colonización

Potencial de colonización

Su potencial de colonización es elevado debido a su condición generalista y a su plasticidad ecológica (St. Clair & Gregory 1990).

Potencial de dispersión

Chrysemys picta tiene la distribución geográfica más grande que cualquier otra especie de tortuga en Norte América. Su rango de distribución puede servir de oportunidad para explorar la pregunta de los límites de las especies dentro de un complejo de especies ampliamente distribuidas (Starkey *et al.*, 2003). Esta especie es más abundante en humedales con poca vegetación y baja profundidad. Puede alcanzar a tener densidades entre 100 y 590 animales por hectárea (Tanner 1987). Se sabe que no todas las poblaciones de esta especie hacen migraciones estacionales significativas. Llegan a ser localmente migratorias ya que en algunas poblaciones los individuos hacen movimientos prolongados (generalmente menos de 200 km) en determinados momentos del año (para invernar o para poner nidos). Las hembras migran entre la zona de anidación terrestre y los hábitats acuáticos (EOL 2016).

Evidencias de impactos

Impactos/beneficios socioeconómicos

La especie tiene beneficios económicos por ser comercializada de manera significativa. El principal mercado que se ve beneficiado económicamente es el de mascotas, siendo Estados Unidos uno de los principales países en venta de reptiles (Baum 2014).

Impactos a la salud

Al igual que con muchas otras especies de reptiles, esta especie tiene con frecuencia bacterias que viven naturalmente en sus intestinos y que pueden ser perjudiciales para los seres humanos (son miembros normales de la flora intestinal de los reptiles). En particular, estas tortugas pueden ser fuente de contagio de bacterias del género *Salmonella*. Es por esto que es ilegal la venta de pequeñas tortugas como mascotas en los Estados Unidos. Cualquiera que estén contacto con la tortuga debe tener cuidado de mantener los métodos de higiene y lavarse las manos después de una manipulación para evitar esta bacteria (Knipper 2002).

Ernst (1971) evidencia la condición patológica conocida como kifosis en *C. picta* en la cual se presenta la columna vertebral con una arqueo anormal. En *Chrysemis picta* ocurre el herpes virus quelonido 2 (CnHV-2) (Essbauer & Ahne 2001).

Impactos ambientales y a la biodiversidad

El impacto ambiental provocado por el comercio de esta especie es moderado ya que puede causar alteraciones en plantas nativas y endémicas; y al ser una especie muy competitiva, depreda a una gran variedad de animales tanto invertebrados como pequeños vertebrados (García & Iñigo 2014). Sin embargo no se encontró más información sobre los impactos ambientales que *Chrysemis picta* pudiera tener sobre otras especies nativas de vertebrados en los lugares donde ha sido introducida.

Control y mitigación.

Se deberán establecer mecanismos eficaces de vigilancia asociados a mecanismos de alerta rápida, lo que ayudará a la pronta detección y erradicación, al poner sobre aviso lo antes posible a otras zonas que puedan verse afectadas, e intercambiar información sobre posibles estrategias de erradicación. Una vez que la especie invasora ya se ha establecido y se ha propagado por un área geográfica, lo conveniente es disponer de programas de erradicación coordinados y, quizá, subvencionados por un organismo central.

En la Unión Europea implementaron un “Reglamento sobre comercio de fauna y flora silvestres (Reglamento (CE) nº 338/97 del Consejo)”, cuyo objetivo principal es controlar el comercio de especies amenazadas, y prohíbe la importación de cuatro especies invasoras (entre ellas *Chrysemis picta*) que constituyen una amenaza ecológica. Los estados miembros han establecido procedimientos de inspección y control con arreglo a ese reglamento, pero no procedimientos de evaluación.

Es importante que la población esté informada y comprometida para solucionar con eficacia los problemas de las especies invasoras, especialmente en lo que se refiere a los casos de introducción involuntaria que los instrumentos administrativos y jurídicos no pueden regular satisfactoriamente. Las actividades de comunicación y educación pueden generar un sentido de responsabilidad entre ciudadanos, autoridades y empresas ante el comercio y traslado de especies potencialmente invasoras y los programas de erradicación o control. Si los ciudadanos estuvieran mejor informados, tenderían menos a introducir especies alóctonas en sus jardines y estanques.

Si se intensificara la investigación podrían conocerse mejor las especies invasoras y sus vías de entrada, así como los riesgos y gravedad de su presencia; la investigación, por ejemplo, permitiría prever la invasión de nuevas especies y desarrollar métodos rentables de control y gestión. Los resultados de la investigación y el seguimiento, junto con iniciativas tales como las revistas de acceso abierto en línea, pueden contribuir al desarrollo de sistemas de información sobre especies invasoras. La iniciativa GMES (Vigilancia Mundial del Medio Ambiente y la Seguridad) 19 podría convertirse también en una herramienta valiosa para el seguimiento y control del impacto ambiental de esas especies (tomado de COM 2008, Comunicación de la comisión al consejo, al parlamento europeo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones).

Normatividad

Las tortugas pintadas son relativamente comunes y abundantes en la mayor parte de su rango geográfico. Sin embargo, en algunas zonas se encuentran amenazadas por la

destrucción de los hábitats de agua dulce, como estanques y lagos pequeños. En Canadá, las tortugas pintadas se han colocado en la lista federal de color azul, que identifica a los animales considerados vulnerables a las actividades humanas o sucesos naturales, pero no están amenazados inmediatamente (Harding 1997).

En México se encuentra bajo el estatus de amenazada (NOM-059; SEMARNAT 2010). En cuanto a la protección internacional *C. picta* está sujeta a una variedad de leyes y reglamentos dependiendo del país y región (Red List 2015). *Chrysemis picta* no aparece en la CITES, y en la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN se encuentra bajo la categoría 'baja preocupación' (Knipper 2002).

Dentro de la Ley General de Vida Silvestre (Nueva ley publicada en el Diario Oficial de la Federación el 3 de julio de 2000. Última reforma publicada DOF 26-01-2006) en su Título VII.- Aprovechamiento sustentable de la vida silvestre, en el Capítulo I.- Aprovechamiento extractivo; se mencionan los artículos siguientes:

Artículo 85. Solamente se podrá autorizar el aprovechamiento de ejemplares de especies en riesgo cuando se dé prioridad a la colecta y captura para actividades de restauración, repoblamiento y reintroducción. Cualquier otro aprovechamiento, en el caso de poblaciones en peligro de extinción, estará sujeto a que se demuestre que se ha cumplido satisfactoriamente cualesquiera de las tres actividades mencionadas anteriormente y que: a.- Los ejemplares sean producto de la reproducción, que a su vez contribuya con el desarrollo de poblaciones en programas, proyectos o acciones avaladas por la Secretaría cuando estos existan, en el caso de ejemplares en confinamiento; b.- Contribuya con el desarrollo de poblaciones mediante reproducción controlada, en el caso de ejemplares de especies silvestres de vida libre.

Artículo 87. La autorización para llevar a cabo el aprovechamiento se podrá autorizar a los propietarios o legítimos poseedores de los predios donde se distribuya la vida silvestre con base en el plan de manejo aprobado, en función de los resultados de los estudio de poblaciones o muestreos, en el caso de ejemplares de vida silvestre o de los inventarios presentados cuando se trate de ejemplares en confinamiento, tomando en consideración además otras informaciones de que disponga la Secretaría, incluida la relativa a los ciclos biológicos. Para el aprovechamiento de ejemplares de especies silvestres en riesgo se deberá contar con: a) criterios, medidas y acciones para la reproducción controlada y el desarrollo de dicha población en su hábitat natural incluidos en el plan de manejo, adicionalmente a lo dispuesto en el artículo 40 de la presente Ley. b) medidas y acciones específicas para contrarrestar los factores que han llevado a disminuir sus poblaciones o deteriorar sus hábitats. c) un estudio de la población que contenga estimaciones rigurosas de las tasas de natalidad y mortalidad y un muestreo.

En el caso de poblaciones en peligro de extinción o amenazadas, tanto el estudio como el plan de manejo, deberán estar avalados por una persona física o moral especializada y reconocida, de conformidad con lo establecido en el reglamento. Tratándose de poblaciones en peligro de extinción, el plan de manejo y el estudio deberán realizarse además, de conformidad con los términos de referencia desarrollados por el Consejo (<http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146.pdf>).

Pseudemys nelsoni

Tortuga de vientre rojo de Florida / Florida redbelly turtle



Figura 2.1. Ejemplar de *P. nelsoni* (Fotografía: Alan Cressier).

Introducción

Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Sauropsida

Orden: Testudines

Familia: Emydidae

Género: *Pseudemys*

Especie: *Pseudemys nelsoni*

Simonimias: *Chrysemys nelsoni*, *Chrysemys rubriventris nelsoni*

Fuente: Red List (2015)

Descripción

El caparazón alargado de *P. nelsoni* (longitud hocico-cloaca máxima 375 mm) es elevado, arqueado, más alto por delante, más ancho en el medio, y dentado posteriormente; posee una quilla vertebral baja. Por lo general el caparazón es negro, pero puede ser de color oliva o marrón oscuro, con marcas rojas o amarillas en los escudos pleurales y marginales. La raya vertical de la luz en el segundo pleural puede ser ramificada a partir de una figura en forma de "Y". Cada marginal tiene una barra vertical roja en la superficie dorsal y mancha oscura compuesta por manchas más pequeñas en sus costuras ventrales. Ambos sexos desarrollan melanismo con la edad. El puente es profundo y a veces lleva varias manchas oscuras, sin articulaciones. El plastrón es de color naranja rojizo y puede ser immaculado o con un patrón medial que se desvanece con la edad. La mandíbula superior tiene una muesca en sentido medial, con una cúspide de diente en cada lado. La piel es de color negro con rayas amarillas. Una flecha prefrontal está presente, formada por la unión de la banda sagital y dos rayas supratemporales en el hocico, y de una a tres rayas que se encuentran entre los supratemporales detrás del ojo. Las rayas de la cabeza paramedial, se reducen generalmente y terminan siempre detrás del ojo para formar una marca de "horquilla", como en *P. peninsularis*, pero por lo general sólo en un lado de la cabeza. Los machos (longitud hocico-cloaca máxima 287 mm) tienen una cola larga y gruesa, y garras delanteras ligeramente curvadas, más largas que las de las hembras. Las hembras son ligeramente más grandes que los machos; tienen una cola más corta, con el respiradero debajo de los marginales posteriores; y carecen de garras delanteras, curvas y alargadas (Ernst & Lovich 2009).



Figura 2.2. Caparazón de ejemplar de macho adulto de *P. nelsoni* (Fotografía: Pierson Hill).

Biología e historia natural

Las tortugas macho alcanzan su madurez sexual en función de su tamaño, normalmente entre los 170-210 mm (tres o cuatro años) y las hembras entre los 260-270 mm (cinco y siete años) (Jackson 1988). Éstas producen un promedio de 14.6 (rango 7-26) huevos por año. Las crías, al nacer, miden alrededor de 32 mm (rango 28-38) (Red List 2015). Las estaciones en las que se producen los picos de reproducción son a finales de la primavera y principios del verano (Ashton Jr & Ashton 1988).

Los adultos de *P. nelsoni* son principalmente herbívoros, consumiendo cianobacterias (*Lyngbya sp.*, *Microcoleus sp.*), diatomeas (*Mastogloia sp.*, *Tabellaria sp.*, *Microcoleus sp.*), algas verdes filamentosas (*Compsopogon coeruleus*, *Oedogonium sp.*, *Spirogyra sp.*), musgo acuático (*Leptodictyum riparium*), y las siguientes plantas acuáticas: *Bauhinia sp.*, *Cabomba caroliniana*, *Ceratophyllum demersum*, *Cicuta maculata*, *C. mexicana*, *Lemna minor*, *Mikania candens*, entre otras (Allen 1938, Ashton & Ashton 1985, Jackson 1988). Los adultos también comen ocasionalmente huevos de caimán (Ashton & Ashton 1985). Los juveniles, al igual que los de otras especies de *Pseudemys* probablemente son más carnívoros que los adultos ya que se alimentan básicamente de insectos acuáticos y otros invertebrados (Ashton & Ashton 1988).

Pseudemys nelsoni está activa durante todos los meses, especialmente en el sur de Florida, aunque su actividad se limita generalmente a las horas del día (Giovanetto 1992). A menudo comparten lugares para termorregularse mediante el sol con *P. peninsularis* y *P. suwanniensis* pero puede competir para puestos preferidos en condiciones de hacinamiento. *Pseudemys nelsoni* toma el sol por más tiempo que *P. peninsularis* y *P. suwanniensis*. Posiblemente *P. nelsoni* puede tolerar más tiempo el sol porque su caparazón más grueso retarda la conducción de la energía a las vísceras (Pritchard & Greenwood 1968).

Durante el Pleistoceno, el rango de *P. nelsoni* incluía no sólo gran parte de la península de Florida (Ernst & Lovich 2009) sino que se extendía hacia el norte, al menos a la costa de Carolina del Sur (Dobie & Jackson 1979). El registro fósil del Sur de Carolina ayudó a llenar el vacío entre el rango presente de *P. nelsoni* y la de su homólogo del norte, *P. rubriventris*. Actualmente *Pseudemys nelsoni* se distribuye desde el sureste de Georgia, suroeste de Calhoun y los condados de Franklin, Florida, hacia el sur a través de la península de Florida hasta el norte de los Cayos (hay un registro de Cayos de Florida pero probablemente representa a un individuo introducido que se escapó) (Jackson & Meylan 2006). Se tiene documentada a una colonia que se ha establecido en el Condado de Hays, Texas de manera no nativa (Rose *et al.*, 1998).

La tortuga de vientre rojo de Florida habita en pantanos de agua dulce, estanques, lagos y algunos ríos. Su hábitat óptimo está caracterizado por aguas sin flujo emergente y por abundante vegetación sumergida. La especie es rara o ausente en lagos, lugares con escasa vegetación oligotrófica y con arena de fondo. Dunson y Seidel (1986) documentan la presencia de esta tortuga, aunque poco común, en aguas salobres (hasta un 30% de agua salada) de la Bahía de Florida, en el extremo sur de la península.

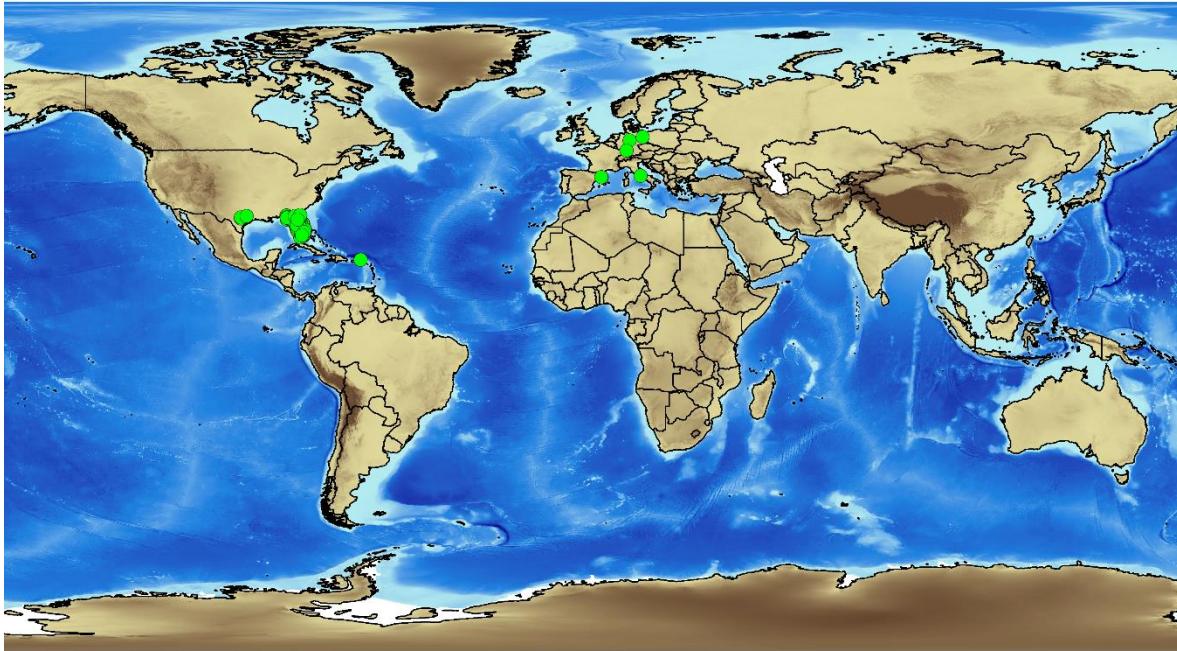


Figura 2.3. Ocurrencias de *P. nelsoni* en todo su rango de distribución (Fuente: Global Biodiversity Information Facility).

Estatus

Pseudemys nelsoni está reportada como un reptil exótico de alto riesgo para México y presente en el mismo de acuerdo al Sistema de información sobre especies invasoras (CONABIO 2016). Además es uno de los vertebrados que están enlistado en el Anexo 1 de la convocatoria para elaborar diagnósticos sobre el estado de las invasiones biológicas de especies exóticas y propuestas para su manejo en regiones prioritarias para la conservación (CONABIO 2015).

Esta especie se encuentra también enlistada como especie de ‘preocupación menor’ en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN). No se encuentra catalogada por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES) ni por la Ley de especies en peligro de la U.S. Fish and Wildlife Service.

Usos y comercialización

Historia de la comercialización

Pseudemys nelsoni una especie que es utilizada como mascota y para consumo humano como alimento en los estados de Florida y Georgia (Red List 2016).

Origen de los individuos comercializados

En la década de 1990 los individuos juveniles de *P. nelsoni* se hicieron populares en el mercado de mascotas, incluso se hicieron relativamente comunes en las colecciones de los aficionados europeos. Grandes cantidades de huevos fueron extraídos de nidos naturales en algunos sitios del sur de Florida para abastecer esta demanda, sin embargo se desconocen los detalles específicos. Actualmente ha quedado severamente restringida y prohibida la captura de *Pseudemys* en el medio silvestre, incluidos los huevos, por lo que la carga para el suministro dicho comercio se ha desplazado a la reproducción en cautividad (Florida Fish and Wildlife Conservation Commission).

Condiciones de crianza/ reproducción

Esta especie crece bien en cautividad si se les proporciona una alimentación adecuada, agua limpia y fresca, sitios para termorregular, tomar el sol y luz UV. La profundidad del agua debe ser de al menos de dos a tres veces la altura del caparazón. La luz solar natural y las luces artificiales UV sirven adecuadamente como fuentes de radiación ultravioleta. La mayoría de los especímenes aprenden a aceptar la comida comercial desarrollada para los peces (pellets de 6 mm para pez gato y truchas), aunque las plantas acuáticas y otra vegetación pueden ser utilizado en forma complementaria. Lardie (1973) documenta que las crías en cautividad pueden ser omnívoras. Con una alimentación adecuada, los juveniles puede crecer rápidamente, y llegar a pesar 300 g y medir 125 mm de longitud del caparazón a los 13 meses (Jackson 2008). Snider y colaboradores (1992) reportaron una hembra adulta capturada en la naturaleza que vivió un período adicional de 26 años en cautiverio. Por otro lado, Mossiman (2002) ha documentado con éxito la cría de dos generaciones en cautiverio.

Análisis económico

A partir de la prohibición en la Unión Europea de importar tortugas exóticas de la especie *Trachemys scripta elegans*, se promovió la comercialización de otro conjunto de especies de tortugas norteamericanas de los géneros *Pseudemys*, *Chrysemys*, *Graptemys* y *Trachemys*, entre las cuales se encuentra *P. nelsoni* (Campos 2013).

Pseudemys nelsoni es comúnmente exportada como alimento para Asia, y como mascota a Europa, con ~50% de individuos capturados y ~50% criados en cautividad. La mayoría de las estadísticas de exportación de Estados Unidos simplemente describen las tortugas exportadas del género *Pseudemys*, sin identificar la especie. Se exportan por millones, y son mayoritariamente criadas en granjas. Las tortugas son muy populares como animales domésticos por su pequeño tamaño, precio bajo y las pocas exigencias de mantenimiento (Campos *et al.*, 2013).

La especie presenta valor de aproximadamente \$39.99 dólares en el mercado internacional (Reptile City 2016). Sin embargo no se tienen registros de importaciones para México de esta especie (PROFEPA 2016).

Potencial de establecimiento y colonización

Potencial de colonización

Pseudemys nelsoni es generalmente abundante cuando el hábitat es adecuado y puede llegar a ser una especie dominante en cuerpos de agua dulce; su potencial de colonización es elevado ya que además de ser una especie generalista tolera una amplia gama de condiciones ambientales, habiéndose registrado inclusive en hábitats abiertos sub-óptimos (Red List 2016).

Potencial de dispersión

Todas las poblaciones de esta especie hacen migraciones estacionales significativas, recorriendo en ocasiones distancias mayores a 200 kilómetros, lo que permite inferir que es una especie con una gran capacidad de dispersión (EOL 2016).

Evidencias de impactos

Impactos/beneficios socioeconómicos

La especie tiene beneficios económicos por ser comercializada de manera media. El principal mercado que se ve beneficiado económicamente es el de mascotas, siendo Estados Unidos uno de los principales países en venta de estos reptiles (Reptile City 2016).

Impactos a la salud

Al igual que con muchas otras especies de reptiles, esta especie tiene con frecuencia bacterias que viven naturalmente en sus intestinos y que pueden ser perjudiciales para los seres humanos (son miembros normales de la flora intestinal de los reptiles). En particular, estas tortugas pueden ser fuente de bacterias del género *Salmonella* (Campos *et al.*, 2013). Cualquiera que estén contacto con la tortuga debe tener cuidado de mantener los métodos de higiene y lavarse las manos después de una manipulación para evitar esta bacteria (Knipper 2002).

Impactos ambientales y a la biodiversidad

El impacto ambiental provocado por el comercio de esta especie es moderado ya que puede causar alteraciones en plantas nativas y endémicas; y al ser una especie muy competitiva, depreda a una gran variedad de animales tanto invertebrados como pequeños vertebrados (García & Iñigo 2014). Sin embargo no se encontró más información sobre los impactos ambientales que *Pseudemys nelsoni* pudiera tener sobre otras especies nativas de vertebrados en los lugares donde ha sido introducida.

Control y mitigación

Florida ha aprobado una serie de medidas para proteger y mantener los humedales extensos del estado, pero omiten los de diámetros pequeños y los humedales aislados

que pueden ser de muchos acres de tamaño. Durante años, los grupos conservacionistas en Estados Unidos han promovido medidas fuertes en cinco distritos de administración de agua del estado, así como el cuerpo de Ingenieros del ejército de EE.UU. y el Departamento de Protección del Medio Ambiente de Florida, para proteger los humedales aislados; aunque se han hecho algunos progresos, las medidas todavía no son adecuadas (Jackson & Meylan 2006). A pesar de que *P. nelsoni* ya no puede ser capturada legalmente de la naturaleza en Florida, que representa a la gran mayoría de distribución de la especie, es necesario adoptar medidas similares en el estado de Georgia, donde también es común (Jackson 2006).

Normatividad

El plan de acción del 'Grupo de especialistas de tortugas de tierra y dulceacuícolas de la UICN/SSC' incluye a *P. nelsoni* en la categoría 4: especies de las cuales no se ha llevado a cabo una investigación adicional. Esta especie no figura actualmente en la Lista Roja de la UICN, y fue etiquetada como especie de 'bajo riesgo/preocupación menor' por un grupo de especialistas en 1996 (Jackson 2006, Van Dijk 2013).

***Trachemys scripta* y subespecies (*scripta*, *elegans* y *troosti*)**
Tortuga pintada / Jicotea / Tortuga escurridiza / Pond slider



Figura 3.1 Ejemplar de *T. s. scripta* (Fotografía: Francesco Canu).



Figura 3.2 Ejemplar de *T. s. elegans* (Fotografía: H. Zell).



Figura 3.3. Ejemplar de *T. s. troosti* (Fotografía: Danny Steven S.).

Introducción

Taxonomía

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Sauropsida

Orden: Testudines

Familia: Emydidae

Género: *Trachemys*

Especie: *Trachemys scripta*

Fuente: Van Dijk *et al.*, (2013)

Descripción

Antes del año 2002 se identificaban taxonómicamente 14 subespecies dentro del complejo *T. scripta*. Éstas eran clasificadas con base a su distribución geográfica y a sus características particulares fisiológicas y morfológicas (e.g. manchas y formas del caparazón, plastrón y piel) (Ernst & Lovich 2009).



Figura 3.4. Caparazones de ejemplares adultos de *T. s. scripta* (izquierda), *T. s. troosti* (centro) y *T. s. elegans* (derecha). Imagen tomada de: <http://trailin.sweb.cz/herpetoculture/trachemys.htm>.

Sin embargo a partir de la revisión taxonómica de Seidel (2002) la mayoría de las subespecies subieron de categoría a especie de tal forma que *Trachemys scripta scripta*, *T. s. troosti* y *T. s. elegans* son las únicas subespecies reconocidas actuales (Seidel 2002; Fig. 3.5). Posteriormente Jackson *et al.*, (2008) confirman la revisión taxonómica de Seidel (2002) a partir de un estudio de ADN mitocondrial.

En este informe se describirán generalidades sobre la especie, y cuando exista información se describirán detalles sobre las tres subespecies (*T. s. scripta*, *T. s. elegans* y *T. s. troosti*) respectivamente, que se encuentran en la lista de especies invasoras de reptiles de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO 2015).

La especie *T. scripta* se caracteriza por la presencia de una mancha prominente a cada lado de la cabeza (Martínez 2011). Cuenta con un patrón de rayas pálidas sin interrumpir en la cabeza, el cuello, y unos patrones de coloración en los ocelos del caparazón. Estos patrones de combinación son más comunes de observar en ejemplares de Mesoamérica. Las marcas en el caparazón varían de un tono amarillo a naranja-rosado. Los ocelos laterales varían en forma, pero por lo general son elipses verticales que constan de dos a cuatro anillos concéntricos (Legler & Vogt 2013). Se puede clasificar como una tortuga de gran tamaño ya que su caparazón alcanza una longitud de 600 mm (Calderón-Mandujano *et al.*, 2013).

La principal diferencia entre las tres subespecies se aprecia en la coloración de las manchas laterales en su cabeza. Mancha roja en *T. s. elegans*, y amarilla en *T. s. scripta* y en *T. s. troosti* (Martínez *et al.*, 2011). Otra diferencia de fácil percepción es que el espaldar de *T. s. scripta*, que alcanza un máximo de 280 mm, suele ser más corto, más ancho, un poco más alto y menos liso que en *T. s. elegans* y en *T. s. troosti*. El tamaño máximo de espaldar de la tortuga de orejas rojas en poblaciones de su área natural es 280 mm y el de la tortuga escurridiza (*T. s. troosti*) es más pequeño que las otras dos subespecies con un máximo de 210 mm (Ernst & Lovich 2009).

La subespecie *T. s. scripta* cuenta con dos extensas bandas amarillas que se unen tras el tímpano. Las escamas pleurales tienen una banda vertical amarilla que resalta sobre la piel oscura en los adultos. El plastrón es de color amarillo en el que a veces existen manchas u ocelos negros, sólo en las escamas más anteriores. En poblaciones naturales el caparazón puede alcanzar un largo máximo en de 280 mm (Ernst & Lovich 2009).

Los ejemplares de *T. s. elegans* tienen bandas post-orbitales de forma ancha y alargadas, de un notable color rojo. Las bandas amarillas y negras se encuentran sobre el caparazón verde oliva-marrón, y en el plastrón posee algunos ocelos de color negro en todas las placas. El dimorfismo sexual en *T. s. elegans* denota una tendencia en los machos a volverse más oscuros que las hembras en la etapa adulta; además los machos maduran en un tamaño menor que las hembras (Fig. 3.5) (Legler & Vogt 2013). Como se puede observar en la tabla 3.1 las hembras de *T. s. elegans* de poblaciones reproductoras tienen un mayor tamaño de espaldar y un mayor peso que los machos (Pérez-Santigosa *et al.*, 2006). Otra forma de distinguirlos es porque los machos presentan largas y puntiagudas uñas en las extremidades anteriores y tienen la cola más larga (Ernst & Lovich 2009).

Tabla 3.1. Longitud del espaldar y peso de *T. s. elegans* en dos poblaciones reproductoras reportadas en el sur de España: las lagunas de El Portil y El Acebuche (tomada de Pérez *et al.*, 2006).

	Longitud (mm)			
	El Acebuche (Huelva)		El Portil (Huelva)	
	n	(min - max)	n	(min - max)
Machos	25	(116.5-195.2)	83	(109.7-213.2)
Hembras	99	(170.3 - 257.8)	99	(171.0-248.3)
Crías y juveniles	70	(28.8-167.2)	47	(32.2-169.7)
	Peso (g)			
	n	(min - max)	n	(min - max)
	Machos	25	(204-948)	83
Hembras	99	(290-2700)	99	(738-2204)
Crías y juveniles	70	(54-654)	47	(59-763)



Figura 3.5. Diferencia de tamaño entre el macho y la hembra de *T. s. elegans* (imagen tomada de Espinoza 2011).

Por último *T. s. troosti* se caracteriza por tener varias bandas post-orbitales de color amarillo, que van de forma paralela desde el ojo hasta la base del cuello. También cuenta con bandas amarillas en cada escama pleural, y un 'diseño plastral' con pequeñas manchas de color negro. Su tamaño máximo, en poblaciones silvestres, es menor al de las otras dos subespecies de *T. scripta*, alcanzando un máximo de 210 mm de longitud del caparazón (Ernst 1990). En *T. s. troostii* el dimorfismo sexual se observa en la longitud de caparazón, ya que en las hembras el caparazón es más ancho (entre 125 – 300 mm cuando alcanzan la madurez sexual). Los machos por lo general tienen la cola más gruesa, junto con garras más largas en las patas delanteras. La cloaca en hembras está más cerca del caparazón. El plastrón es más cóncavo en los machos, y más convexo en las hembras. Esto permite a la hembra mantener mejor los huevos y para que los machos puedan encajar bien al momento de cópula (Baum 2014).

En Centroamérica las poblaciones de esta especie muestran poco dimorfismo sexual, a diferencia con las poblaciones que se encuentran en Estados Unidos, en donde los machos son esencialmente de menor tamaño que las hembras (Calderón 2002).

Biología e historia natural

Trachemys scripta se distribuye de forma nativa en el río Pecos y en los afluentes del río Grande en Texas; al norte y este de la cuenca del Mississippi, en la vertiente del golfo, y a lo largo de la llanura costera oriental (Estados Unidos) (Legler & Vogt 2013). La subespecie *T. s. scripta* desde Virginia a Georgia y norte de Florida; *T. s. troosti* en Tennessee y Kentucky; y *T. s. elegans* por el norte hasta Illinois, Iowa y Nebraska y por el oeste hasta Texas y norte de México.

En México, Calderón (2002) menciona que *T. scripta* se encuentra bien distribuida en el país desde hace bastante tiempo (registrada en 19 estados). Seidel 2002 describe la distribución natural de las especies y subespecies ya diferenciada, tal como se puede observar en la Figura. 3.6.

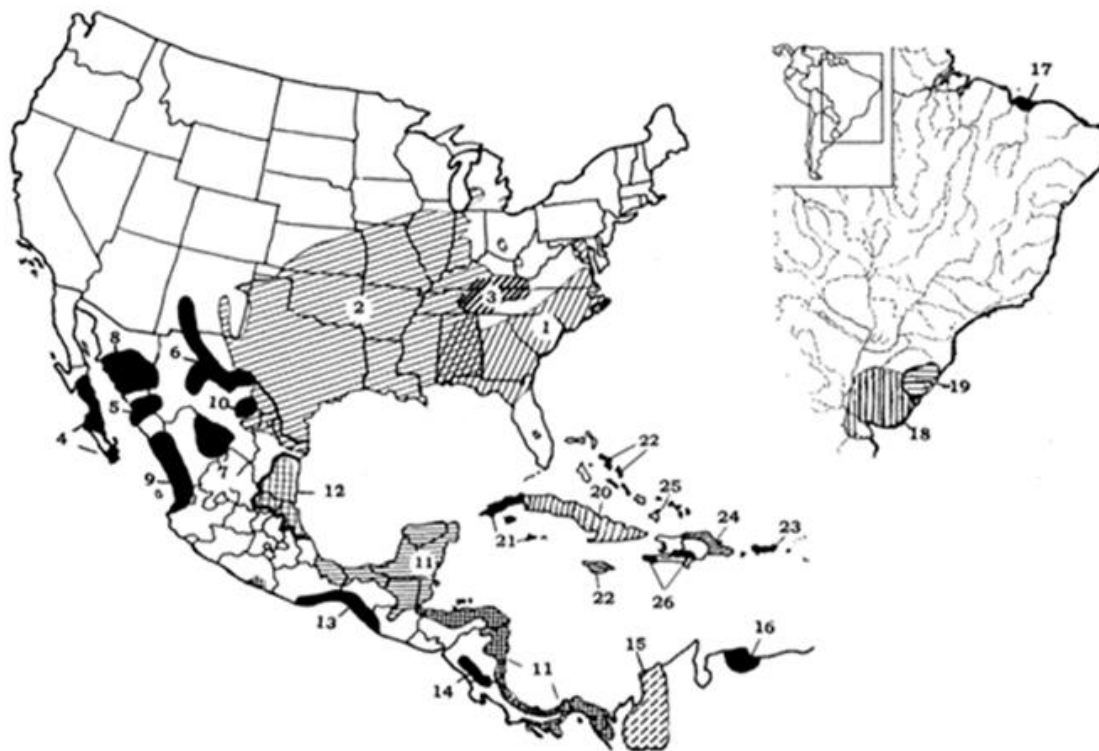


Figura 3.6. Distribución nativa de las especies del género *Trachemys* (imagen tomada de Seidel 2002). Ver numeración en tabla 3.2.

Tabla 3.2. Numeración para identificar las subespecies de la figura 3.6.

Numeración	Especie	Subespecie
1	<i>Trachemys scripta</i>	<i>T. s. scripta</i> (Schoepff), 1792
2		<i>T. s. elegans</i> (Wied), 1839
3		<i>T. s. troosti</i> (Holbrook), 1836
4	<i>Trachemys nebulosa</i>	<i>T. n. nebulosa</i> (Van Denbrugh), 1895
5		<i>T. n. hiltoni</i> (Carr), 1942
6	<i>Trachemys gaigeae</i>	<i>T. g. gaigeae</i> (Hartweg), 1939
7		<i>T. g. hartulegi</i> (Legler), 1990
8		<i>T. g. yaquia</i> (Legler & Webb), 1970
9		<i>T. g. ornata</i> (Gray), 1831
10		<i>T. g. taylori</i> (Legler), 1960
11	<i>Trachemys venusta</i>	<i>T. v. venusta</i> (Gray), 1855

12		<i>T. v. cataspila</i> (Giinther), 1885
13		<i>T. v. grayi</i> (Bocourt), 1868
14		<i>T. v. emolli</i> (Legler), 1990
15	<i>Trachemys callirostris</i>	<i>T. c. callirostris</i> (Gray), 1855
16		<i>T. c. chichiriviche</i> (Pritchard & Trebbau), 1984
17		<i>T. c. adiutrix</i> (Vanzolini), 1995
18	<i>Trachemys dorbigni</i>	<i>T. d. dorbigni</i> (Dumeril & Bibron), 1835
19		<i>T. d. brasiliensis</i> (Freiberg), 1969
20	<i>Trachemys decussata</i>	<i>T. d. decusata</i> (Gray), 1831
21		<i>T. d. angusta</i> (Barbour & Carr), 1940
22		<i>T. d. terrapen</i> (Lacepede), 1788
23	<i>Trachemys stejnegeri</i>	<i>T. s. stejnegeri</i> (Schmidt), 1928
24		<i>T. s. vicina</i> (Barbour & Carr), 1940
25		<i>T. s. malonei</i> (Barbour & Carr), 1938
26		<i>T. s. decorate</i> (Barbour & Carr), 1940

Desde las últimas décadas del siglo XX ésta especie se ha expandido por todo el mundo, debido a su fácil adaptación a diferentes condiciones ambientales y a la liberación de ejemplares que se vendían por millares en el mercado de mascotas. Actualmente, su distribución asilvestrada se extiende por todos los continentes con excepción de la Antártida, siendo límites de su distribución zonas extremadamente secas, o frías con condiciones que la especie no puede tolerar (Luiselli *et al.*, 1997).

Trachemys scripta (las tres subespecies) es una especie generalista, que cuando se encuentra en su etapa adulta es principalmente omnívora y oportunista y que puede prosperar con lo que encuentre disponible incluso en ecosistemas contaminados; la dieta no varía entre las subespecies (Legler & Vogt 2013). De acuerdo con Campbell (1999) esta especie se alimenta principalmente de flora acuática, frutas, invertebrados y carroña, aunque en su etapa juvenil es principalmente carnívora.

En general, habita una gran variedad de medios acuáticos de agua dulce (ríos, embalses, acequias, pantanos, lagunas y charcas), aunque prefiere aguas con poco flujo de corriente de 1 a 2 m de profundidad con abundante vegetación y disponibilidad de sitios para asolearse (Morreale & Gibbons 1986, Ernst & Lovich 2009). Entre las variables que se consideran más determinantes de los hábitats utilizados por esta especie en sus áreas de origen, destaca la profundidad del agua, pues no suele encontrarse en aguas demasiado someras (<0.5 m de profundidad), en las que se considera que no puede hibernar de manera adecuada (Morreale & Gibbons 1986). Además, prefiere medios acuáticos permanentes, ya que en los temporales se ve obligada a migrar hacia otros lugares cuando se produce la desecación (Morreale & Gibbons 1986).

En un estudio que se realizó en las lagunas de Huelva (España) se reportó una hembra de 170 mm de longitud recta del caparazón (LRC) ya con aparato genital desarrollado, y en el mismo estudio se registró una tortuga que puso huevos con 184 mm de LRC (Perez-Santigosa *et al.*, 2008). También se observó que el peso máximo de los

ovarios fue en el mes de abril, apreciándose hasta el mes de julio la presencia de folículos de tamaño intermedio o grande y huevos en los ovarios. Para los individuos criados en cautiverio se observó que presentaban huevos calcificados en los meses de junio y julio. Para individuos criados en cautiverio en Cataluña, Martínez y colaboradores (2001) mencionan que el periodo de puesta es entre los meses de mayo y agosto.

El cortejo en *T. s. troosti* es muy característico, ya que el macho inicia posicionándose frente a la hembra para hacer vibrar sus uñas golpeteando el rostro de ella con el objetivo de someterla y proceder con la cópula. En cautiverio, los machos son más agresivos con otros machos (Ernst & Lovich 2009, Espinoza-Espinosa 2011). Davis & Jackson (1970) mencionan que *T. s. elegans* necesita tener contacto entre cloacas de tal forma que el macho se pone en un ángulo de 90° con respecto al caparazón de la hembra al momento de la cópula.

Las hembras de *T. scripta* tienen la característica de ser capaces de almacenar espermatozoides en el oviducto después de la primer copula de tal forma que los espermatozoides pueden residir dentro de estas glándulas y mantener la fertilidad hasta varios años (Gist & Congdon 1998). De igual forma es probable que las hembras presenten paternidad múltiple como ocurre con la tortuga marina *Caretta caretta* (Harry & Briscoe 1988). De acuerdo con Gist & Congdon (1998) los huevos de la primer puesta son fertilizados por el esperma transferido durante apareamiento pre-ovulatorio, y en la segunda y siguientes puestas los huevos son fertilizados con mayor frecuencia por el esperma almacenado.

De acuerdo con Pérez *et al.*, (2008) la mayoría de las hembras realizan tres puestas por año aunque pueden ser más. Suelen poner de dos a 25 huevos de forma ovalada, entre los meses de abril y julio. Aunque el tamaño de puesta puede variar de acuerdo a la localidad (Martínez-Silvestre *et al.*, 1997, Bertolero & Canicio 2000, Capalleras & Carretero 2000). Por ejemplo, en la comunidad de Valencia se reportaron 398 nidos con una media de 9.5 huevos/nido (Bataller *et al.*, 2010). Las crías recién eclosionadas llegan a medir de 30 a 33 mm, tienen el caparazón de forma redondeada y su color es verde (Ernst *et al.*, 1998, Espinoza-Espinosa 2011).

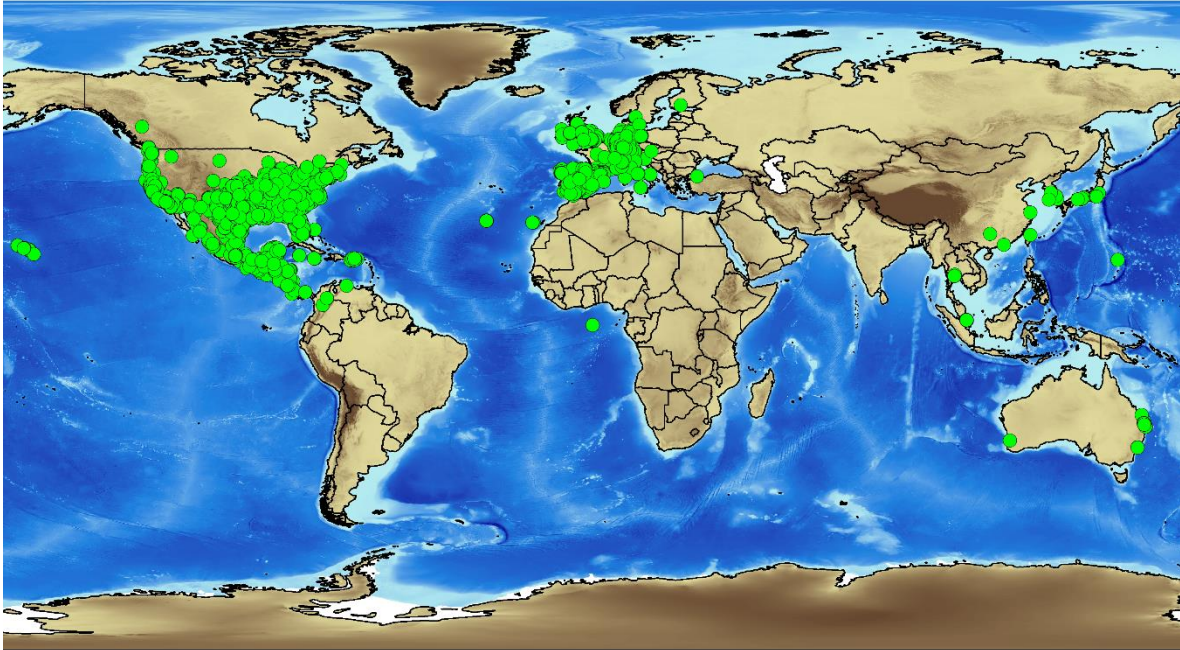


Figura. 3.7. Ocurrencias de *T. scripta* en todo su rango de distribución (Fuente: Global Biodiversity Information Facility).

Estatus

En México las tres subespecies se encuentran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría 'sujeta a protección especial'. A nivel mundial, *Trachemys scripta* y subespecies están incluidas en la lista de la IUCN/SSC ISSG de las 100 especies más invasoras del planeta (IUCN 2009).

En cuanto a conservación, su área de distribución natural incluye el este y centro de Estados Unidos (Iverson & Iverson 1992) y norte de México (Van Dijk *et al.*, 2013), donde según los criterios de conservación de la IUCN, se encuentra en situación de 'bajo riesgo', aunque en algunas regiones se encuentra bajo la categoría 'casi amenazada' (Martínez *et al.*, 2011).

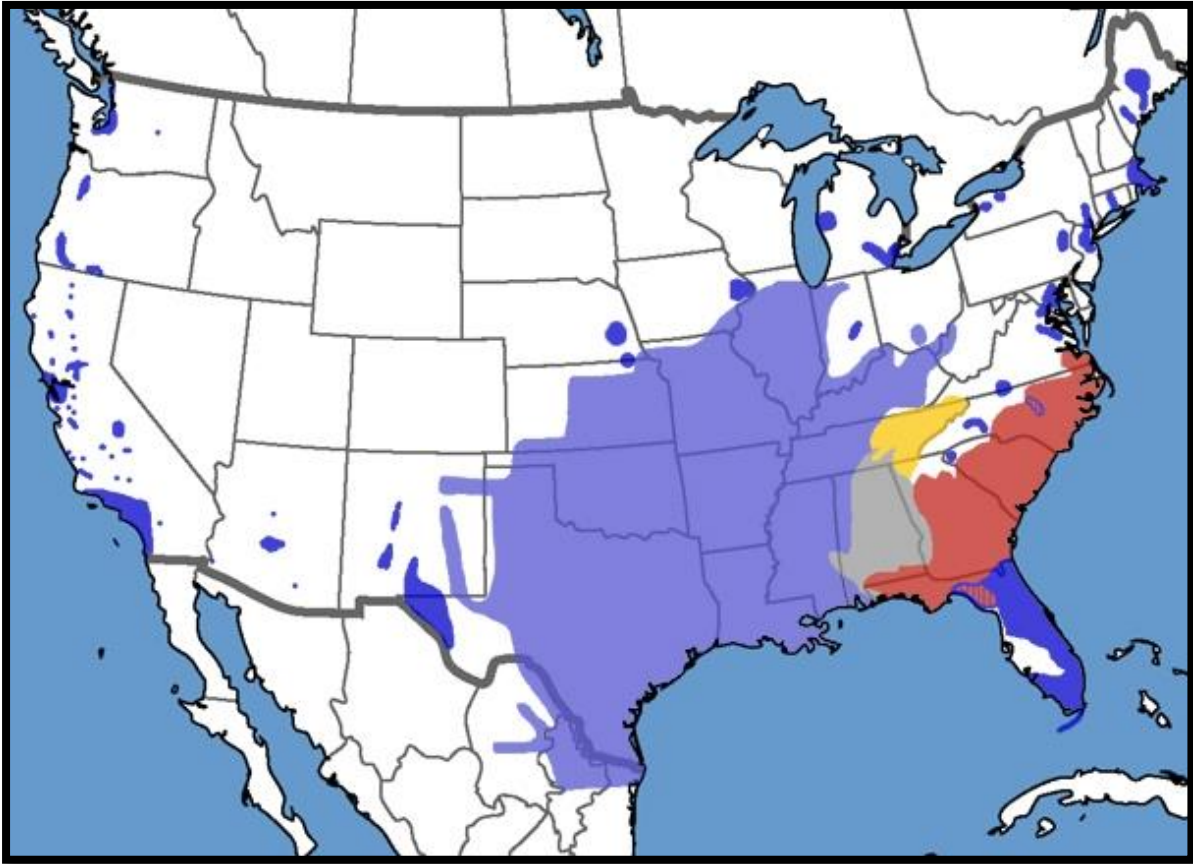


Figura 3.8. Rango de distribución aproximado nativo de las subespecies de *Trachemys scripta* en América. En color morado: *T. scripta elegans*. En color azul: *T. scripta elegans* distribución introducida en Norte América (de acuerdo a United States Geological Survey, 2009). En color amarillo: *T. scripta troostii*. En color rojo: *T. scripta scripta* (Modificado de: California Department of Fish and Wildlife 2016).

Usos y comercialización

Historia de la comercialización

A principios del siglo XX la subespecie *T. s. elegans* (Tortuga japonesa) se capturaba de su medio natural para venderse en pequeños mercados de Estados Unidos (Burger 2009). A inicios de los años 50's en el sureste de Estados Unidos se crearon "granjas de tortugas" (*T. s. elegans*) para el comercio mundial de animales de compañía. Estas granjas producían entre cinco y seis millones de tortugas cada año. Sin embargo en la década de los 70's la producción se redujo a entre tres y cuatro millones por año debido a que la asociación de Alimentos y Drogas (FDA) en 1975 restringió su venta interna e interestatal debido a un incremento de salmonelosis en niños asociada a tortugas mascotas (Martínez-Silvestre et al., 2011). Su venta masiva en Europa principalmente en España inició aproximadamente

en 1991 (Barquero, 2001), algunos autores atribuyen que esto se debió a que se volvió una mascota popular como consecuencia del lanzamiento del segundo volumen de cómics de las Tortugas ninja (Burger 2009).

Esta especie históricamente era comercializada ya que en muchas comunidades era aprovechada como alimento; actualmente sigue siendo intensamente cultivado con éste propósito en diversos países asiáticos (Van Dijk *et al.*, 2016).

Otra de las principales causas por las cuales esta tortuga se encuentra en áreas fuera de su rango de distribución natural es su venta masiva como mascota. Ya que un alto porcentaje de ejemplares posteriormente son liberados en algún medio natural ya que los compradores usualmente desconocen el tamaño y la mordacidad que adquieren estas tortugas en etapa adulta (González 2012).

Origen de los individuos comercializados

Casi todos los animales en el intercambio comercial, que asciende a aproximadamente seis millones de individuos por año, son producidos en granjas de "ciclo cerrado". Las hembras capturadas en el medio silvestre son vendidas a granjas de tortugas, mientras que los machos que sobran se utilizan para consumo (Van Dijk *et al.*, 2013).

Se estima que la comercialización de *T. scripta* se realiza de manera amplia en México desde hace bastante tiempo (Calderón 2002). Muchos establecimientos para el comercio de mascotas la venden de forma ilegal. La mayoría de los individuos son importados de granjas de Estados Unidos (Espinoza-Espinosa 2011). También se ha documentado que estas tortugas son enviadas desde granjas de Estados Unidos, hasta Japón y luego son importadas a México (razón por la cual se le conoce como tortuga Japonesa) (Legler & Vogt 2013).

Ordoñez (2007) menciona que muchos compradores desconocen el origen de los individuos. Únicamente 26.66% de una muestra de personas entrevistadas sabían que *T. scripta* provenía de un criadero, sin embargo nunca especificaron su ubicación. El 66.65% de los entrevistados no dio respuesta alguna y el 6.66% mencionó que se capturaban en el mar.

De acuerdo con CITES los individuos importados a países como Portugal, Bélgica, Dinamarca, España, Francia, Países Bajos y Brunei (Fig. 3.8) provienen principalmente de huevos incubados en cautiverio de padres criados pero cuyos padres fueron recolectados en vida libre. De 1999 hasta el 2008 se reporta en CITES una cifra de 9,243 individuos confiscados aunque no se menciona el motivo del decomiso; a partir del año 2009 según ésta dependencia las importaciones disminuyeron y en su mayoría siguen proviniendo de criaderos.

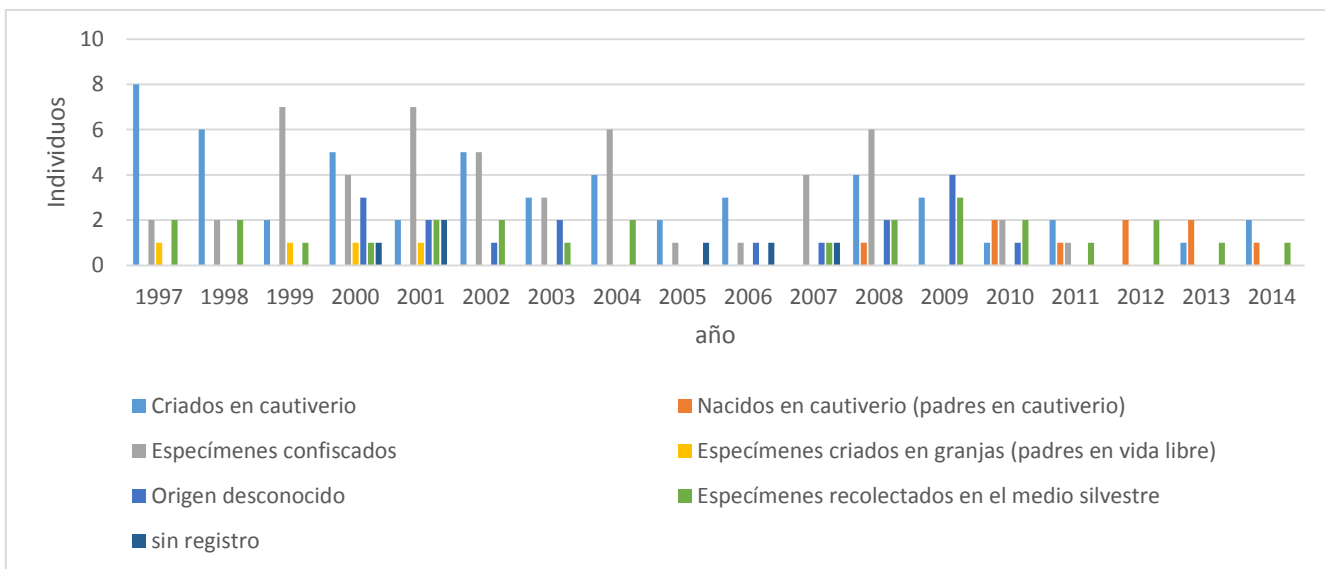


Figura 3.9. Origen de los individuos comercializados a nivel mundial (Base de datos CITES 2016).

Condiciones de crianza/reproducción

En condiciones controladas esta especie debe tener un espacio amplio para poder desarrollarse. Cuando están pequeñas puede usarse un terrario de 20 x 20 cm y de 12 a 115 cm de profundidad, en el cuál se recomienda utilizar una piedra de río para que puedan salir a tomar el sol (Espinoza-Espinosa 2011, Baum 2014). Más grandes es necesario adecuar una pecera de vidrio de 1 m de largo, 40 cm de ancho y 47 cm de profundidad, a la cual también puede agregarse una pequeña rampa de vidrio para que los individuos puedan asolearse. El rango de temperatura bajo los cuáles se pueden mantener en cautiverio es muy amplio para las tres subespecies (este puede oscilar entre 10 hasta 35°C). De igual forma es necesario adecuarle un foco de 75w y modular la temperatura en un periodo de 12 horas luz/12 horas de oscuridad para primavera y verano y 10 horas de luz/14 horas de oscuridad durante otoño e invierno (Espinoza-Espinosa 2011).

Si la tortuga alcanza más de 15 cm es necesario hacer un pequeño estanque, para que esté en condiciones óptimas y se siga desarrollando. Al ser una especie generalista, puede ser alimentada con pellets, alimento animal (vivo o seco) y alimento vegetal. A los individuos adultos se les tiene que dar el triple de alimento que se les daba de juveniles. Si se tienen las condiciones adecuadas la especie puede sobrevivir ya que no requiere de muchos aditamentos para su cuidado (Espinoza-Espinosa 2011).

Análisis económico

La subespecie más comercializada en las últimas décadas ha sido *T. s. elegans* (Silva & Blasco 1995, Barquero 2001). Sólo entre 1989 y 1994 se exportaron para su venta desde

Estados Unidos unos 26 millones de individuos (Arvy & Servan 1998). Franke & Telecky (2001) documentan que Estados Unidos exportó más de 52 millones de individuos desde 1989 hasta 1997.

La base de datos CITES (2016) solo tiene registros a partir de 1997 donde se documentan las importaciones que se presentan en este documento (Tabla 3. 3). No se menciona a Estados Unidos en esta base, quizá debido a que a principios de 1970, la Asociación de Alimentos y Drogas (FDA por sus siglas en inglés) promulgara una regulación que restringía la venta interna e interestatal de quelonios menores a 102 mm de largo; esto debido a un incremento de salmonelosis en niños asociado a tortugas compradas como mascota (Martínez *et al.*, 2011). CITES tampoco menciona nada respecto a México.

España, Portugal y Bélgica presentan el mayor número de importaciones entre el año 1997 y 1998. En 1997 la Unión Europea prohibió la importación de la subespecie *T. s. elegans* por su alta capacidad de invasión, siendo incluida en el apéndice B de la directiva hábitat 338/97 en junio de 1997. Esto causó un decaimiento en su venta lo que a su vez incidió en que se comenzara a importar otras especies de tortugas y otras subespecies de *Trachemys* (Martínez-Silvestre & Cerradelo 2000). Sin embargo, como se puede observar en la tabla 3.3 en España después del año 2000 ya no se ha registrado ninguna importación (CITES 2016).

Dinamarca es el único país que reporta importaciones todos los años con un total de 20,369 individuos; en Francia se importaron 69,000 individuos en 1997 y del año 2000 hasta el 2002 se importaron 451 especímenes; Brunei muestra registros de importación hasta el año 2007 con un total de 12,950 importaciones y Países bajos solo muestra importaciones en el año de 1998 con 12,500 especímenes y para el año 2002 solo presento un individuo (datos obtenidos de CITES 2016).

Tabla 3.3. Importaciones a nivel mundial *T. s. elegans* (Base de datos CITES 2016).

Año	Austria	Bélgica	Brunéi	Alemania	Dinamarca	España	Finlandia	Francia	Reino Unido	Kuwait	Países Bajos	Noruega	Polonia	Portugal
1997	4	361500			13570	887011		69000	8000					135000
1998	6129			56	4050	10000					12500			10002
1999				53	45				8					6000
2000		2	200	66	170	3057		51	5					
2001	10		1950	4	131			200	8					
2002	49		3400	58	120		2	200	6		1			
2003			2900	2	236		2		8					
2004			1000	14	130				319					
2005			1000		60				500				27	
2006	2		2000		100		1		350					
2007	9		500	2	160				13					
2008	1			12	252				109					74
2009				7	181				1					
2010	2			81	225					10				
2011				98	200							1		
2012				43	300									
2013				86	200									
2014				71	239			1						

Tabla 3.4. Cabezas importadas a México del año 2010 al 2014 (datos proporcionados por la Procuraduría de Protección al Ambiente).

Año	Especie/sub especies	Número de individuos importados
2010	<i>T. s. elegans</i>	400,000
2011	<i>T. s. elegans</i>	575,211
2012	<i>T. s. scripta</i>	1,095,000
2013	<i>T. s. elegans</i>	697,218
2014	<i>T. s. scripta</i>	30,000
	<i>T. s. elegans</i>	192,025
	<i>T. s. scripta</i>	300

La subespecie *T. s. elegans* se sigue exportando actualmente desde Estados Unidos hacia otros países como Japón, Francia, Italia, Hong Kong, España, Inglaterra, Bélgica, Alemania, México y Países Bajos (Legler & Vogt 2013).

El precio de las subespecies puede variar de forma significativa en diferentes establecimientos, ya que como se mencionó anteriormente en México existen establecimientos que la venden de forma ilegal (Ordoñez 2007). En Estados Unidos las tres subespecies tienen un precio de \$19.99 dólares más costos de importación (Reptile City 2014). Si consideramos que en México se importaron de 2010 a 2014 un total de 2,989,754 ejemplares (en total de *T. s. scripta* y *T. s. elegans*) (PROFEPA), es posible hacer una aproximación de los ingresos que legalmente dejó para nuestro país la comercialización de esta especie: ~ \$ 59,765,182.5 dólares.

Rutas de introducción

Durante los 90's la principal ruta de introducción de *T. s. elegans* y posteriormente de las otras dos subespecies a diversos países del mundo fue a través del tráfico de especies por exportaciones que provenían de diversas granjas del sureste de Estados Unidos. Posteriormente debido a cambios en la normatividad de dicho país y una vez que existían granjas y criaderos bien establecidos en otros países, Japón ocupó el primer lugar como principal país exportador (Legler & Vogt 2013).

En México es sumamente complicado identificar rutas de introducción específicas para esta especie debido a su intensiva comercialización legal e ilegal. Por ejemplo, en la Ciudad de México existe una gran variedad de comercios informales que se dedican a la venta de tortugas dulceacuícolas (incluida esta especie; e.g. 'Mercado de Peces', 'Mercado de Sonora', 'Mercado San Juan', 'Xochimilco') (Ordoñez-Gómez 2007, Espinoza-Espinosa 2011).

Como consecuencia de lo anterior, hoy en día esta especie presenta una distribución sumamente amplia en México siendo reportada para los estados de la

Península de Baja California, Chihuahua, Coahuila, Sonora, Sinaloa, Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí, Durango, Nayarit, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas, Campeche, Quintana Roo y Yucatán (Calderón 2002).

En república Checa se tiene conocimiento que la especie fue introducida de manera intencional alrededor de los años 50's y está catalogada con potencial de invasión; en Dinamarca se introdujo en 1964 y en Alemania en 1982 (NOBANIS 2016).

Potencial de establecimiento y colonización

Potencial de colonización

En Estados Unidos es una especie que ha establecido poblaciones más allá de su área de rango original lo que denota su potencial de colonización. En Europa se está volviendo cada vez más abundante, especialmente en Portugal, España y Francia. Esta especie ha sido introducida en los siguientes países: Bahrein, Belice, Brunéi, Chipre, Francia, Alemania, Guam, Hong Kong, Indonesia, Israel, Italia, Japón, Malasia, Birmania y Países Bajos (WCMC 2010).

Las poblaciones naturalizadas de *T. s. elegans* tienen tasas reproductivas muy altas en zonas costeras mediterráneas, lo cual incrementa su potencial de colonización en estas regiones (Patiño & Marco 2005). Por otro lado, en la Europa de clima continental, esta especie se mantiene en todo tipo de cuerpos de agua dulce gracias a su gran capacidad de adaptación, tanto por lo que respecta a la calidad del agua como a las adversidades climáticas invernales (Freeman 1997).

Potencial de dispersión

Las especies acuáticas se encuentran limitadas por la poca extensión de su medio, por lo tanto su área de movimiento es variado dependiendo del tamaño de la zona en donde se desarrolle. Por consiguiente, su dispersión depende la interconectividad que exista entre los cuerpos de agua de una región (Martínez *et al.*, 2011).

Las tres subespecies se encuentran catalogadas como especies exóticas por la IUCN/SSC ISSG ya que su distribución se ha extendido a un gran número de países fuera de su distribución natural (Newbery 1984, Luiselli *et al.*, 1997, Cadi *et al.*, 2004).

En general, *T. scripta* se encuentra en todo tipo de cuerpos de agua: balsas de riego, canales, estanques y cauces naturales. Por ser una especie generalista, debido a su fácil aclimatación, esta especie cuenta con las características adecuadas para poder dispersarse fácilmente en México y en el mundo (Freeman 1997, Martínez *et al.*, 2011). Actualmente, su distribución asilvestrada se extiende por todos los continentes con excepción de la Antártida, siendo sus límites de expansión las zonas extremadamente secas, o frías (Luiselli *et al.*, 1997). También se encuentran en lugares áridos y semiáridos (Pozo de la Tijera & Galindo Leal 1998).

Evidencias de impactos

Impactos a la salud

Puede contribuir a la propagación de enfermedades y parásitos tales como *Neopolystoma orbiculare*, *Polystomoide smultiflax* y *Entamoeba terrapen* los cuáles pueden afectar a la fauna nativa. Es portador de *Salmonella* causando infecciones oculares, respiratorias, intestinales en humanos y otras tortugas (García & Iñigo 2014). Existe registro de muertes humanas asociadas a salmonelosis por reptiles lo que causó una gran preocupación de salud pública en los Estados Unidos en 1970 (Nowinski & Albert 2000).

De acuerdo con Martínez *et al.*, (2011) la incidencia de enfermedades y parásitos en individuos de *T. scripta* es relativamente alta; en Andalucía, España se observó que 70% de los individuos capturados en vida libre se encontraban asociados a algún patógeno (Hidalgo-Vila 2006). Lo anterior denota que esta especie puede ser foco de infección y transmisión de enfermedades a las poblaciones de tortugas autóctonas (*Kinisternon*, *Rhinoclemys*, *Terrapene*, etc.) y a los humanos. En Italia se encontró presencia de patógenos como *Citrobact erfrendii* y *Aeromonas sobriaen* entre otras en *T. s. elegans*. Algunos individuos presentaban lesiones de tipo pulmonar y hepáticas (Soccini & Ferri 2004). Hidalgo (2006) encontró que en dos poblaciones de *T. s. elegans* más del 70% de un total de 66 individuos que fueron analizados resultaron enfermos. En Cataluña también se identificaron estas enfermedades en un 75% de los 20 individuos colectados (Martínez & Marco 2005).

Impactos ambientales y a la biodiversidad

El impacto ambiental provocado por el comercio de esta especie es bastante fuerte ya que causa alteraciones a la vegetación de especies nativas y endémicas (García & Iñigo 2014), y al ser una especie muy competitiva, depreda a una gran variedad de animales tanto invertebrados como pequeños vertebrados (García & Iñigo 2014). *T. scripta* es capaz de generar competencia, depredación, herbivoría, e hibridación, no solo con especies y sub especies de *Trachemys* como la endémica de México *T. taylori* (Martínez *et al.*, 2011), sino también con las tortugas pertenecientes a otros géneros (Schilde *et al.*, 2004).

Se tiene conocimiento que *T. s. scripta* se alimenta de los huevos de carpas (*Cyprinus carpio*). Las tortugas esperan a las carpas dentro del agua, cerca de la orilla. Cuando la hembra de carpa realiza el proceso de ovoposición, *T. s. scripta* se sumerge y empieza a consumir los huevos (Martínez 2010).

Trachemys también interfiere en la reproducción de aves acuáticas. En particular, se ha detectado la expulsión de adultos de parejas del Zampullín chico (*Tachybaptus ruficollis*) de su nido, por parte de hembras de *Trachemys* ya que los utilizan como zonas de asoleamiento. Esto lo observaron Martínez *et al.*, (2010) en los periodos 2008, 2009 y 2010 en las reservas naturales del Río Llobregat (Barcelona).

Respecto a la interferencia con anfibios, se ha observado que los renacuajos de rana común (*Pelophylax perezi*) y sapo de espuelas (*Pelobates cultripes*) son frecuentemente depredados por *Trachemys scripta*. También ha sido documentado que *T. s. elegans* compite por recursos de asoleamiento con el Galápago europeo (*Emys*

orbicularis), esto afecta de forma negativa la tasa de supervivencia de ésta última (Cadi & Joly 2004).

Control y mitigación

En España se sugiere que las principales medidas de control deben ir encaminadas a la regulación e incluso prohibición de su venta (Martínez *et al.*, 2011); y la realización de campañas de información y difusión al público para evitar la liberación de mascotas en el medio natural (Pérez *et al.*, 2006). De igual forma en España existen programas de erradicación, que incluyen la detección temprana de la especie, la extracción de individuos mediante métodos de captura optimizados y la vigilancia continua de los sitios en los que se ha registrado. Como medida de control se han implantado trampas de asolamiento; otro método de erradicación es usando armas de fuego (Pérez *et al.*, 2006) o la extracción de nidos (Martínez *et al.*, 2011).

De acuerdo con el Boletín Oficial del Estado, Real Decreto 630/2013, en el país Vasco se creó una campaña en 2007 con la presencia y distribución de los galápagos exóticos en Guipúzcoa; en Andalucía de noviembre 2001 a noviembre 2004 se realizaron bases científicas para la elaboración de un programa de erradicación de galápagos exóticos introducidos en el medio natural. También se realizó un Programa Andaluz de control de especies exóticas invasoras en el cual se capturaron 566 individuos de *T. s. elegans* y otros galápagos exóticos en humedales, litorales y estuarios invadidos entre los años 2005 y 2009.

La Comunidad Valenciana creó un proyecto llamado “LIFE-Trachemys” que se desarrolló en España y Portugal. Teniendo como objetivo detener la pérdida de diversidad por la presencia de *T. scripta* (GVA Life-Trachemys 2011).

Tabla 3.5. Efectividad de los medios de captura (Tomado de Informe LIFE-Trachemys #1).

Arte	Capturas/día	Capturas/Hora	Porcentaje capturado en 5 días del total de 30 días
Flotante 4 trampas malla	8.0	0.33	100%
Nasa	6.3	0.26	100%
Cebo flotante	5.0	0.20	83%
Cebo flotante PVC	5.0	0.20	83%
Flotante basculante	4.0	0.18	75%
Flotante cerrada entradas exteriores	0.6	0.03	10%

Normatividad

El Diario oficial de la Unión Europea aplicó el 'Reglamento de ejecución (UE) 2015/736' el 7 de mayo del 2015, en donde se decretó prohibir la introducción en la Unión de especímenes de determinadas especies de fauna y flora silvestres. En dicho reglamento se determinó la inmediata suspensión de importaciones de *T. scripta* (UNEP 2016).

En España, y en países que integran la Unión Europea, se reconoce a *T. s. elegans*, como especie exótica invasora, estando prohibida su importación por la legislación europea (Reglamento EC nº 338/97), aunque no su venta ni su cría. Dentro de esta regulación, sólo se incluye la subespecie *T. s. elegans*, mientras que sobre las otras dos subespecies no existe actualmente ningún control (Martínez *et al.*, 2011).

En México *T. scripta* y sus subespecies se encuentran en la Norma Oficial Mexicana 059 bajo la categoría de 'sujeta a protección especial' (SEMARNAT 2010).

En estados Unidos desde 1970 la asociación de Alimentos y Drogas restringe la venta interna e interestatal de quelonios menores a 102 mm de largo debido a un incremento de salmonelosis asociado a tortugas en los niños (Martínez *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Se recopilaron un total de 6,265 registros de presencia de los cuáles 89% pertenecieron a *C. picta* y *T. scripta*; únicamente 715 (11%) correspondieron a *P. nelsoni* (Tabla 1).

Tabla 1. Número de registros de presencia para las especies y subespecies de tortugas en su rango de distribución actual (Libres = observación en hábitat silvestre, Urbanos = observación en ciudad).

Especie	Libres	Urbanos	Total
<i>Chrysemys picta</i>	2209	831	3040
<i>Pseudemys nelsoni</i>	538	177	715
<i>Trachemys s. elegans</i>	961	1425	2386
<i>Trachemys s. scripta</i>	68	33	101
<i>Trachemys s. troosti</i>	19	4	23

Chrysemys picta y *Trachemys scripta elegans* representan un riesgo serio y extremo, respectivamente, para México de acuerdo al consenso por mayoría generado a partir de los tres modelos de riesgo con base en Bomford (2008). En el resto de los taxones no hubo coincidencia entre los modelos, por lo que se les asignó la categoría del ‘Modelo 3’ (Modelo basado en Bomford *et al.*, 2008) ya que consideramos es el más robusto (Tabla 2). La descripción detallada de cada modelo y la justificación de cada valor se presenta en el Anexo II.

Tabla 2. Categorías asignadas a cada especie y subespecie de tortuga con base en los tres modelos utilizados en este informe y el consenso por mayoría. Modelo_1: ‘Modelo original (Bomford 2006)’, Modelo_2: ‘Modelo de aves y mamíferos para reptiles y anfibios’, Modelo_3: ‘Modelo basado en Bomford *et al.*, (2008)’.

Especie	Modelo_1	Modelo_2	Modelo_3	Consenso
<i>Chrysemys picta</i>	Serio	Extremo	Serio	Serio
<i>Pseudemys nelsoni</i>	Moderado	Extremo	Serio	Serio
<i>Trachemys s. elegans</i>	Serio	Extremo	Extremo	Extremo
<i>Trachemys s. scripta</i>	Moderado	Serio	Extremo	Extremo
<i>Trachemys s. troosti</i>	Moderado	Bajo	Extremo	Extremo

NicheA mostró tener mejor capacidad que Maxent de anticipar la distribución de las subespecies de *T. scripta*. Sin embargo, en las otras dos especies Maxent tuvo un mejor

desempeño (Tabla 3). Las condiciones ambientales que ocupan *C. picta* y *T. s. elegans* en México apenas representan una pequeña fracción de las que ocupan globalmente, de acuerdo con NicheA (Fig. 1 y Fig. 2).

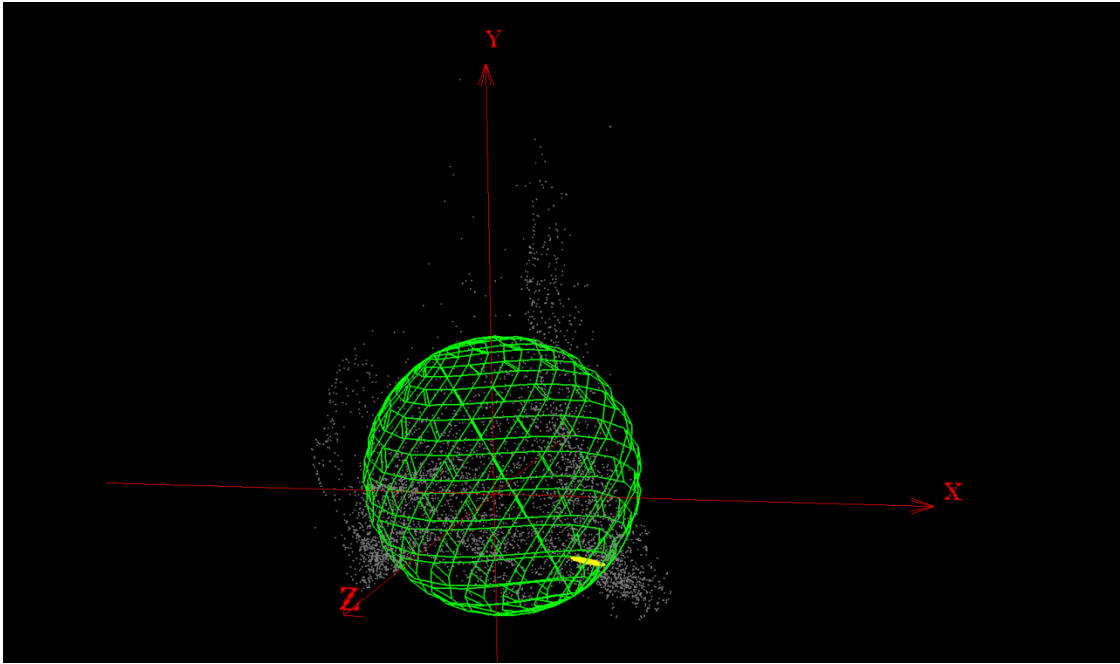


Figura 1. Elipsoides de volumen mínimo estimados por NicheA con base en los registros de presencia de *C. picta* en México (amarillo) y foráneos (verde).

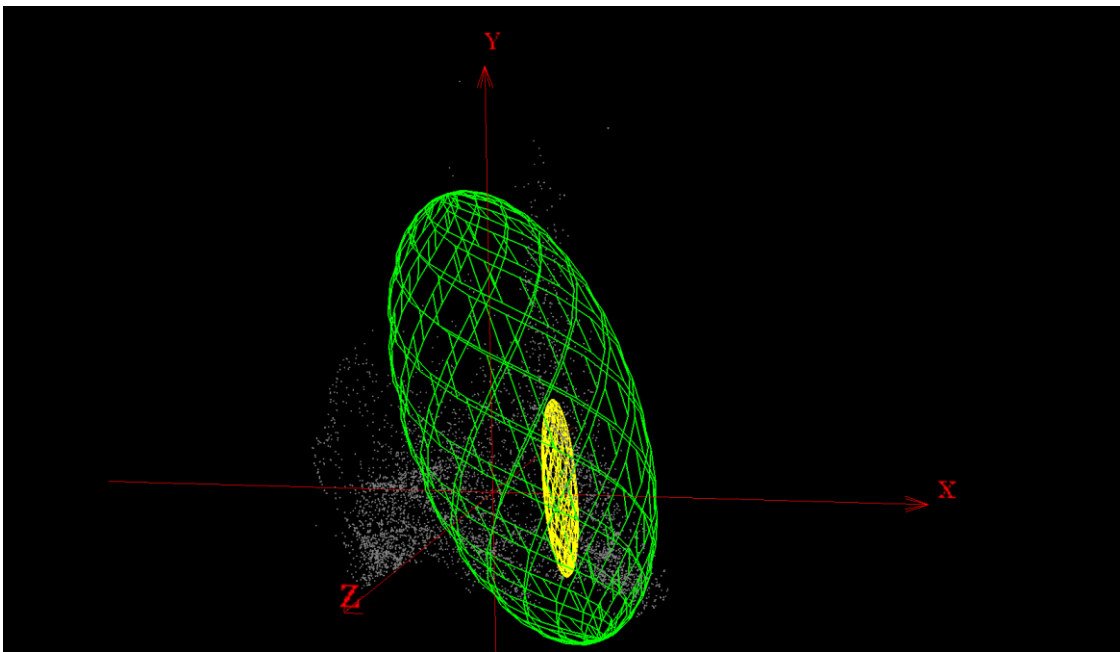


Figura 2. Elipsoides de volumen mínimo estimados por NicheA con base en los registros de presencia de *T. s. elegans* en México (amarillo) y foráneos (verde).

Tabla 3. Validación estadística de los modelos mediante la técnica ROC Parcial (Peterson *et al.*, 2008).

Especie	Maxent	Niche Analyst
<i>Chrysemys picta</i>	1.25	1.01
<i>Pseudemys nelsoni</i>	1.05	0.71
<i>Trachemys s. elegans</i>	0.98	1.18
<i>Trachemys s. scripta</i>	0.50	0.87
<i>Trachemys s. troosti</i>	0.51	0.66

Los mapas de favorabilidad ambiental y de distribución potencial para cada especie (condiciones adecuadas) se presentan en los Anexos III y IV. Es posible observar ciertas coincidencias entre los modelos generados por Maxent y NicheA. Sin embargo, llama la atención que en otros casos las predicciones fueron contrastantes (e.g. *T. s. scripta*).

Por último, varios de los modelos transferidos a México deben ser tomados con cautela, ya que para muchas especies fue posible identificar extrapolación estricta (predicción en ambientes novedosos fuera del rango de valores de las variables presentes en el área de calibración) (Anexo V).

CONCLUSIONES

Esta es la primera evaluación robusta que se realiza en México sobre el riesgo potencial de establecimiento de tortugas exóticas. Las especies evaluadas en el presente análisis fueron identificadas por CONABIO debido a que son comercializadas en México y/o en regiones cercanas a nuestro país. Los análisis que se realizaron están basados en un protocolo para la evaluación de riesgo de vertebrados exóticos en Australia propuesto por el Centro de Investigación Cooperativo en Animales Invasores de Australia (Invasive Animals Cooperative Research Centre; Bomford 2008).

Consideramos que es un protocolo robusto ya que se basa en criterios cualitativos y cuantitativos desarrollados a partir de evidencia empírica sobre los factores que influyen sobre la probabilidad de que una determinada especie de vertebrado establezca poblaciones silvestres y se pueda convertir en plaga. No obstante, la estimación vía 'Climatch' (BRS 2009) de similitud climática padece de algunas limitaciones importantes: 1.- la distribución de las estaciones meteorológicas a partir de las cuáles se asocia la información climática con los registros de presencia de las especies no se distribuyen de manera homogénea por el planeta, lo que puede ocasionar que para algunas especies no existan datos climáticos disponibles para asociar con sus ocurrencias, 2.- los análisis se realizan únicamente con los 16 parámetros climáticos establecidos por defecto en el programa lo que impide incluir otro tipo de factores (e.g. radiación, humedad, vegetación), 3.- algunas funciones básicas como la importación de los registros de presencia fallan o no son claras, por lo que la selección de las estaciones de origen se tuvo que hacer de manera manual, 4.- sólo genera estimaciones para los puntos donde existen estaciones meteorológicas (225 para México).

La incorporación de otras herramientas de análisis (e.g. Maxent y NicheA) permitió resarcir algunas de las limitaciones mencionadas en el párrafo anterior, y aportar detalle ecológico y geográfico en las estimaciones de favorabilidad ambiental y condiciones adecuadas para el potencial establecimiento de las tortugas. Se decidió incorporar al menos dos métodos ya que se ha demostrado que el desempeño de los algoritmos en la modelación correlativa de nichos es especie específico, y la mejor herramienta para una especie puede no ser la más adecuada para otra (Qiao *et al.*, 2015). Con base en las evaluaciones estadísticas se sugiere el uso de los modelos generados con NicheA para *T. scripta* y subespecies y Maxent para *C. picta* y *P. nelsoni*. Resulta importante mencionar, que al no existir información en México para esta última, así como tampoco para las subespecies *T. s. scripta* y *T. s. troosti* es imposible tener certeza de la capacidad predictiva de los modelos. La alternativa en estos casos podría ser un ensamble de modelos para representar la consistencia en las predicciones (Araújo & New 2007).

Es importante mencionar que en tres (*P. nelsoni*, *T. s. scripta* y *T. s. troosti*) de los cinco taxones analizados, los modelos transferidos a México deben ser tomados con mucha precaución, ya que gran parte del territorio posee condiciones ambientales novedosas que se encuentran fuera de los rangos de valores presentes en el área de calibración de estas especies (extrapolación estricta) (Elith *et al.*, 2010, Owens *et al.*, 2013).

Finalmente, a pesar de las limitaciones mencionadas la información generada a partir de este proyecto permitirá a las autoridades competentes y a los tomadores de decisiones anticipar estrategias para evitar que estas especies causen problemas sociales, económicos e impacten a la biodiversidad y los ecosistemas de México.

ANEXOS

Anexo I. Registros de presencia por especie.

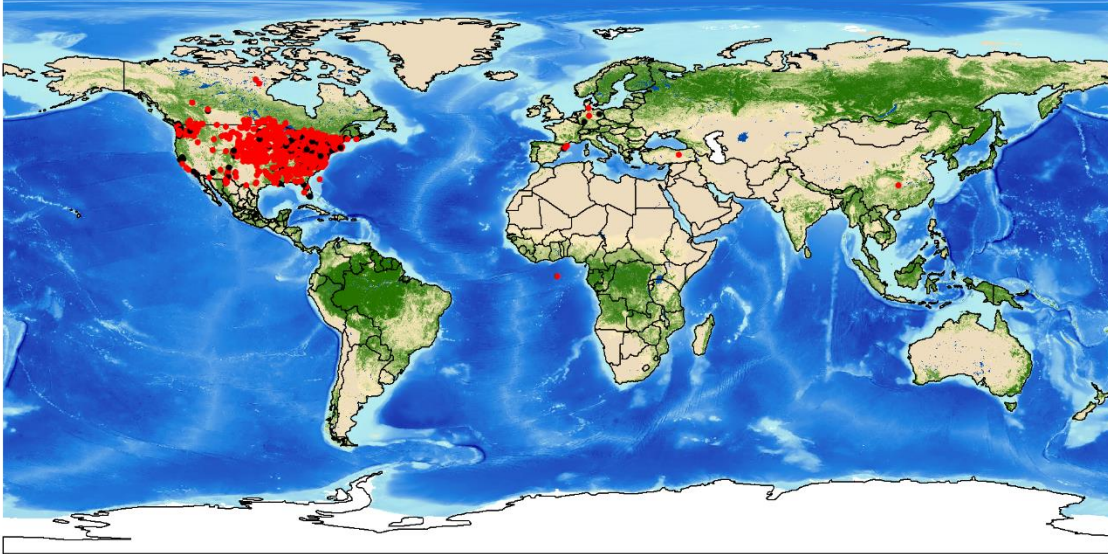


Figura 3. Registros de presencia de *C. picta* en su rango de distribución actual (puntos negros = registros procedentes de grandes urbes, puntos rojos = observaciones de la especie en vida libre).

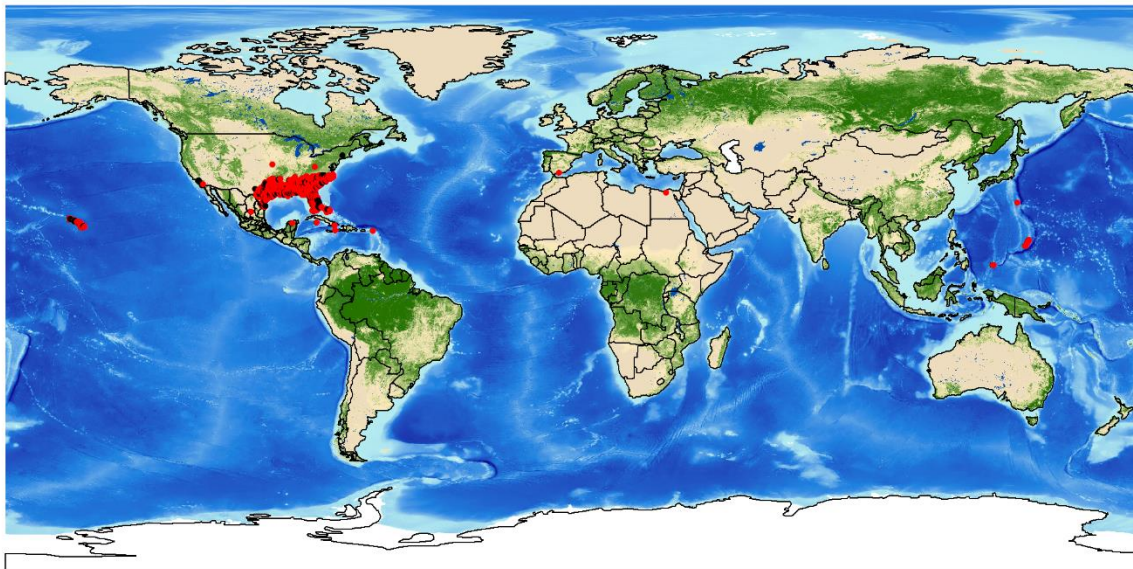


Figura 4. Registros de presencia de *P. nelsoni* en su rango de distribución actual (puntos negros = registros procedentes de grandes urbes, puntos rojos = observaciones de la especie en vida libre).

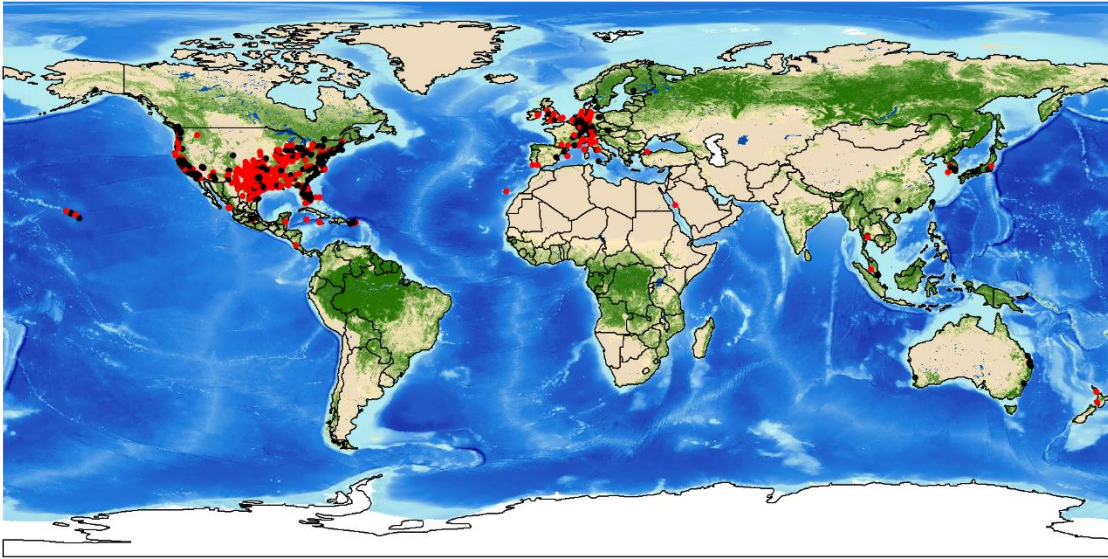


Figura 5. Registros de presencia de *T. s. elegans* en su rango de distribución actual (puntos negros = registros procedentes de grandes urbes, puntos rojos = observaciones de la especie en vida libre).

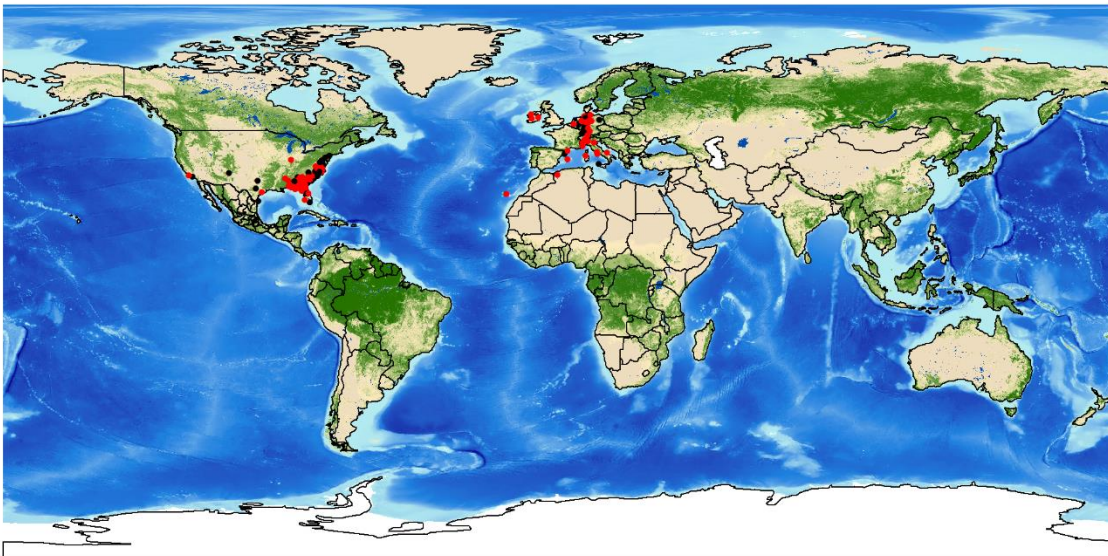


Figura 6. Registros de presencia de *T. s. scripta* en su rango de distribución actual (puntos negros = registros procedentes de grandes urbes, puntos rojos = observaciones de la especie en vida libre).

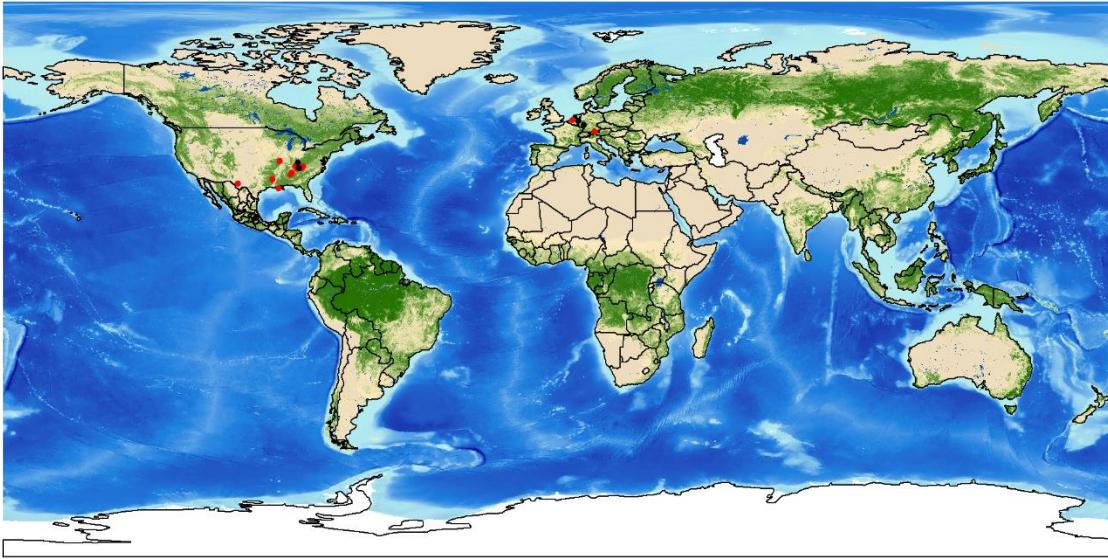


Figura 7. Registros de presencia de *T. s. troosti* en su rango de distribución actual (puntos negros = registros procedentes de grandes urbes, puntos rojos = observaciones de la especie en vida libre).

Anexo II. Modelos para el análisis de riesgo por especie con base en Bomford (2006 y 2008).

Análisis de riesgo para *Chrysemys picta*

Tabla 4. Evaluación de riesgo de establecimiento para *C. picta* en México de acuerdo con el modelo australiano para reptiles y anfibios publicado por Bomford *et al.*, (2005) y modificado por Bomford (2006).

Modelo original (Bomford 2006)	Puntuación
A. Valor de similitud climática	37
B. Valor por ser exótico en otros lugares	30
C. Valor taxonómico por familia	15
Riesgo de establecimiento	82
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Serio

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros reptiles SDC892015').

Valor por ser exótico en otros lugares (inciso B): Fitzgerald *et al.*, (2004) presentan una relación de especies de reptiles del desierto chihuahuense que son sujetas a comercio en México, entre ellas se encuentra *C. picta*, que se vende como mascota en diversas tiendas en México. También se ha documentado su comercialización extensiva como mascota en Texas, Estados Unidos. De acuerdo con Ceballos & Fitzgerald (2004) muchos individuos son extraídos de poblaciones silvestres, aunque también un alto porcentaje son importados /exportados de criaderos particulares (Ceballos & Fitzgerald 2004) en diferentes países del mundo (República de Malta, Reino Unido, España, entre otros). El riesgo de establecimiento aumenta cuando individuos escapan de sus encierros o cuando las personas los liberan intencionalmente al ya estar cansados de cuidar a su mascota (Kraus 2009).

Valor taxonómico por familia (inciso C): Bomford (2008) asigna una puntuación de 15 a la familia Emydidae.

Tabla 5. Evaluación de riesgo de establecimiento para *C. picta* en México de acuerdo con el modelo de aves y mamíferos para reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo de aves y mamíferos para reptiles	Puntuación
A. Valor de similitud climática	5
B. Valor por tener poblaciones exóticas establecidas	4
C. Valor por el tamaño de su rango total de distribución	3
Riesgo de establecimiento	12
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Extremo

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros reptiles SDC892015').

Valor por tener poblaciones exóticas establecidas (inciso B): debido a su introducción exitosa con poblaciones establecidas en lugares como República de Malta, Reino Unido, España, entre otros, su puntuación en el inciso B es de 4 (Ceballos & Fitzgerald 2004, Kraus 2009).

Valor por el tamaño de su rango total de distribución (inciso C): la suma de la distribución nativa e introducida supera los 70 millones de km², por lo que su puntuación para este inciso es de 2 (St. Clair & Gregory 1990, Starkey *et al.*, 2003).

Tabla 6. Evaluación de riesgo de establecimiento para *C. picta* en México de acuerdo con el modelo de reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo basado en Bomford <i>et al.</i>, (2008)	Puntuación
A. Valor de efecto aleatorio por familia	-0.77
B. Valor proporcional por especie	0.09
C. Valor de similitud climática	0.60
Riesgo de establecimiento	0.70
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Serio

Justificación de los valores:

Valor de efecto aleatorio por familia (inciso A): Bomford (2008) le asigna una puntuación de -0.77 de efecto aleatorio a la familia Emydidae.

Valor proporcional por especie (inciso B): una puntuación de 0.09 es asignada a esta especie de acuerdo con Bomford (2008).

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch'(BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Análisis de riesgo para *Pseudemys nelsoni*

Tabla 7. Evaluación de riesgo de establecimiento para *P. nelsoni* en México de acuerdo con el modelo australiano para reptiles y anfibios publicado por Bomford *et al.*, (2005) y modificado por Bomford (2006).

Modelo original (Bomford 2006)	Puntuación
A. Valor de similitud climática	10
B. Valor por ser exótico en otros lugares	15
C. Valor taxonómico por familia	15
Riesgo de establecimiento	40
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Moderado

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Valor por ser exótico en otros lugares (inciso B): en la década de 1990 los individuos juveniles de *P. nelsoni* se hicieron populares en el mercado de mascotas, incluso se hicieron relativamente comunes en las colecciones de los aficionados europeos. Grandes cantidades de huevos fueron extraídos de nidos naturales en algunos sitios en el sur de Florida para abastecer esta demanda (Campos 2013).

Valor taxonómico por familia (inciso C): Bomford (2008) asigna una puntuación de 15 a la familia Emydidae.

Tabla 8. Evaluación de riesgo de establecimiento para *P. nelsoni* en México de acuerdo con el modelo de aves y mamíferos para reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo de aves y mamíferos para reptiles	Puntuación
A. Valor de similitud climática	4
B. Valor por tener poblaciones exóticas establecidas	4
C. Valor por el tamaño de su rango total de distribución	3
Riesgo de establecimiento	11
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Extremo

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Valor por tener poblaciones exóticas establecidas (inciso B): *P. nelsoni* es comúnmente exportada como alimento para Asia, y como mascota a Europa, con ~50% de individuos capturados y ~50% criados en cautividad. La mayoría de las estadísticas de exportación de Estados Unidos simplemente describen las tortugas exportadas por género *Pseudemys*, sin identificar la especie. Se exportan por millones, y son mayoritariamente criadas en granjas. Las tortugas son muy populares como animales domésticos por su pequeño tamaño, precio bajo y las pocas exigencias de mantenimiento (Campos 2013). El riesgo de establecimiento aumenta cuando individuos escapan de sus encierros o cuando las personas los liberan intencionalmente al ya estar cansados de cuidar a su mascota (Kraus 2009).

Valor por el tamaño de su rango total de distribución (inciso C): la suma de la distribución nativa e introducida supera los 70 millones de km², por lo que su puntuación para este inciso es de 3 (Dobie & Jackson 1979, Rose *et al.*, 1998).

Tabla 9. Evaluación de riesgo de establecimiento para *P. nelsoni* en México de acuerdo con el modelo de reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo basado en Bomford <i>et al.</i> , (2008)	Puntuación
A. Valor de efecto aleatorio por familia	-0.77
B. Valor proporcional por especie	0.25
C. Valor de similitud climática	0.20
Riesgo de establecimiento	0.71
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Serio

Justificación de los valores:

Valor de efecto aleatorio por familia (inciso A): Bomford (2008) le asigna una puntuación de - 0.77 de efecto aleatorio a la familia Emydidae.

Valor proporcional por especie (inciso B): una puntuación de 0.25 es asignada a esta especie de acuerdo con Bomford (2008).

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Análisis de riesgo para *Trachemys scripta*

Tabla 10. Evaluación de riesgo de establecimiento para *T. scripta* y subespecies en México de acuerdo con el modelo australiano para reptiles y anfibios publicado por Bomford *et al.*, (2005) y modificado por Bomford (2006).

Modelo original (Bomford 2006)	Puntuación		
	<i>T. s. elegans</i>	<i>T. s. scripta</i>	<i>T. s. troosti</i>
A. Valor de similitud climática	47	14	18
B. Valor por ser exótico en otros lugares	30	30	15
C. Valor taxonómico por familia	15	15	15
Riesgo de establecimiento	92	59	48
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Serio	Moderado	Moderado

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Valor por ser exótico en otros lugares (inciso B): a principios de la década de los 90's en Estados Unidos se crearon muchas granjas de tortugas orejas rojas (principalmente de *T. s. elegans*) para comercializar a otros países (Legler & Vogt 2013). Actualmente se siguen exportando desde Estados Unidos hacia otros países (Japón, Francia, Italia, Hong Kong, España, Inglaterra, Bélgica, Alemania, México y Países Bajos) y se ha documentado ampliamente poblaciones silvestres de las subespecies *T. s. elegans* y *T. s. scripta*; *T. s. troosti* también ha sido introducida en otros países, sin embargo no hay certeza de que existan poblaciones silvestres viables de esta subespecie en estas regiones (Legler & Vogt 2013, Van Dijk 2013.).

Valor taxonómico por familia (inciso C): Bomford (2008) asigna una puntuación de 15 a la familia Emydidae.

Tabla 11. Evaluación de riesgo de establecimiento para *T. scripta* y subespecies en México de acuerdo con el modelo de aves y mamíferos para reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo de aves y mamíferos para reptiles	Puntuación		
	<i>T. s. elegans</i>	<i>T. s. scripta</i>	<i>T. s. troosti</i>
A. Valor de similitud climática	4	3	2
B. Valor por tener poblaciones exóticas establecidas	4	4	0
C. Valor por el tamaño de su rango total de distribución	2	2	1
Riesgo de establecimiento	10	9	3
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Extremo	Serio	Bajo

Justificación de los valores:

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa ‘Climatch’ (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: ‘registros tortugas SDC892015’).

Valor por tener poblaciones exóticas establecidas (inciso B): como resultado de las ventas masivas, esta especie se ha establecido en muchas áreas del mundo, incluyendo Europa y Japón, en donde compiten con las especies de tortugas nativas y se aprovechan del alimento disponible (Franke & Telecky 2001). En España desde finales de los 90’s se tiene conocimiento que *T. s. elegans* y *T. s. scripta* poseen poblaciones silvestres reproductivas (Pleguezuelos *et al.*, 2004). Sin embargo, no se conoce de poblaciones silvestres exóticas que se estén reproduciendo para *T. s. troosti*.

Valor por el tamaño de su rango total de distribución (inciso C): la suma de la distribución nativa e introducida para *T. s. elegans* y *T. s. scripta* supera los 70 millones de km², por lo que su puntuación para este inciso es de 2. El valor de *T. s. troosti* es 1 ya que su rango no supera la cifra mencionada (IUCN 2009, Martínez 2011, Legler & Vogt 2013).

Tabla 12. Evaluación de riesgo de establecimiento para *T. scripta* y subespecies en México de acuerdo con el modelo de reptiles y anfibios (Bomford 2008).

Modelo basado en Bomford <i>et al.</i> , (2008)	Puntuación		
	<i>T. s. elegans</i>	<i>T. s. scripta</i>	<i>T. s. troosti</i>
A. Valor de efecto aleatorio por familia	-0.77	-0.77	-0.77
B. Valor proporcional por especie	0.66	0.66	0.66
C. Valor de similitud climática	0.70	0.70	0.30
Riesgo de establecimiento	0.93	0.93	0.90
Categoría asignada de riesgo de establecimiento	Extremo	Extremo	Extremo

Justificación de los valores:

Valor de efecto aleatorio por familia (inciso A): Bomford (2008) le asigna una puntuación de -0.77 de efecto aleatorio a la familia Emydidae.

Valor proporcional por especie (inciso B): una puntuación de 0.50 es asignada a esta especie de acuerdo con Bomford (2008).

Valor de similitud climática (inciso A): la puntuación de la similitud climática fue calculada de acuerdo con Bomford (2008) usando el programa 'Climatch' (BRS 2009) y con base en los registros de presencia obtenidos para esta especie de bases digitales (e.g. GBIF y VertNet) y literatura científica (material suplementario: 'registros tortugas SDC892015').

Anexo III. Mapas de favorabilidad ambiental por especie.

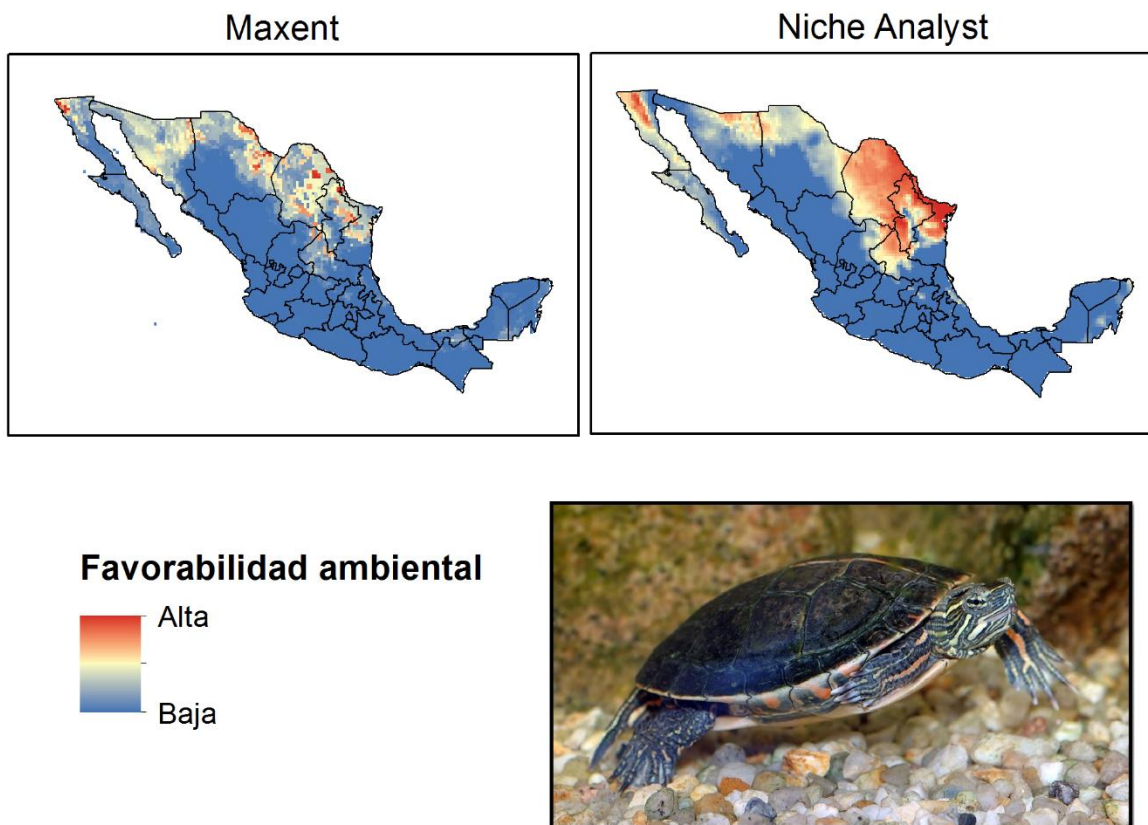


Figura 8. Favorabilidad ambiental en México para *C. picta*.

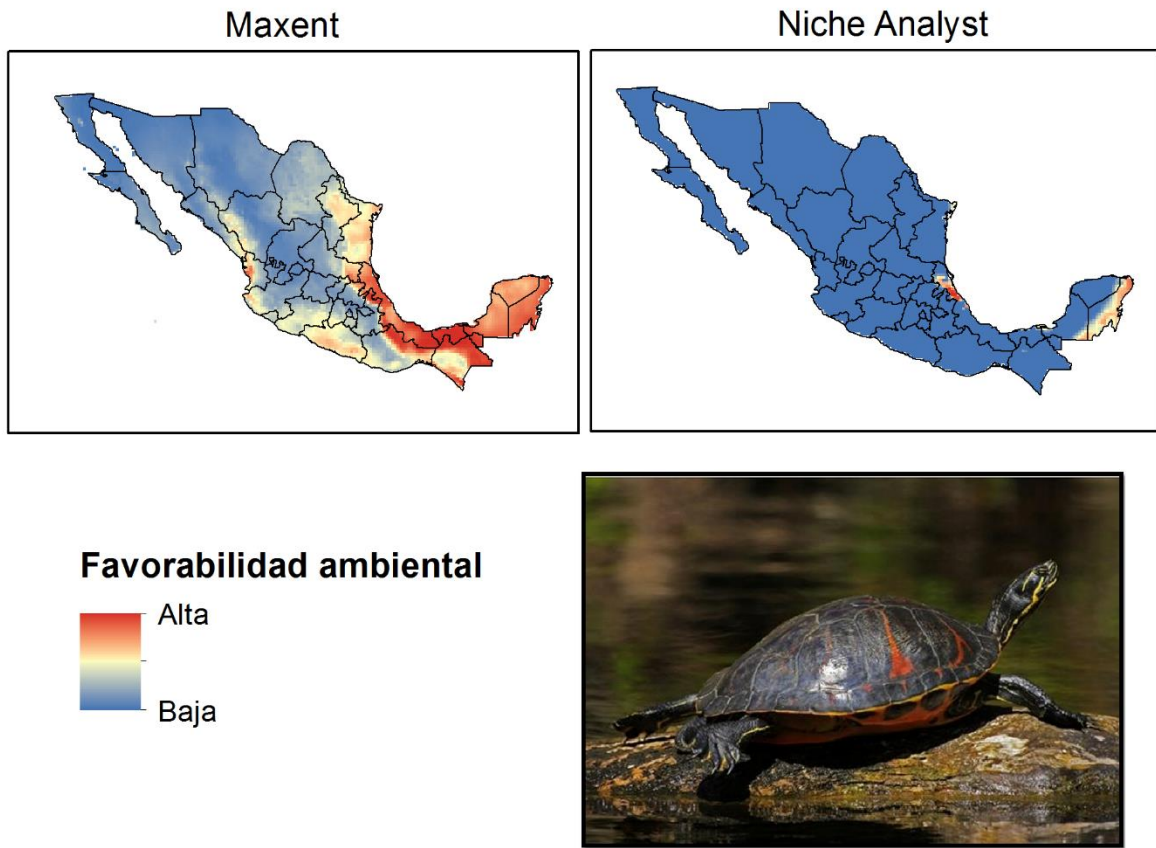


Figura 9. Favorabilidad ambiental en México para *P. nelsoni*.

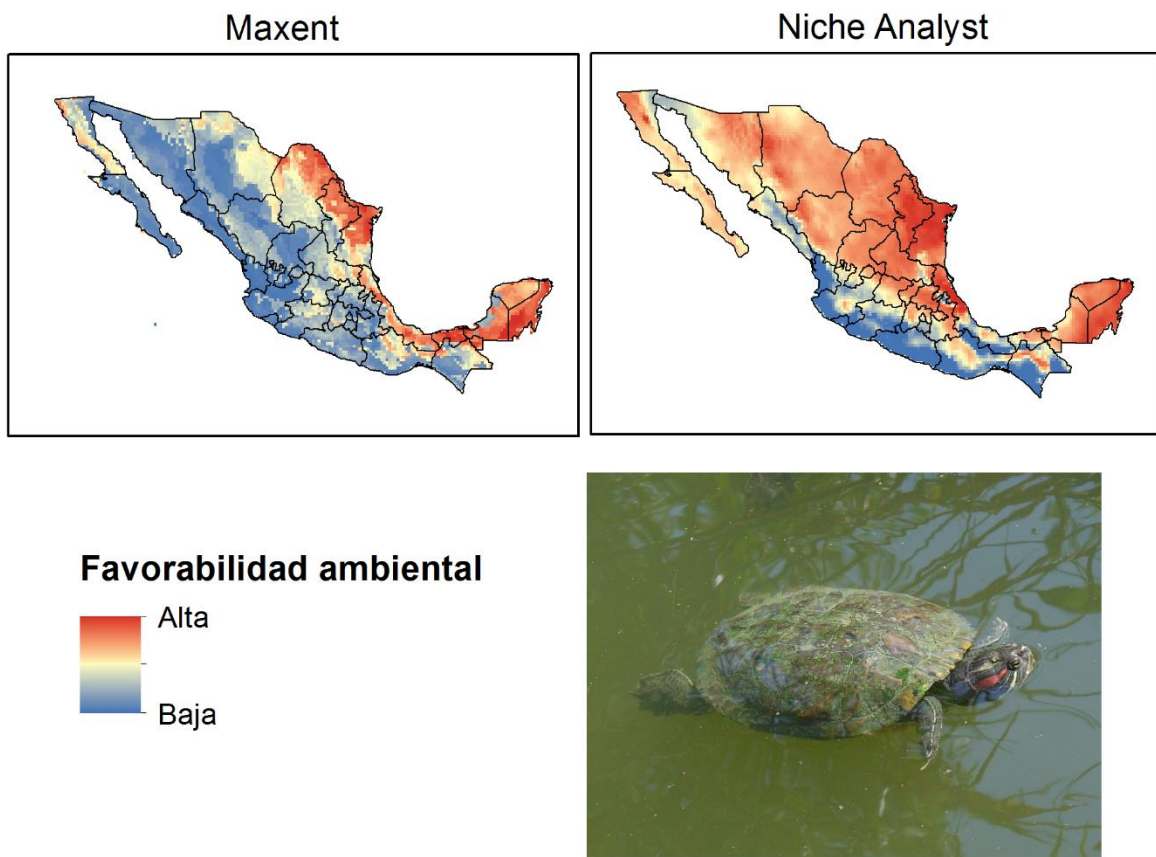


Figura 10. Favorabilidad ambiental en México para *T. s. elegans*.

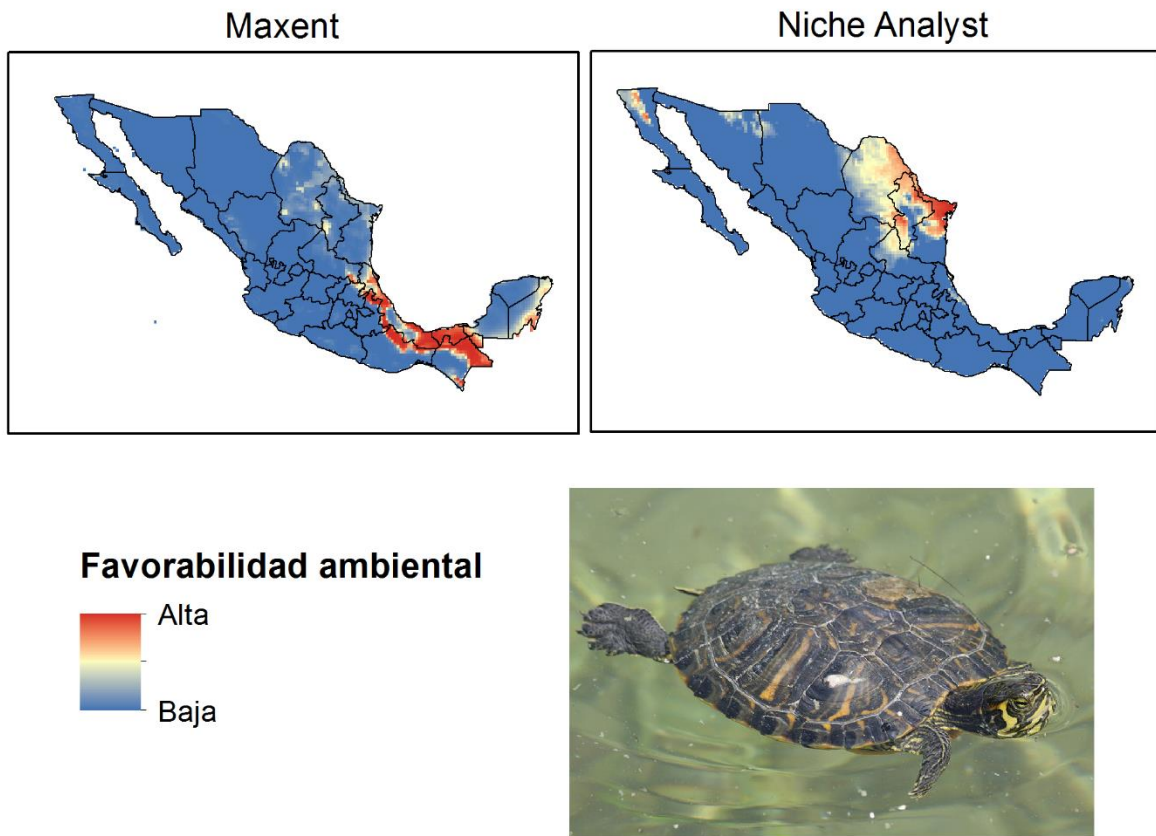


Figura 11. Favorabilidad ambiental en México para *T. s. scripta*.

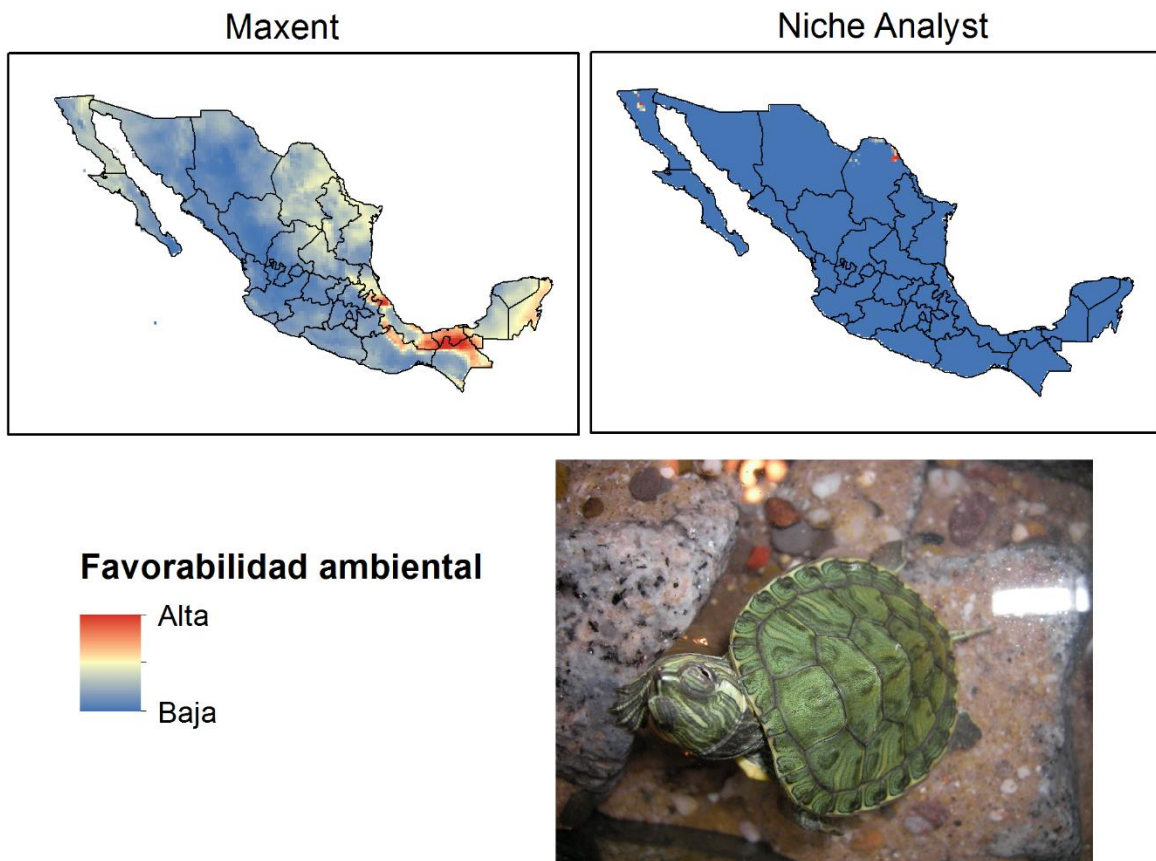


Figura 12. Favorabilidad ambiental en México para *T. s. troosti*.

Anexo IV. Mapas categóricos de condiciones adecuadas por especie.

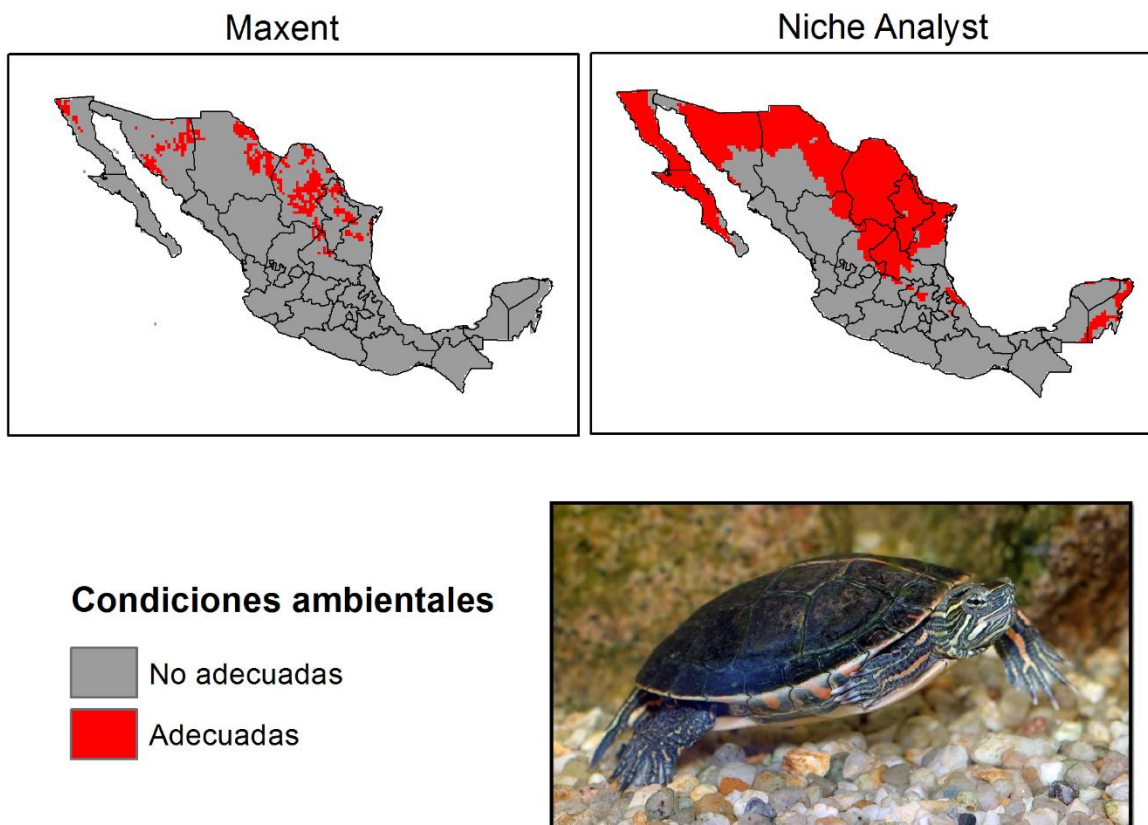
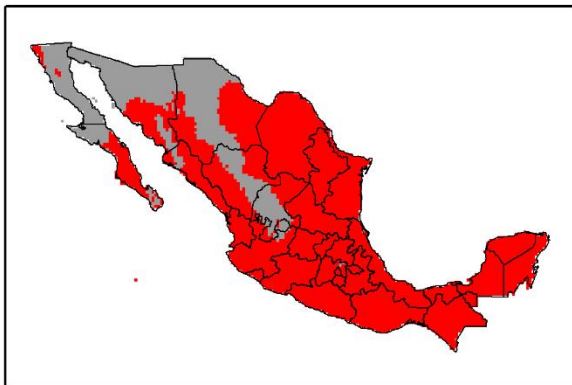


Figura 13. Mapa de condiciones ambientales adecuadas para la persistencia de poblaciones silvestres de *C. picta*.

Maxent



Niche Analyst



Condiciones ambientales



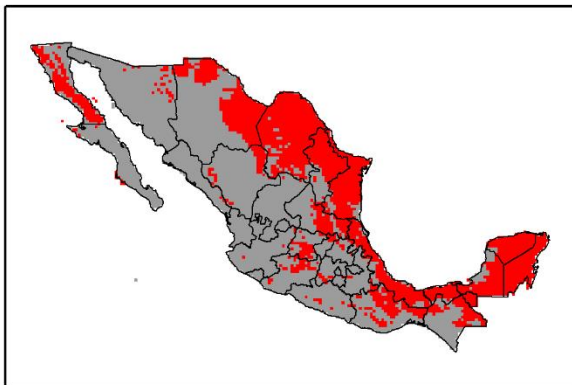
-  No adecuadas
-  Adecuadas

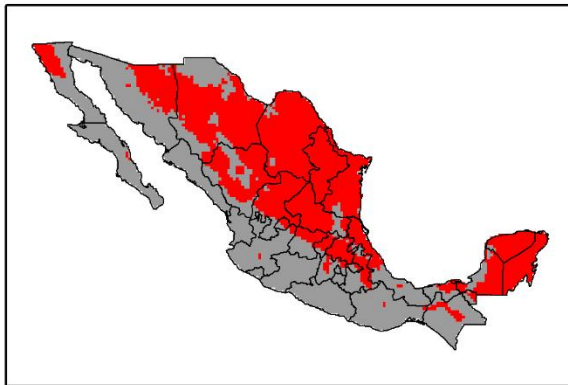


Figura 14. Mapa de condiciones ambientales adecuadas para la persistencia de poblaciones silvestres de *P. nelsoni*.

Maxent



Niche Analyst



Condiciones ambientales



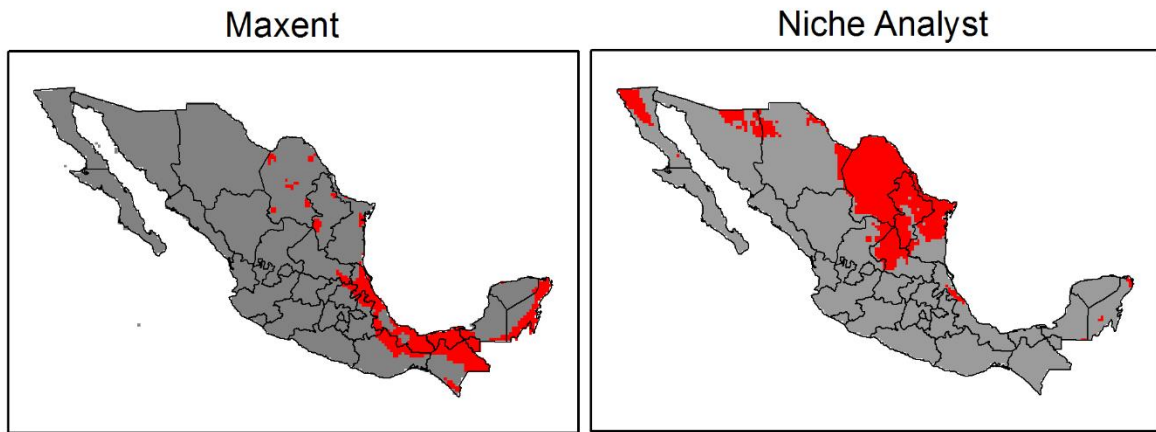
-  No adecuadas
-  Adecuadas



Figura 15. Mapa de condiciones ambientales adecuadas para la persistencia de poblaciones silvestres de *T. s. elegans*.



Condiciones ambientales

- No adecuadas
- Adecuadas



Figura 16. Mapa de condiciones ambientales adecuadas para la persistencia de poblaciones silvestres de *T. s. scripta*.

Anexo V. Análisis MESS por especie.

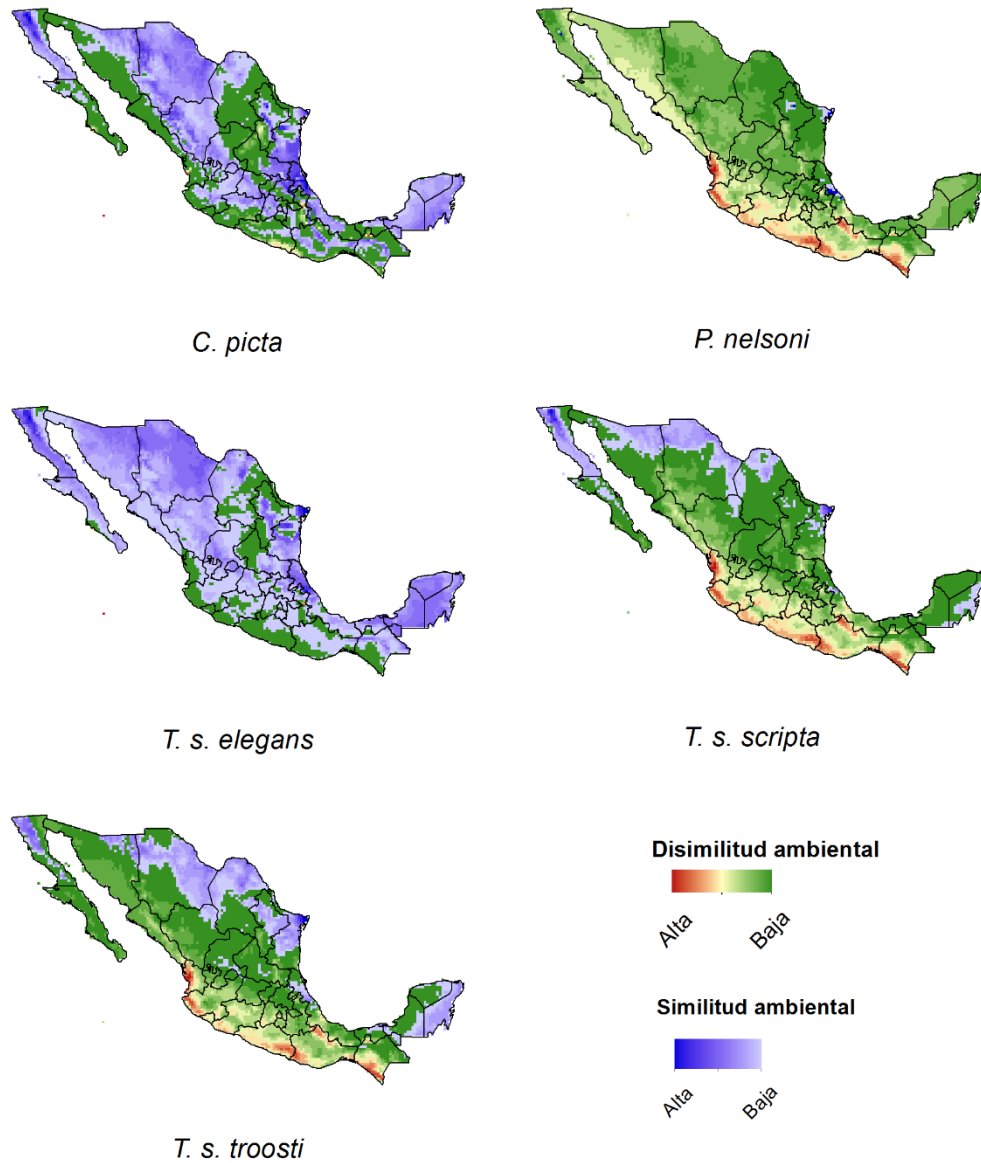


Figura 18. Análisis MESS (Multivariate Environmental Similarity Surface; Elith *et al.*, 2010) por especie. En azul se presenta la similitud ambiental entre variables del área de calibración y el área de transferencia. En las regiones con disimilitud una o más variables poseen valores no presentes en el área de calibración, por lo que en estas regiones las predicciones deberán ser tomadas con cautela.

REFERENCIAS

- Aguirre, T. A. & Gatica, C. A.** 2010. Ficha técnica de *Chrysemys picta*. En: Gatica C. A. (compilador). Diagnostico de algunas especies de anfibios y reptiles del Norte de México. Laboratorio de Ecología y Biodiversidad Animal. Instituto de Ciencias Biomédicas. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto No. CK007. México, D.F.
- Araújo, M. B. & New, M.** 2007. Ensemble forecasting of species distributions. *Trends in Ecology & Evolution*. 22 (1): 42-47.
- Arvy, C. & Servan, J.** 1998. Imminent competition between *Trachemys scripta* and *Emys orbicularis* in France. *Mertensiella*. 10 33-40.
- Ashton Jr, R. E. & Ashton, P. S.** 1988. Handbook of reptiles and amphibians of Florida: Part three: The amphibians. *Miami (FL): Windward Publishing*.
- Barquero, J.** 2001. El control del comercio y las especies potencialmente invasoras: situación actual de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en España. *Mem. Master, Univ. Intern. Andalucía, Sevilla*.
- Barve, N. & Barve, V.** 2013. ENMGadgets: tools for pre and post processing in ENM workflows; <https://github.com/vijaybarve/ENMGadgets>.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., Soberón, J. & Villalobos, F.** 2011. The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*. 222 (11): 1810-1819.
- Bataller, J. V., Bartolome, M. A., Cervera, F., Monsalve, M. A., Pradillo, A., Sarzo, B. & Vilalta, M.** 2010. Erradicación de galápagos exóticos en los humedales de la comunidad Valenciana y su repercusión en las poblaciones de galápagos europeo (*Emys orbicularis*). *XI Congreso Luso Español de Herpetología/XV Congreso Español de Herpetología, Sevilla*.
- Baum, N.** 2014. Reptile City. Fecha de acceso: Julio de 2016. <http://reptilecity.com/>.
- Bertolero, A. & Canicio, A.** 2000. Nueva cita de nidificación en libertad de *Trachemys scripta elegans* en Cataluña. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*. 11 (2): 84.
- Bomford, M.** 2003. *Risk assessment for the import and keeping of exotic vertebrates in Australia*. Canberra. Bureau of Rural Sciences. 136 p. ISBN: |: 1234 |.
- Bomford, M.** 2006. Risk assessment for the establishment of exotic vertebrates in Australia: recalibration and refinement of models. *A report produced for the Department of the Environment and Heritage, Commonwealth of Australia*.
- Bomford, M.** 2008. *Risk assessment models for establishment of exotic vertebrates in Australia and New Zealand*. Invasive Animals Cooperative Research Centre Canberra. 191 p. ISBN: 0980499976.
- Bomford, M., Kraus, F., Barry, S. C. & Lawrence, E.** 2008. Predicting establishment success for alien reptiles and amphibians: a role for climate matching. *Biological Invasions*. 11 (3): 713-724.

- Bomford, M., Kraus, F., Braysher, M., Walter, L. & Brown, L.** 2005. Risk assessment model for the import and keeping of exotic reptiles and amphibians. *A report produced for the Department of Environment and Heritage. Bureau of Rural Sciences, Canberra.* 110.
- Boria, R. A., Olson, L. E., Goodman, S. M. & Anderson, R. P.** 2014. Spatial filtering to reduce sampling bias can improve the performance of ecological niche models. *Ecological Modelling.* 275 73-77.
- BRS.** 2009. CLIMATCH free-access internet based software. Fecha de acceso: Junio de 2016. <http://data.daff.gov.au:8080/Climatch/climatch.jsp>.
- Cadi, A., Delmas, V., Prévot-Julliard, A. C., Joly, P., Pieau, C. & Girondot, M.** 2004. Successful reproduction of the introduced slider turtle (*Trachemys scripta elegans*) in the South of France. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems.* 14 (3): 237-246.
- Calderón, M.** 2002. Propuesta para la realización de 37 fichas biológicas de las especies de herpetofauna incluidas en la NOM-059 presentes en la Península de Yucatán, México D.F: ECOSUR- Unidad Chetumal. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W030. México. D.F.
- Calderón-Mandujano, R., Pozo, C. & Cedeño-Vazquez, J.** 2013. Guía rústica de los reptiles de la región de Calakmul, Campeche, México: CONABIO. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/Q049-Guia%20reptiles.pdf>.
- Campbell, J. A.** 1999. *Amphibians and reptiles of northern Guatemala, the Yucatán, and Belize.* University of Oklahoma Press. ISBN: 0806130660.
- Campos, M., Pou, Q., Feo, C., Arujo, R., & Font, J.** 2013. Colección de fichas para la gestión de especies exóticas invasoras en ríos y zonas húmedas. : Life + Natura. Consorci de l'Estany.
- Campos, M., Pou, Q., Feo, C., Arujo, R., & Font, J.** 2013. Colección de fichas para la gestión de especies exóticas invasoras en ríos y zonas húmedas. : Life + Natura. Consorci de l'Estany.
- Capalleras, X. & Carretero, M.** 2000. Evidencia de reproducción con éxito en libertad de *Trachemys scripta* en la Península Ibérica. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española.* 11 34-35.
- Ceballos, C. P. & Fitzgerald, L. A.** 2004. The trade in native and exotic turtles in Texas. *Wildlife Society Bulletin.* 32 (3): 881-891.
- Ceballos, C. P. & Fitzgerald, L. A.** 2004. The trade in native and exotic turtles in Texas. *Wildlife Society Bulletin.* 32 (3): 881-891.
- Christiansen, J. L. & Moll, E. O.** 1973. Latitudinal reproductive variation within a single subspecies of painted turtle, *Chrysemys picta bellii*. *Herpetologica.* 152-163.
- Coborn, J.** 1995. *Guía completa de las tortugas.* Hispano Europea. ISBN: 8425510880.
- CONABIO.** 2016. Reptiles exóticos de alto riesgo en México. Sistema de información sobre especies invasoras en México. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Fecha de acceso: Julio de 2016. <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras/pdf/Reptiles.pdf>

- Cooley, C. R., Floyd, A. O., Dolinger, A., Tucker, P. B. & Carpenter, G. C.** 2003. Demography and diet of the Painted Turtle (*Chrysemys picta*) at high-elevation sites in southwestern Colorado. *The Southwestern Naturalist*. 48 (1): 47-53.
- Corn, M. L., Buck, E. H., Rawson, J., Segarra, A. & Fischer, E.** 2002. *Invasive non-native species: background and issues for congress*. Washington, DC. Congressional Research Service and The Library of Congress.
- Crombie, J., Brown, L., Lizzio, J. & Hood, G.** 2008. Climatch user manual. Fecha de acceso: Junio de 2016. <http://www.brs.gov.au/Climatch>.
- Davis, J. D. & Jackson, C. G.** 1970. Copulatory behavior in the Red-Eared Turtle, *Pseudemys scripta elegans* (WIED). *Herpetologica*. 26 (2): 238-240.
- Degenhardt, W. G., Painter, C. W. & Price, A. H.** 2005. *Amphibians and reptiles of New Mexico*. UNM Press. ISBN: 0826338119.
- Degenhardt, W. G., Painter, C. W. & Price, A., H.** 1996. *Amphibians and Reptiles of New Mexico*: University of New Mexico Press, Albuquerque.
- Dobie, J. L. & Jackson, D. R.** 1979. First fossil record for the diamondback terrapin, *Malaclemys terrapin* (Emydidae), and comments on the fossil record of *Chrysemys nelsoni* (Emydidae). *Herpetologica*. 139-145.
- Dorcas, M. E., Willson, J. D., Reed, R. N., Snow, R. W., Rochford, M. R., Miller, M. A., Meshaka, W. E., Andreadis, P. T., Mazzotti, F. J. & Romagosa, C. M.** 2012. Severe mammal declines coincide with proliferation of invasive Burmese pythons in Everglades National Park. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 109 (7): 2418-2422.
- Dubois, Y., Blouin-Demers, G., Shipley, B. & Thomas, D.** 2009. Thermoregulation and habitat selection in wood turtles *Glyptemys insculpta*: chasing the sun slowly. *Journal of Animal Ecology*. 78 (5): 1023-1032.
- Dunson, W. A. & Seidel, M. E.** 1986. Salinity tolerance of estuarine and insular emydid turtles (*Pseudemys nelsoni* and *Trachemys decussata*). *Journal of Herpetology*. 237-245.
- Elith, J., Kearney, M. & Phillips, S.** 2010. The art of modelling range-shifting species. *Methods in Ecology and Evolution*. 1 (4): 330-342.
- Ellis, E. C., Goldewijk, K. K., Siebert, S., Lightman, D. & Ramankutty, N.** 2013. Anthropogenic Biomes of the World, Version 2, 2000. Palisades, NY: NASA Socioeconomic Data and Applications Center (SEDAC). Fecha de acceso: Junio de 2016. <http://sedac.ciesin.columbia.edu/data/set/anthromes-anthropogenic-biomes-world-v2-2000>.
- Engeman, R., Jacobson, E., Avery, M. L. & Meshaka, W. E.** 2011. The aggressive invasion of exotic reptiles in Florida with a focus on prominent species: a review. *Current zoology*. 57 (5): 599-612.
- EOL.** 2016. Encyclopedia of Life. Fecha de acceso: Julio de 2016. <http://eol.org/>.
- Ernst, C.** 1990. Systematics, taxonomy, variation, and geographic distribution of the slider turtle. *Life History and Ecology of the Slider Turtle*. 57-67.
- Ernst, C. H. & Lovich, J. E.** 2009. *Turtles of the united states and Canada*. JHU Press. ISBN: 0801891213.

- Ernst, C. H.** 1971. Sexual cycles and maturity of the turtle, *Chrysemys picta*. *Biological Bulletin*. 140 (2): 191-200.
- Ernst, C. H., Altenburg, R. & Barbour, R. W.** 1998. *Turtles of the world [CD-ROM]*. ISBN: 3540145486.
- Espinoza-Espinosa, S.** 2011. Aspectos del manejo, crecimiento, reproducción en cautiverio y marco legislativo de la tortuga de orejas rojas *Trachemys scripta elegans*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Essbauer, S. & Ahne, W.** 2001. Viruses of lower vertebrates. *Journal of Veterinary Medicine, Series B*. 48 (6): 403-475.
- Feder, M. E.** 1983. The relation of air breathing and locomotion to predation on tadpoles, *Rana berlandieri*, by turtles. *Physiological Zoology*. 522-531.
- Fitzgerald, L. A., Painter, C. W., Reuter, A., Hoover, C. & America, T. N.** 2004. Collection, trade, and regulation of reptiles and amphibians of the Chihuahuan Desert ecoregion. *TRAFFIC North America. Washington DC: World Wildlife Fund*.
- Franke, J. & Telecky, T. M.** 2001. *Reptiles as pets: an examination of the trade in live reptiles in the United States*. Humane Society of the United States. ISBN: 096589424X.
- Franke, J. & Telecky, T. M.** 2001. *Reptiles as pets: an examination of the trade in live reptiles in the United States*. Humane Society of the United States. ISBN: 096589424X.
- Freeman, D.** 1997. The British Chelonia Group red-eared terrapin project. *Testudo*. 4 (4): 30-33.
- Fritts, T. H. & Rodda, G. H.** 1998. The role of introduced species in the degradation of island ecosystems: a case history of Guam. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 29 113-140.
- García, L. M. G. & Iñigo, I. L.** 2014. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras: 10 respuestas a 10 dudas. *Quercus*. (345): 40-47.
- Giovanetto, L. A.** 1992. *Population ecology and relative abundance of sympatric freshwater turtles in the headwaters of two spring-fed rivers in western peninsular Florida*.
- Gist, D. H. & Congdon, J. D.** 1998. Oviductal sperm storage as a reproductive tactic of turtles. *The Journal of experimental zoology*. 282 (4-5): 526-534.
- González, J. J.** 2012. Situación de *Trachemys scripta elegans* en Menorca. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española*. 23 (1): 109-112.
- Gutiérrez, F. P.** 2006. *Estado de conocimiento de especies invasoras: propuesta de lineamientos para el control de los impactos*. Bogotá, Colombia. Instituto Alexander von Humboldt. 156 p.
- Hardin, S.** 2007. Managing non-native wildlife in Florida: state perspective, policy and practice. In: G. Witmer, W. Pitt & K. Fagerstone (eds.). *Managing Vertebrate Invasive Species: Proceedings of an International Symposium* USDA/APHIS/WS, National Wildlife Research Center. Fort Collins, CO. 43-52 p.
- Harding, J. H.** 1997. *Amphibians and reptiles of the Great Lakes region*. University of Michigan Press. ISBN: 0472066285.

- Harry, J. & Briscoe, D.** 1988. Multiple paternity in the loggerhead turtle (*Caretta caretta*). *Journal of Heredity*. 79 (2): 96-99.
- Hidalgo-Vila, J.** 2006. Hematología y perfil bioquímico sanguíneo en las especies de galápagos *Mauremys leprosa* y *Emys orbicularis*. *Aspectos sanitarios y evaluación de la introducción de la especie exótica*.
- 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 (15): 1965-1978.
- Howell, R., Rowen, J., & Clark, D.** 2005. Color change in painted turtles (*Chrysemys picta marginata*) reared on dark and light substrates. . *Michigan Academy*.
- IUCN.** 2009. IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Fecha de acceso: Julio de 2016. www.iucnredlist.org.
- Iverson, J. B. & Iverson, E. J. B.** 1992. A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world.
- Jackson, D. & Meylan, P.** 2006. *Pseudemys nelsoni*-Florida Red-Bellied Turtle. *Chelonian Research Monographs*. (3): 313-324.
- Jackson, D.** 2008. *Pseudemys nelsoni* Carr 1938—Florida red-bellied turtle. *Conservation biology of freshwater turtles and tortoises: a compilation project of the IUCN/SSC tortoise and freshwater turtle specialist group*. *Chelonian research monographs*. (5): 006.001-006.007.
- Jackson, J. T., Starkey, D. E., Guthrie, R. W. & Forstner, M. R.** 2008. A mitochondrial DNA phylogeny of extant species of the genus *Trachemys* with resulting taxonomic implications. *Chelonian Conservation and Biology*. 7 (1): 131-135.
- Knipper, K.** 2002. *Chrysemys picta*. On-line), *Animal Diversity Web*. Accessed January. 6 2006.
- Kraus, F.** 2009. Global trends in alien reptiles and amphibians. *Aliens: The Invasive Species Bull.* 28 13-18.
- Kraus, F.** 2009. Global trends in alien reptiles and amphibians. *Aliens: The Invasive Species Bull.* 28 13-18.
- Kriticos, D. J., Webber, B. L., Leriche, A., Ota, N., Macadam, I., Bathols, J. & Scott, J. K.** 2012. CliMond: global high-resolution historical and future scenario climate surfaces for bioclimatic modelling. *Methods in Ecology and Evolution*. 3 (1): 53-64.
- Lardie, R.** 1973. Notes on courtship, eggs, and young of the Florida red-bellied turtle, *Chrysemys nelsoni*. *HISS News-J.* 1 183-184.
- Lazcano, D., Mendoza-Alfaro, R., Campos-Múzquiz, L., Lavin-Murcio, P. A. & Quiñónez-Martínez, M.** 2010. Notes on Mexican Herpetofauna 15: The Risk of Invasive Species in Northeastern Mexico. *Bull. Chicago Herp. Soc.* 45 (7): 113-117.
- Legler, J. & Vogt, R. C.** 2013. *The turtles of Mexico: Land and freshwater forms*. Univ of California Press. ISBN: 0520956893.
- Lemos Espinal, J. A., Smith, H. M. & Chiszar, D.** 2004. *Introducción a los anfibios y reptiles del estado de Chihuahua= Introduction to the amphibians and reptiles of the state of Chihuahua, Mexico*. Tlalnepantla, México,: Universidad Nacional Autónoma de

- México; México, DF: Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. ISBN: 9709000217.
- Lemos-Espinal, J. & Smith, H.** 2009. Claves para los anfibios y reptiles de Sonora, Chihuahua y Coahuila, México/Keys to the amphibians and reptiles of Sonora, Chihuahua and Coahuila, México. *CONABIO, México*.
- Luiselli, L., Capula, M., Capizzi, D., Filippi, E., Trujillo Jesus, V. & Anibaldi, C.** 1997. Problems for conservation of pond turtles (*Emys orbicularis*) in central Italy: is the introduced red-eared turtle (*Trachemys scripta*) a serious threat? *Chelonian Conservation and Biology*. 2 417-418.
- Manchester, S. J. & Bullock, J. M.** 2000. The impacts of non-native species on UK biodiversity and the effectiveness of control. *Journal of Applied Ecology*. 37 (5): 845-864.
- Mara, W.** 1997. *Tortugas cuidados, crianza, variedades*. ISBN: 8425510090.
- Martínez, J. P. & Marco, A.** 2005. Potencial invasor de los galápagos exóticos en el País Vasco. *Munibe Ciencias Naturales. Natur zientziak*. (56): 97-112.
- Martínez, S. A., Hidalgo, V. J., Pérez, S. N. & Díaz, P. C.** 2011. *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*.
- Martínez, S., A., Soler Massana, J., Sáez, A., Lopez, F.** 2010. *XI Congreso Luso Español de Herpetología/XV Congreso Español de Herpetología*.
- Martínez-Silvestre, A. & Cerradelo, S.** 2000. Galápagos de Florida: un problema ecológico y social. *Quercus*. (169): 16-19.
- Martínez-Silvestre, A., Soler, J., Solé, R., González, F. & Sampere, X.** 1997. Nota sobre la reproducción en condiciones naturales de la tortuga de Florida (*Trachemys scripta elegans*) en Masquefa (Cataluña, España). *Bol. Asoc. Herpetol. Esp.* 8 40-42.
- Mitchell, J. C.** 1985. Variation in the male reproductive cycle in a population of painted turtles, *Chrysemys picta*, from Virginia. *Herpetologica*. 45-51.
- Mooney, H. A. & Cleland, E. E.** 2001. The evolutionary impact of invasive species. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 98 (10): 5446-5451.
- Morreale, S. J. & Gibbons, J. W.** 1986. Habitat suitability index models: slider turtle. US Fish and Wildlife Service.
- Mosimann, D.** 2002. Turtles. *Proceedings: International Turtle and Tortoise Symposium, Vienna*.
- Newbery, R.** 1984. The American red-eared terrapin in South Africa. *African Wildlife*. 38 (5): 186-189.
- NOBANIS.** 2016. . *Trachemys scripta elegans*. Fecha de acceso: <http://www.NOBANIS.org>.
- Norris, A. L. & Kunz, T. H.** 2012. *Effects of solar radiation on animal thermoregulation*. INTECH Open Access Publisher. ISBN: 9535103849.
- Nowinski, R. J. & Albert, M. C.** 2000. Salmonella Osteomyelitis Secondary to Iguana Exposure: A Case Report. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. 372 250-253.
- Owens, H. L., Campbell, L. P., Dornak, L. L., Saupe, E. E., Barve, N., Soberón, J. & Peterson, A. T.** 2013. Constraints on interpretation of ecological niche models by limited environmental ranges on calibration areas. *Ecological Modelling*. 263 10-18.

- Pearse, D. E., Janzen, F. J. & Avise, J. C.** 2001. Genetic markers substantiate long-term storage and utilization of sperm by female painted turtles. *Heredity*. 86 (3): 378-384.
- Perez-Santigosa, N., Díaz-Paniagua, C. & Hidalgo-Vila, J.** 2008. The reproductive ecology of exotic *Trachemys scripta elegans* in an invaded area of southern Europe. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*. 18 (7): 1302-1310.
- Pérez-Santigosa, N., Díaz-Paniagua, C., Hidalgo-Vila, J., Marco, A., Andreu, A. & Porthault, A.** 2006. Características de dos poblaciones reproductoras del Galápago de Florida, *Trachemys scripta elegans*, en el suroeste de España. *Revista española de herpetología*. 20 5-16.
- Peterson, A. T., Papeş, M. & Soberón, J.** 2008. Rethinking receiver operating characteristic analysis applications in ecological niche modelling. *Ecological Modelling*. 213 63-72.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P. & Schapire, R. E.** 2006. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*. 190 (3-4): 231-259.
- Pleguezuelos, J. M., Márquez, R. & Lizana, M.** 2004. *Atlas y libro rojo de los anfibios y reptiles de España*. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. ISBN: 8480145765.
- Pozo de la Tijera, C. & Galindo Leal, C.** 1998. Inventario y monitoreo de anfibios y mariposas de la reserva de Calakmul, Campeche. *Informe Final, ECOSUR/CONABIO*.
- Pritchard, P. C. & Greenhood, W.** 1968. The sun and the turtle. *International Turtle and Tortoise Society Journal*. 2 (1): 20-25.
- Qiao, H., Peterson, A. T., Campbell, L. P., Soberón, J., Ji, L. & Escobar, L. E.** 2016. NicheA: Creating virtual species and ecological niches in multivariate environmental scenarios. *Ecography*.
- Qiao, H., Soberón, J. & Peterson, A. T.** 2015. No silver bullets in correlative ecological niche modelling: insights from testing among many potential algorithms for niche estimation. *Methods in Ecology and Evolution*. 6 (10): 1126-1136.
- R Development Core Team.** 2012. *R: a language and environment for statistical computing. Version 2.15.1*. <http://cran.R-project.org>. R Foundation for Statistical Computing, Vienna.
- Red List.** 2016. *Chrysemys picta*. Fecha de acceso: <http://www.iucnredlist.org/details/178416/0>.
- Richardson, D. M. & Pyšek, P.** 2011. A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology. In: D. M. Richardson (Ed.). *Fifty years of invasion ecology. The legacy of Charles Elton* Wiley-Blackwell. Oxford, UK. 409-420 p.
- Rogers, D. J. & Randolph, S. E.** 2000. The global spread of malaria in a future, warmer world. *Science*. 289 (5485): 1763-1766.
- Rose, F., Manning, R., Simpson, T. & Jenkins, S.** 1998. A sustaining population of the Florida red-bellied turtle, *Pseudemys nelsoni* (Reptilia: Emydidae), in Spring Lake, Hays County, Texas. *The Texas journal of science*. 50 (1): 89-92.
- Schilde, M., Barth, D. & Fritz, U.** 2004. An *Ocadia sinensis* x *Cyclemys shanensis* hybrid (Testudines: Geoemydidae). *Asiatic Herpetological Research*. 10 120-125.

- Seidel, M. E.** 2002. Taxonomic observations on extant species and subspecies of slider turtles, genus *Trachemys*. *Journal of Herpetology*. 36 (2): 285-292.
- Service., C. F.** 2005. Turtles of Ontario: Natural Resources Canada.
- Silva, E. D. & Blasco, M.** 1995. *Trachemys scripta elegans* in Southwestern Spain. *Herpetological Review*. 26 (3): 133-133.
- Smith, K. F., Behrens, M., Schloegel, L. M., Marano, N., Burgiel, S. & Daszak, P.** 2009. Reducing the risks of the wildlife trade. *Science*. 324 (5927): 594-595.
- Snider, A. T., Bowler, J. K., Amphibians, S. f. t. S. o. & Reptiles.** 1992. *Longevity of reptiles and amphibians in North American collections*. Ssar Publications. ISBN: 0916984265.
- Soberón, J. & Peterson, A. T.** 2005. Interpretation of models of fundamental ecological niches and species' distributional areas. *Biodiversity Informatics*. 2 (0): 1-10.
- St. Clair, R. C. & Gregory, P. T.** 1990. Factors affecting the northern range limit of painted turtles (*Chrysemys picta*): winter acidosis or freezing? *Copeia*. 1083-1089.
- Starkey, D. E., Shaffer, H. B., Burke, R. L., Forstner, M. R., Iverson, J. B., Janzen, F. J., Rhodin, A. G. & Ultsch, G. R.** 2003. Molecular systematics, phylogeography, and the effects of Pleistocene glaciation in the painted turtle (*Chrysemys picta*) complex. *Evolution*. 57 (1): 119-128.
- Tanner, W. W.** 1987. Lizards and turtles of western Chihuahua. *The Great Basin Naturalist*. 383-421.
- Thurrow, G. R.** 1999. Herpetofaunal changes in McDonough County, Illinois. *Trans. Ill. Acad. Sci.* 92 147-161.
- Traveset, A. & Riera, N.** 2005. Disruption of a plant-lizard seed dispersal system and its ecological effects on a threatened endemic plant in the Balearic Islands. *Conservation Biology*. 19 (2): 421-431.
- Uetz, P. & Hosek, J.** 2016. The Reptile Database. Fecha de acceso: Julio de 2016. www.reptile-database.org.
- Van Dijk, P. P.** 2013. *Chrysemys picta*. : The IUCN Red List of Threatened Species 2013.
- Van Dijk, P., Harding, J. & Hammerson, G.** 2013. *Trachemys scripta*. Fecha de acceso: <http://www.iucnredlist.org/details/22028/0>.
- VanDerWal, J., Shoo, L. P., Johnson, C. N. & Williams, S. E.** 2009. Abundance and the environmental niche: environmental suitability estimated from niche models predicts the upper limit of local abundance. *The American Naturalist*. 174 (2): 282-291.
- Veloz, S. D.** 2009. Spatially autocorrelated sampling falsely inflates measures of accuracy for presence-only niche models. *Journal of Biogeography*. 36 (12): 2290-2299.
- Warren, D. L. & Seifert, S. N.** 2011. Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*. 21 (2): 335-342.
- WCMC, U.** 2010. Conservation dashboard for United Kingdom. Fecha de acceso: <http://www.biodiversitylibrary.org/item/119242#page/1/mode/1up>
- WWF.** 2006. Conservation Science Ecoregions. World Wildlife Fund. Fecha de acceso: Junio de 2016. <http://www.worldwildlife.org/science/ecoregions>.