

Informe final* del Proyecto HK006
Situación actual de ocho especies de anfibios en categoría de riesgo en Veracruz

Responsable: Dr. Eduardo Pineda Arredondo
Institución: Instituto de Ecología A.C.
Departamento de Biodiversidad y Ecología Animal
Dirección: Carretera antigua a Coatepec # 351, El Haya, Xalapa, Ver, 91070 , México
Correo electrónico: eduardo.pineda@inecol.mx
Teléfono, fax 01 228 842 18 00 ext. 4110
Fecha de inicio: Septiembre 14, 2010
Fecha de término: Marzo 6, 2014
Principales resultados: Base de datos, fotografías, Informe final, cartografía.
Forma de citar el informe final y otros resultados:** Pineda, A. E. 2014. Situación actual de ocho especies de anfibios en categoría de riesgo en Veracruz. Instituto de Ecología A. C. **Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. HK006.** México, D.F.
Resumen:

La mitad de las especies de anfibios conocidas para México se encuentran en situación de riesgo de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001. Del 48% de estas especies en riesgo no se cuenta con información básica en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, lo cual resalta la necesidad de iniciar estudios que evalúen el estado de conservación que guardan las poblaciones de tales especies. Mediante el presente proyecto pretendemos conocer la situación actual de poblaciones de ocho especies de anfibios -dos anuros y seis salamandras- distribuidas en Veracruz, uno de los estados con mayor diversidad de anfibios, pero también con altas tasas de transformación de bosques y selvas. Los resultados de este estudio derivarán en un mejor conocimiento de especies con poca información sobre su distribución y estado de conservación actual. Los datos generados aumentarán la comprensión sobre un grupo biológico con problemas de conservación tanto en México como a nivel mundial.

-
- * El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en www.conabio.gob.mx
 - ** El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



Informe Final

Proyecto Situación Actual de Ocho Especies de Anfibios en Categoría de Riesgo en Veracruz (Clave HK006)



Responsable Técnico:
Eduardo Octavio Pineda Arredondo

Colaboradores:
José Luis Aguilar López
Adriana Sandoval Comte

Red de Biología y Conservación de Vertebrados
Instituto de Ecología, A.C.
Carretera Antigua a Coatepec 351, El Haya
Xalapa, Veracruz, 90170. México
correo e: eduardo.pineda@inecol.mx

Financiado por la CONABIO
Duración: Septiembre de 2010 - Enero de 2013

Xalapa, Veracruz; Febrero de 2014

RESUMEN

La mitad de las especies de anfibios conocidas en México se encuentran en situación de riesgo, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. De la mitad de estas especies en riesgo, en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad no se cuenta con datos suficientes para hacer una evaluación de su estado actual, lo cual destaca la necesidad de realizar estudios que evalúen el contexto en el que se encuentran las poblaciones de tales especies. En este proyecto evaluamos la situación actual de seis especies de salamandras y dos especies de ranas distribuidas exclusiva o mayoritariamente en Veracruz, uno de los estados del país con mayor diversidad de anfibios, pero también con altas tasas de transformación de bosques y selvas. Para ello, consultamos bases de datos de colecciones herpetológicas, así como literatura especializada y llevamos a cabo trabajo de campo a lo largo de casi dos años en localidades donde las especies ya habían sido registradas anteriormente, así como en localidades sin registros previos pero con características ambientales similares a aquellas con colectas. Además, con la información generada, evaluamos el riesgo de extinción de las especies mediante el Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México. De las ocho especies estudiadas, encontramos poblaciones de siete especies, tanto en algunas localidades históricas, así como en otras sin registros previos. La abundancia registrada varió notablemente entre las poblaciones de la mayoría de las especies. En todas las localidades con presencia de especies se observaron señales de disturbio, aunque generalmente fue un disturbio moderado. Las evaluaciones del riesgo de extinción indicaron que todas las especies estudiadas aumentaron su categoría de riesgo con relación a la NOM-059-SEMARNAT-2010: seis especies se pueden considerar en Peligro de extinción, una especie Amenazada y una Probablemente extinta en el medio silvestre.

INTRODUCCIÓN

La reducción de poblaciones de anfibios a nivel global es uno de los temas más críticos en el ámbito de la conservación biológica. A nivel mundial, más de un tercio de las especies de este grupo biológico están amenazadas y se considera que poco más de 120 especies se han extinguido desde 1980 (Stuart et al. 2004). Entre las principales causas de tales disminuciones se encuentran factores como la modificación o destrucción del hábitat, la introducción de especies invasoras que actúan como depredadores, la rápida emergencia de enfermedades infecciosas y el calentamiento global (Lips et al. 2005; Rovito et al. 2009). México es el quinto país con mayor riqueza de anfibios, sin embargo, de las poco más de 380 especies conocidas, 194 se consideran en situación de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). De estas últimas, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad señaló que de 95 especies no se tenía información básica en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad (CONABIO 2009).

La existencia de zonas en nuestro país que concentran un elevado número de especies con graves problemas de conservación es un hecho señalado por varios especialistas y organizaciones, no sólo en un contexto nacional, sino también a nivel internacional (Ricketts et al. 2005; Ceballos et al. 2009; Ochoa-Ochoa et al. 2011). La región centro de Veracruz, particularmente la zona montañosa y la región de Los Tuxtlas, hacia el sur del mismo estado, son un ejemplo de tales zonas, ya que albergan una cantidad importante de especies de anfibios en situación de riesgo. Al mismo tiempo, ambas regiones han enfrentado una notable transformación de sus bosques y selvas, de tal suerte que en la actualidad los ambientes prevalecientes son sistemas agrícolas (Castillo-Campos et al. 2011) y en menor medida áreas urbanas. Asimismo, diversos autores han alertado sobre la no detección de varias especies de anfibios en las regiones antes mencionadas, pese a los esfuerzos de búsqueda en los últimos años (ver Raffaelli 2007; Rovito et al. 2009; Santos-Barrera y Flores-Villela 2004a; 2004b; Parra-Olea et al. 2008). Por lo tanto, resulta apremiante llevar a cabo investigaciones que corroboren la presencia de las especies en riesgo en tales regiones y que evalúen el estado en el que se encuentran sus poblaciones, generando con ello información actualizada y sólida que apoye la implementación de estrategias para su protección.

En este sentido, en este estudio evaluamos la situación actual de poblaciones de ocho especies de anfibios en riesgo, seis de ellas Sujetas a Protección Especial y dos consideradas Amenazadas, distribuidas principalmente en el centro de Veracruz o en la región de Los Tuxtlas. Las especies estudiadas, de las cuales se carecía de información básica en el SNIB, incluyeron seis especies de salamandras (*Chiropterotriton lavae*,

Parvimolge townsendi, *Pseudoeurycea nigromaculata*, *P. melanomolga*, *P. praecellens* y *Thorius pennatululus*), así como dos especies de anuros (*Craugastor berkenbuschii* y *C. megalotympanum*).

OBJETIVOS

Generales

1. Generar información de la situación actual de poblaciones de ocho especies de anfibios con categoría de riesgo de la NOM-059-SEMARNAT-2010.
2. Transferir la información recopilada de las especies estudiadas al subsistema de Especies en Riesgo del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad.

Particulares

1. Elaborar una base de datos con al menos 508 registros de ejemplares de ocho especies en categoría de riesgo. La base de datos incluirá información actual de ejemplares de anfibios de 29 poblaciones, así como información ecológica reciente.
2. Generar 40 fotografías digitales de las 8 especies focales.
3. Evaluar el riesgo de extinción de las especies estudiadas.
4. Elaborar un mapa de distribución conocida para cada especie analizada.

MÉTODOS

Consulta de bases de datos y literatura especializada

Para conocer la ubicación de las localidades donde se han detectado a las especies estudiadas y saber además el número de registros en cada localidad, entre mayo y junio de 2010 (unos meses previos a la firma del convenio e inicio oficial del proyecto) se consultaron tres bases de datos digitales: el SNIB de la CONABIO, la *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF: www.gbif.org) y HerpNet (www.herpNet.org). Posteriormente, en septiembre de 2010 y julio de 2011 se consultaron nuevamente las dos últimas bases para actualizar la información. Desde el inicio de las consultas, los datos de cada fuente se incluyeron en una sola base, la cual se depuró y se eliminaron registros duplicados para evitar la sobreestimación del número de observaciones o colectas de cada especie. De esta forma, también sería posible detectar registros que no estuvieran incluidos en la base enviada por CONABIO y complementarla con los datos de las otras dos bases, evitando así duplicidad de registros.

De manera conjunta, se revisó literatura especializada que indicara la ubicación de las localidades de colecta de las especies estudiadas, el número de registros (si era posible), pero con el condicionante de que dicha información no estuviera incorporada ya en las bases de datos de la CONABIO, de GBIF o de HerpNet.

Registro de anfibios en campo

Las primeras búsquedas en campo para verificar la presencia actual de las especies y examinar su abundancia fueron en localidades con registros previos, denominadas aquí como localidades históricas de colecta, y posteriormente la búsqueda se extendió a localidades próximas a las históricas pero que mantuvieran atributos bioclimáticos y remanentes de hábitat parecido al bosque original (o que tuvieran un tipo vegetación donde ya se había colectado a las especies). Para identificar estos nuevos sitios que fuesen hábitats potencialmente aptos para mantener poblaciones de las especies estudiadas, consultamos la base de datos bioclimáticos del proyecto WorldClim (Hijmans et al. 2010) y el mapa de vegetación generado por Castillo-Campos et al. (2011).

El trabajo de campo se llevó a cabo entre septiembre de 2010 y julio de 2012. En total se seleccionaron poco más de 50 localidades, las cuales se visitaron de una a cuatro ocasiones y en cada localidad se hicieron búsquedas directas (Heyer et al. 1994) a lo largo de senderos, en los cuales se establecieron varios puntos de muestreo que se denominaron "estaciones". En cada estación se muestrearon los microhábitats preferidos por las especies estudiadas en dos momentos del día, entre las 0900 h y 1300 h (horario diurno, y entre las 2000 h y 2400 h (horario nocturno). El número de personas involucradas en las búsquedas en cada visita a cada localidad osciló entre 3 y 4 personas, con un esfuerzo de muestreo aproximado de 16 horas-persona por visita. Cuando se encontraban individuos de las especies estudiadas se validaba su identidad mediante la revisión de claves especializadas y la comparación con la diagnosis de cada especie. Adicionalmente, se medían, pesaban, fotografiaban y anotaban atributos de historia natural de los organismos. Los ejemplares colectados, después de ser identificados, se liberaban en el sitio donde se colectaron. A estos ejemplares se les consideró como "observados". Sólo los primeros ejemplares de cada especie fueron preservados en alcohol al 70% como especímenes testigo.

Caracterización del hábitat

En cada localidad donde encontramos alguna de las especies estudiadas se caracterizó el hábitat mediante el establecimiento de seis parcelas de 4 x 25 m, en las cuales se contaron el número de árboles con diámetro a la altura del pecho mayor de 5 cm, se estimó su altura, se midió el diámetro de su tronco y se midió la cobertura del dosel. Esta

última variable fue obtenida mediante 18 fotografías digitales del dosel (tres por parcela) las cuales fueron procesadas siguiendo el método propuesto por Korhonen et al. (2006) usando el programa ImageJ v. 1.43 (Rasband 1997). Asimismo, en cada parcela se midió la profundidad de la hojarasca en 15 puntos (90 puntos por localidad), se contó el número de troncos caídos y se registraron variables microclimáticas como humedad relativa y temperatura atmosférica. Finalmente, mediante inspección visual se revisó si existían contaminantes sólidos e indicios de disturbio como tala, pastoreo, quema o saqueo de material.

Elaboración de mapas de distribución conocida

Los mapas de la distribución conocida de cada especie fueron elaborados usando los registros incluidos tanto en la base de datos del SNIB-CONABIO, como en los registros generados en el presente proyecto. Se consideraron todas aquellas localidades georreferenciadas que tuviesen al menos un registro, independientemente de la fecha en que hayan sido generados. Las características de los mapas se apegaron a los criterios señalados en el Convenio modificatorio al Convenio número FB1512/HK006/10, celebrado entre la CONABIO y el INECOL el 1 de agosto de 2012. El programa usado para generar los mapas fue ArcView versión 3.2.

Evaluación del riesgo de extinción

La evaluación del riesgo de extinción de las ocho especies estudiadas se llevó a cabo con base en la información generada en el estudio de las poblaciones y mediante la aplicación del Método de Evaluación del Riesgo de Extinción de las Especies Silvestres en México (MER), tomando en cuenta lo que se especifica en las secciones 5.7 y 6 de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

Para estimar la distribución espacial de las especies y con ello estimar el área que ocupan actualmente (variable necesaria en el criterio A del MER) se elaboraron modelos de distribución potencial actual relacionando todas las localidades de colecta conocidas, con las variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans et al. 2010). Los modelos fueron generados con el programa MAXENT versión 3.3.3a. Posteriormente, cada modelo se recortó usando un mapa de vegetación de la región (Castillo-Campos et al. 2011) dejando sólo aquellos espacios donde el modelo indicaba un hábitat bioclimáticamente apto y que además tuviese tipos de vegetación o usos de suelo en los que se ha registrado a la especie. Esta última fase se hizo con ArcView 3.2.

RESULTADOS

La base de datos generada en este estudio quedó conformada por 1102 registros de las ocho especies, de los cuales 337 registros resultaron de la búsqueda directa en campo (con un esfuerzo de búsqueda aproximado de 2350 horas-persona), 750 registros fueron obtenidos de colecciones y 15 más fueron extraídos de literatura especializada. El número total de poblaciones detectadas en campo fue de 29 (Cuadro 1), encontrándose poblaciones de todas las especies, con excepción de *Pseudoeurycea praecellens*, la cual a pesar de buscarla en cuatro momentos diferentes a lo largo del estudio, tanto en la única localidad histórica de colecta como en sitios cercanos (con un esfuerzo de búsqueda de 96 horas-persona), no se encontró un solo ejemplar.

La abundancia total detectada en campo fue de 447 individuos, de los cuales el mayor número correspondió a *Parvimolge townsendi* (181 individuos) y el menor (exceptuando a *P. praecellens*) correspondió a *Craugastor megalotympanum* (5 individuos). La abundancia del resto de las especies osciló entre 164 y 10 individuos (Cuadro 1). Con respecto al número de poblaciones por especie, al igual que con la abundancia, varió notablemente, desde 11 poblaciones, de *P. townsendi*, hasta dos poblaciones, de *Pseudoeurycea nigromaculata*, *C. megalotympanum* y *C. berkenbuschii* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Número de registros y de poblaciones de las ocho especie de anfibios incluidos en la base de datos del proyecto HK006. Se muestra el número de registros obtenidos mediante el trabajo de campo y la abundancia total (entre paréntesis), el número de registros depositados en colecciones y los reportados en la literatura. El número de poblaciones se refiere solo a las estudiadas en este estudio. La última columna indica la cantidad de registros en el SNIB, excluyendo los generados en este proyecto.

Especie	Número de registros Proyecto HK006				Poblaciones	Registros en el SNIB
	Campo ^a	Colecciones	Literatura ^b	Total		
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	67(164)	13	14	94	2	86
<i>Craugastor megalotympanum</i>	5(5)	3		8	2	7
<i>Chiropterotriton lavae</i>	41(41)	38		79	3	48
<i>Parvimolge townsendi</i>	173(181)	93	1	267	11	31
<i>Pseudoeurycea melanomolga</i>	28(33)	7		35	4	9
<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	10(10)	114		124	2	28
<i>Pseudoeurycea praecellens</i>		1		1		1
<i>Thorius pennatulus</i>	13(13)	481		494	5	45
Total	337(447)	750	15	1102	29	255

^a: Los registros de campo incluyen 299 registros observados y 38 registros colectados en el presente proyecto. ^b: Los 14 registros de literatura referentes a *C. berkenbuschii* están depositados también en una colección científica, dado que la fuente original de información fue un artículo científico, tales registros se incluyeron solamente en la categoría "Literatura".

Con respecto a los registros de colecciones incluidos en la base de datos, los ejemplares están depositados en más de una decena de colecciones biológicas. La depuración de las bases de datos consultadas y la detección de registros duplicados arrojó que la base del SNIB de CONABIO tiene 94 registros duplicados de seis de las ocho especies estudiadas: *Craugastor berkenbuschii*, *Chiropterotriton lavae*, *Parvimolge townsendi*, *Pseudoeurycea melanomolga*, *Pseudoeurycea nigromaculata* y *Thorius pennatululus*. El ID de los registros duplicados se entregó en un informe parcial. Cabe señalar que no incluimos todos los registros que encontramos en las bases de datos electrónicas de GBIF y HerpNet pues una porción importante de la información recopilada ya está en la base de datos del SNIB, la cual nos mandó la CONABIO al inicio del proyecto. Por lo tanto, para evitar duplicar registros de la base del SNIB, decidimos no incorporar dicha información. En ese sentido, algunas de las colecciones herpetológicas que originalmente se señalaron como fuente de registros (en el Convenio), ya no lo fueron. En lugar de ello, incluimos registros que no estaban en la base antes mencionada, los cuales se refieren a ejemplares depositados en otras colecciones herpetológicas. De esta manera y junto con el trabajo de campo, duplicamos el número de registros comprometidos en el Convenio.

Con relación a los registros de literatura, inicialmente encontramos más registros que los que aquí reportamos, pero verificamos que los ejemplares no estuvieran depositados también en las colecciones del SNIB, GBIF o HerpNet, todo ello para evitar duplicidad. En ese caso, se dio prioridad a la información de las colecciones herpetológicas.

Los detalles de las características del hábitat de cada especie se proporcionan en el Anexo 1 de este informe (fichas de la evaluación de cada especie). De manera general, se puede decir que en todas las localidades donde se detectaron a las especies estudiadas, se observaron señales de disturbio, aunque generalmente fue un disturbio moderado. Fragmentos de bosque relativamente conservados, fragmentos con mayor disturbio y en algunos casos, sistemas agrícolas como cafetales con sombra o plantaciones forestales fueron los hábitats de las especies estudiadas.

Evaluación del riesgo de extinción

Con la información generada en este estudio y después de aplicar el MER a cada especie, el resultado general indicó que todas las especies estudiadas cambiaron su categoría de riesgo con respecto a la indicada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. En el Cuadro 2 se muestra de manera resumida el puntaje asignado a cada especie en cada criterio, así como el puntaje total, la categoría que le corresponde de acuerdo con dicho puntaje y la categoría que tiene actualmente en la NOM-059. La información detallada para cada especie se proporciona en el Anexo 1 de este informe.

Cuadro 2. Categorías de riesgo de ocho especies de anfibios de acuerdo con el MER y la información generada en el presente estudio. Se muestran los puntajes por criterio, el puntaje total, así como la categoría indicada en la NOM-059-SEMARNAT-2010. Pr= Sujeta a protección especial, A= Amenazada, P= En peligro de extinción y E= Probablemente extinta en el medio silvestre.

Especie	Criterio*				Total	Categoría de riesgo	
	A	B	C	D		Este estudio	NOM-059
<i>Craugastor berkenbuschii</i>	4	2	2	3	11	A	Pr
<i>Craugastor megalotympanum</i>	4	3	2	4	13	P	Pr
<i>Chirotterotriton lavae</i>	4	2	3	4	13	P	Pr
<i>Parvimolge townsendi</i>	4	2	3	3	12	P	A
<i>Pseudoeurycea melanomolga</i>	4	2	2	4	12	P	Pr
<i>Pseudoeurycea nigromaculata</i>	4	3	3	4	14	P	Pr
<i>Pseudoeurycea praelles</i>						E	A
<i>Thorius pennatulus</i>	4	3	3	4	14	P	Pr

***Criterio A:** Amplitud de la distribución del taxón en México. **Criterio B:** Estado del hábitat con respecto al desarrollo natural del taxón. **Criterio C:** Vulnerabilidad biológica intrínseca del taxón. **Criterio D:** Impacto de la actividad humana sobre el taxón.

Las localidades donde se han registrado a las especies estudiadas (tanto históricas como actuales), así como su distribución potencial actual se muestran de la Figura 1 a la 8. Los archivos en formato shapefile y los metadatos asociados se incluyen en el Anexo 2 de este informe.

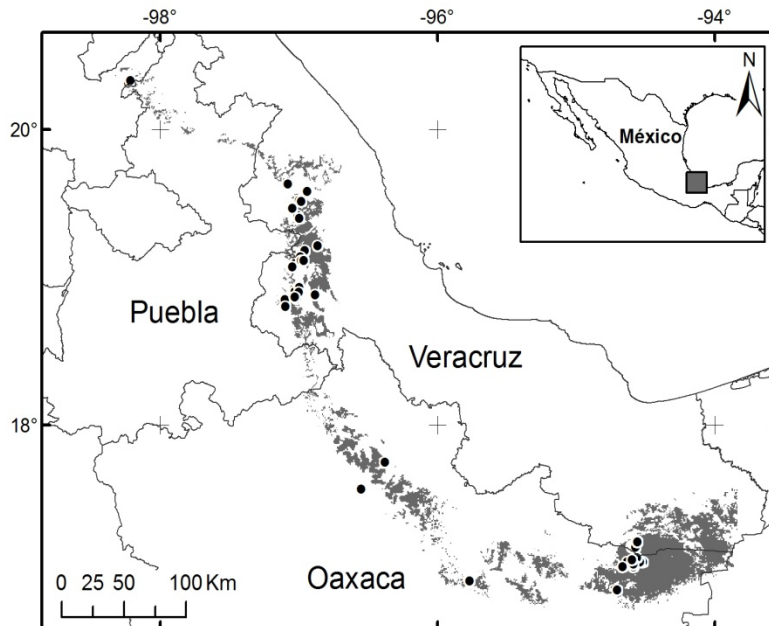


Figura 1. Ámbito general de distribución de *Craugastor berkenbuschii*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 63 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

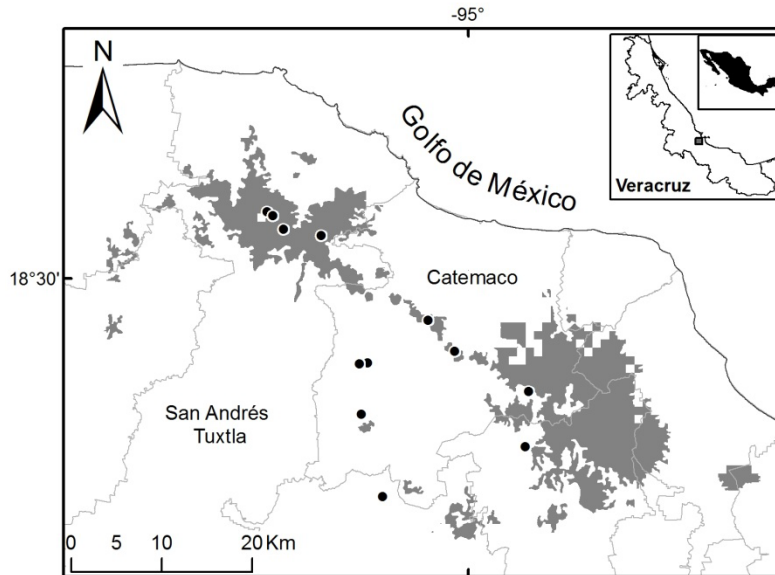


Figura 2. Ámbito general de distribución de *Craugastor megalotympanum*. Los círculos negros indican las 12 localidades con registros y el área gris muestra la distribución potencial actual.

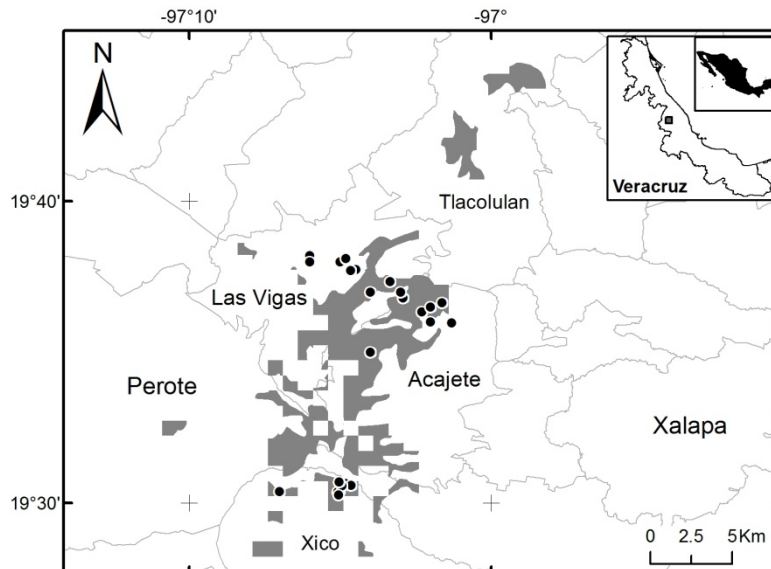


Figura 3. Ámbito general de distribución de *Chiropterotriton lavae*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 28 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

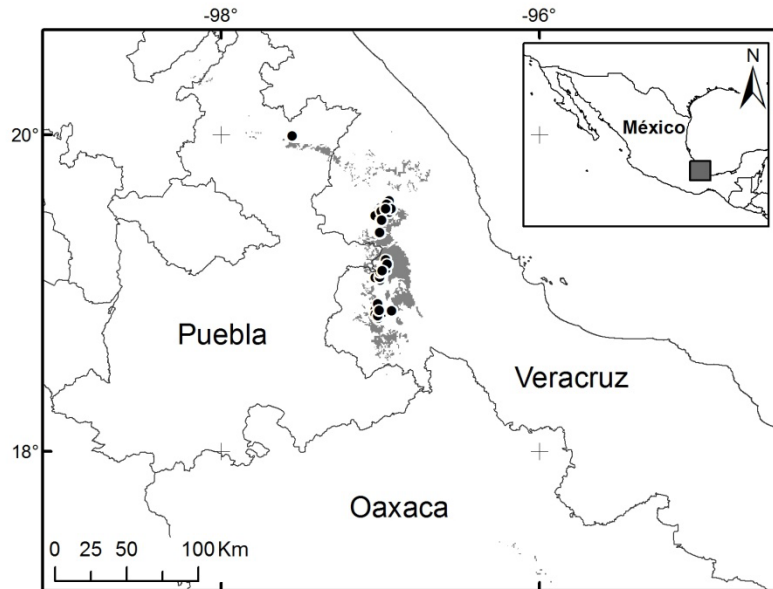


Figura 4. Ámbito general de distribución de *Parvimolge townsendi*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 203 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

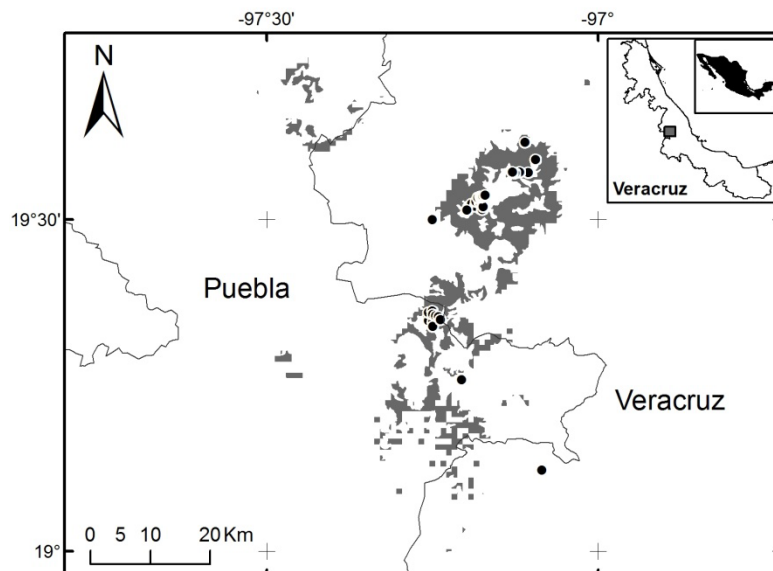


Figura 5. Ámbito general de distribución de *Pseudoeurycea melanomolga*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 35 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

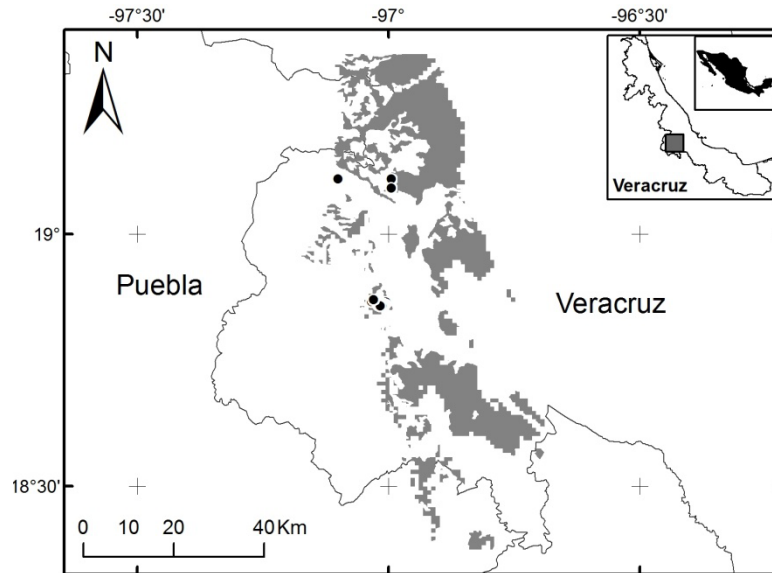


Figura 6. Ámbito general de distribución de *Pseudoeurycea nigromaculata*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 15 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

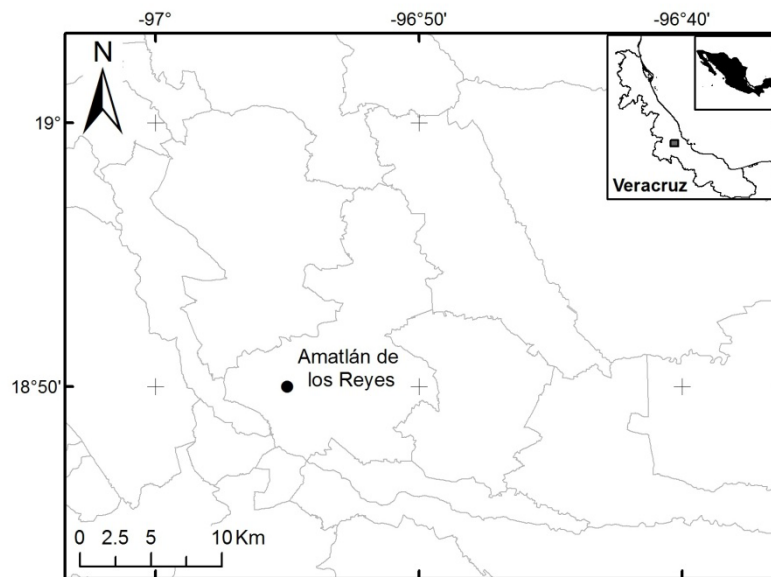


Figura 7. Localidad única con registro de *Pseudoeurycea praecellens* (círculo negro).

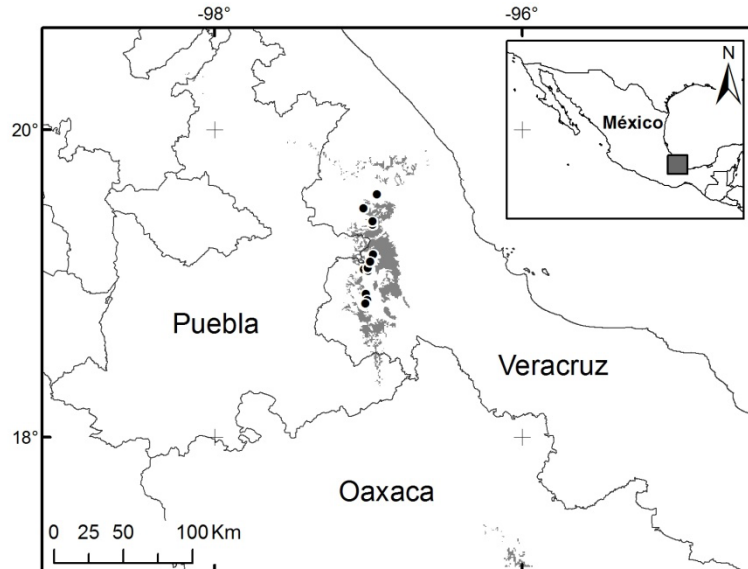


Figura 8. Ámbito general de distribución de *Thorius pennatulus*. Los círculos negros denotan una o más localidades con registros (en total 28 localidades) y el área gris muestra la distribución potencial actual.

En total se generaron 35 imágenes digitales de ejemplares que corresponden a siete de las ocho especies originalmente propuestas. Debido a que no se encontró en campo un solo ejemplar de *Pseudoeurycea praezellens* y hasta donde se sabe, tampoco existen ejemplares en cautiverio, no fue posible obtener imágenes de esta especie. En lugar de ello, se entregaron fotografías del hábitat de las especies estudiadas.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que en la región estudiada, siete de las ocho especies mantienen poblaciones en las cuales la abundancia de individuos es notablemente variable. La distribución espacial de todas las especies es restringida y fragmentada, aunque la extensión del área varía marcadamente entre especies. Asimismo, con la información actualizada generada en este estudio se reconoce que el nivel de riesgo de extinción de todas las especies examinadas aumento con relación al indicado en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

No en todas las localidades históricas se confirmó la presencia de las especies estudiadas, lo cual sugiere que en tales localidades pudo existir una extinción local o extirpación. Sin embargo, para confirmar este hecho es necesario aumentar el esfuerzo de búsqueda pues de haberse reducido drásticamente el tamaño poblacional, aumenta la dificultad de detección de los individuos de tales especies. Por otro lado, prácticamente con todas las especies, a excepción de *P. praezellens*, y siguiendo los criterios usados en este estudio, se encontraron localidades donde no había registros previos. Esto sugiere que existen más localidades no exploradas, o no exploradas exhaustivamente, donde aún existen poblaciones de las especies en riesgo. En este sentido, es necesario más trabajo de campo, particularmente en aquellos sitios de difícil acceso donde aun hay masas forestales, pues estos podrían actuar como refugio de las especies estudiadas y otras que también se encuentran en situación de riesgo. Asimismo, es necesario llevar a cabo búsquedas en distintos momentos del año, incluso, en distintos años pues la compleja dinámica poblacional de muchas especies de anfibios hace que su detección sea difícil (Semlitsch 2003), particularmente de aquellas especies en las que se haya reducido el tamaño de sus poblaciones.

El análisis de la abundancia registrada de cada especie, su distribución espacial, el tipo de amenazas que enfrentan, sus atributos biológicos y las características de su hábitat, sugiere que si bien seis de estas especies se incluyen en la categoría "En peligro de extinción" (ver Cuadro 2) el nivel de susceptibilidad a la extinción es distinto, siendo al parecer *Pseudourycea nigromaculata* y *Thorius pennatulus* las más susceptibles a la desaparición (con la puntuación más alta).

El caso de *Pseudoeurycea praezellens*, considerada como "Probablemente extinta en vida silvestre" (o quizá extinta) merece analizarse con detenimiento, pues prácticamente desde que se describió la especie a mediados del siglo pasado y cuyo ejemplar tipo era además un juvenil, no se ha vuelto a encontrar. La localidad del ejemplar tipo (Hacienda El Potrero, cerca de Córdoba Veracruz) ha sido completamente transformada en campos agrícolas y asentamientos humanos. Las posibilidades de que aun persista la especie en ese lugar son remotas. Sin embargo, algunos sitios cercanos con bosque, tanto al norte como al sur, fueron visitados para buscar ahí a la especie, aunque no fue encontrada. Por lo tanto, dada la aparente rareza natural de la especie (por distribución, por abundancia y por hábitat) es necesario un esfuerzo de búsqueda aun mayor para intentar registrarla, antes de declararla extinta. Cabe resaltar que la categoría asignada en este trabajo (Probablemente extinta en medio silvestre) es la que más se aproxima a lo observado, pero la categoría apropiada debería de ser "Probablemente extinta" porque ni en medio silvestre y hasta donde se tiene información, ni en colecciones vivas, se encuentra la

especie. Tanto en el MER como en la NOM-059 debería de incluirse la categoría antes mencionada.

Algunas acciones para conservar las especies estudiadas se relacionan directamente con el mantenimiento de los fragmentos de bosque que aún persisten en la región. El estado de Veracruz ha enfrentado una extensa y continua transformación de sus ambientes originales, de hecho se señala que el 95% de la vegetación original ha sido modificada, incluyendo el bosque mesófilo (Castillo-Campos et al 2011; Toledo-Aceves et al. 2011). Un conjunto de áreas boscosas lo menos perturbadas posibles podrían, de manera colectiva, mantener las poblaciones de las especies estudiadas y otras en situación de riesgo. Sería un esquema semejante al denominado reservas archipiélago propuesto por Halffter (2005) donde se conjugan áreas protegidas bajo distintos regímenes de propiedad: privadas, comunales, estatales e incluso federales. Asimismo, sería recomendable conectar dichos fragmentos con remanentes de vegetación ribereña, ya que pueden mantener algunas especies de anfibios en paisajes muy transformados como los que existen en la región de estudio (Rodríguez-Mendoza y Pineda 2010; Tobar 2012). La promoción de agroecosistemas como los cafetales con sombra puede también ser un complemento, junto con los fragmentos de bosque, para mantener el conjunto de especies de anfibios incluyendo algunas en riesgo, como se ha demostrado en la zona de estudio y en otras regiones (Perfecto y Armbrecht 2003; Pineda y Halffter 2004).

Además de la pérdida de hábitat, una amenaza confirmada en la región de estudio es el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis*, que aunque no se evaluó en este estudio, se ha demostrado que está presente en el área desde hace por los menos 40 años (Rovito et al. 2009), por lo que es necesario hacer evaluaciones periódicas a la anfibiofauna de la zona de estudio.

Finalmente, los resultados de este estudio resaltan la importancia de llevar a cabo búsquedas recientes y exhaustivas de especies en situación de riesgo para tener un mejor panorama de su nivel de riesgo y con ello adoptar las medidas apropiadas para su protección.

Productos colaterales

Derivado del apoyo a este proyecto, se generaron dos tesis, una de maestría desarrollada por Adriana Sandoval Comte en el Posgrado del Instituto de Ecología, A.C. y una de licenciatura, elaborada por Aldo Yacotú Baroja, de la Escuela de Biología de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Asimismo, se generó un artículo científico derivado de la tesis de maestría de Adriana Sandoval, el cual se anexa con la documentación enviada en este informe final. En todos los casos se reconoce el apoyo de la CONABIO y se indica la clave del proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer a Flor Vázquez Corzas, José Luis Carrillo, Ricardo Luría Manzano, Aldo Yacotú Baroja y Ruth Reyna Calderón por su apoyo en campo. Al Instituto de Ecología, A.C. por las facilidades otorgadas para realizar este trabajo y a la Dirección General de Vida Silvestre (SEMARNAT) por otorgar el permiso de colecta (SGPA/DGVS/03665/06).

LITERATURA CITADA

- Castillo-Campos, G., Avendaño S. & Medina M.E. 2011. Flora y vegetación. En: La Biodiversidad en Veracruz, estudio de estado vol.1. (ed. Cruz-Angón et al.). CONABIO, Gobierno de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México, pp. 163-180.
- Ceballos G., Díaz P.E., Espinosa H., Flores-Villela O., García A., Martínez L., Martínez-Meyer E., Navarro A., Ochoa L. & Salazar I. 2009. Zonas críticas y de alto riesgo para la conservación de la biodiversidad de México. En: Capital Natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 575-600.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2009. Convocatoria para proyectos enfocados al conocimiento integral de la situación de las especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2001 y de especies prioritarias. <http://www.conabio.gob.mx/web/proyectos/pdf/cerradas/ConvocNOMPriorit09.pdf> (consultado en agosto de 2013).
- Halffter G. 2005. Towards a culture of biodiversity conservation. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), 21: 133-153.
- Heyer W.R., Donnelly M.A., McDiarmid R.W., Hayek L.A.C. & Foster M.S. 1994. *Measuring and Monitoring Biological Diversity. Standard Methods for Amphibians*. Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 364 pp.
- Hijmans R.J., Cameron S.E. & Parra J.L. 2010. Worldclim Available: <http://biogeو.berkeley.edu/worldclim/worldclim.htm>, Version 1.4. Consultado el 17 de agosto de 2010.
- Korhonen L., Korhonen K.T., Rautiainen M. & Stenberg P. 2006. Estimation of forest canopy cover: A comparison of field measurement techniques. *Silva Fenn*, 40: 577-588.
- Lips K.R., Burrowes P.A., Mendelson J.R. III & Parra-Olea G. 2005. Amphibian population declines in Latin America: A synthesis. *Biotropica*, 37: 222-226.
- Ochoa-Ochoa L.M., Bezaury-Creel J.E., Vázquez L.B. & Flores-Villela O. 2011. Choosing the survivors? A GIS-based triage support tool for micro-endemics: Application to data for Mexican amphibians. *Biological Conservation*, 144: 2710-2718.

- Parra-Olea G., Wake D., Hanken J. & García-París M. 2008. *Parvimolge townsendi*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de septiembre de 2012.
- Parra-Olea G., Wake D., Raffaelli J. & Hanken J. 2008. *Thorius pennatulus*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de septiembre de 2012.
- Perfecto I. & Armbrecht I. 2003. The Coffee Agrosystem in the Neotropics: Combining Ecological and Economic Goals. En: Tropical Agrosystems. CRC Press: Washington, D.C., pp. 157-192.
- Pineda E. & Halffter G. 2004. Species diversity and habitat fragmentation: frogs in a tropical montane landscape in Mexico. *Biological Conservation*, 117: 499-508.
- Raffaëlli J. 2007. Les Urodèles du monde. Francia. Penclen edition, 377 pp.
- Rasband W.S. 1997. ImageJ U.S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, Available: <http://imagej.nih.gov/ij>, Versión 1.43.
- Ricketts T.H., Dinerstein E., Boucher T., Brooks T.M., Butchart S.H.M., Hoffmann M., Lamoreux J.F., Morrison J., Parr M., Pilgrim J.D., Rodrigues A.S.L., Sechrest W., Wallace G.E., Berlin K., Bielby J., Burgess N.D., Church D.R., Cox N., Knox D., Loucks C., Luck G.W., Master L.L., Moore R., Naidoo R., Ridgely R., Schatz G.E., Shire G., Strand H., Wettengel W. & Wikramanayake E. 2005. Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of National Academy of Science*, 102: 18497-18501.
- Rodríguez-Mendoza C.A. & Pineda E. 2010. Importance of riparian remnants for frog species diversity in a highly fragmented rainforest. *Biology Letters*, 6: 781-784.
- Rovito S.M., Parra-Olea G., Vasquez-Almazan C.R., Papenfuss T.J. & Wake D.B. 2009. Dramatic declines in neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106: 3231-3236.
- Santos-Barrera G. & Flores-Villela O. 2004a. *Craugastor berkenbuschii*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de septiembre de 2012.
- Santos-Barrera G. & Flores-Villela O. 2004b. *Craugastor megalotympanum*. En: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <www.iucnredlist.org>. Consultada el 10 de septiembre de 2012.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental, especies nativas de México de flora y fauna silvestres, categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio, y lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, 30 de diciembre de 2010.
- Semlitsch R. D. 2003. *Amphibian Conservation*. Smithsonian Books: Washington, D.C., 336 pp.

- Stuart S.N., Chanson J.S., Cox N.A., Young B.E., Rodrigues A.S.L., Fischman D.L. & Waller R.W. 2004. Status and trends of amphibian declines and extinctions worldwide. *Science*, 306: 1783-1786.
- Tobar Suárez C. 2012. Anfibios y remanentes riparios: Análisis de la diversidad funcional y de especies en un paisaje tropical de montaña de México. Tesis de maestría. Posgrado del Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, Veracruz, México.
- Toledo-Aceves T., Meave J.A., Gonzalez-Espinosa M. & Ramirez-Marcial N. 2011. Tropical montane cloud forests: current threats and opportunities for their conservation and sustainable management in Mexico. *Journal of Environmental Management*, 92: 974-981.