

Ubicación de la información del MER de *Thorius pennatulus* de acuerdo a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Este documento fue elaborado siguiendo la “Guía para la ubicación de la información en la evaluación del riesgo de extinción de una especie silvestre de acuerdo a lo establecido en la NOM-059-SEMARNAT-2001, Numeral 5.7” (Sánchez, *et al.* 2007, Recuadro 2, p. 27). Por lo que se presenta la siguiente tabla índice para facilitar la localización de la información requerida de acuerdo al numeral 5.7 de la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Numeral	Descripción	Página (s)	
5.7.1	Datos del proponente	Nombre, domicilio, teléfono, fax, correo electrónico e Institución	1
5.7.2.	Nombre científico válido	a) Nombre científico válido b) Sinónimos c) Nombres comunes d) Motivos específicos de la propuesta	1-3
5.7.3.	Mapa	Dentro de Criterio A, Anexo Normativo I o II	4
5.7.4	Justificación técnica científica de la propuesta	a) Análisis diagnóstico del estado actual que presentan la población o especie y su hábitat	5-7
		b) Relevancia ecológica, taxonómica, cultural y económica, en su caso.	8
		c) Factores de riesgo reales y potenciales para la especie o población	7
		d) Análisis pronóstico de la tendencia actualizada de la especie o población	7-8
		e) Consecuencias indirectas de la propuesta	8-9
		f) Análisis de costos	9
		g) Análisis de beneficios	9-10
		h) Medidas de seguimiento	8-9
5.7.5.	Anexo Normativo I ó II	Criterio A	3-5
		Criterio B	5-6
		Criterio C	6-7
		Criterio D	7-8
Especies de la categoría probablemente extinta en el medio silvestre (E)	Numeral 5.7.4	a) Análisis diagnóstico del estado actual que presentan la población o especie y su hábitat	NA
		b) Relevancia ecológica, taxonómica, cultural y económica, en su caso.	NA
		h) Medidas de seguimiento	NA
		Documentación del esfuerzo de búsqueda de la especie.	NA

MÉTODO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO DE EXTINCIÓN DE *Thorius pennatulus*

1. DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE (Numeral 5.7.1)

Dr. Eduardo Octavio Pineda Arredondo.
Red de Biología y Conservación de Vertebrados.
Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91070, México.
Tel. (228)8421800 ext. 4110.
Correo electrónico: eduardo.pineda@inecol.mx

M. en C. Adriana Sandoval Comte
Red de Biología y Conservación de Vertebrados.
Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91070, México.
Tel. (228)8421800 ext. 4110.
Correo electrónico: a.s.comte@gmail.com

M. en C. José Luis Aguilar López
Red de Biología y Conservación de Vertebrados.
Instituto de Ecología, A.C.
Carretera antigua a Coatepec 351, El Haya, Xalapa, Veracruz, 91070, México.
Tel. (228)8421800 ext. 4110.
Correo electrónico: jlal.herp@gmail.com

2. NOMBRE CIENTÍFICO VÁLIDO CITANDO LA AUTORIDAD TAXONÓMICA (Numeral 5.7.2)

Thorius pennatulus Cope, 1869

Thorius pennatulus Cope, 1869, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 21: 111. Sintipos: Originalmente USNM 6341 (7 especímenes), ahora perdidos; USNM 111017 designado neotipo por Taylor, 1941, *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 27: 107; Malnate, 1971, *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 123: 348, consideró ANSP 1269 como un sintipo sobreviviente, poniendo la designación del neotipo en duda. Localidad tipo: "Orizava, Mexico"; probablemente cerca de la ciudad de Orizava, Veracruz, México, de acuerdo con Taylor y Smith, 1945, *Proc. U.S. Natl. Mus.*, 95: 534; Taylor, 1940 "1939", *Univ. Kansas Sci. Bull.*, 26: 414. Ubicado en la lista oficial de Nombres Específicos en Zoología por Opinión 1605, Anónimo, 1990, *Bull. Zool. Nomencl.*, 47: 168.

NOMBRES CIENTÍFICOS SINÓNIMOS (Numeral 5.7.2)

Fuente: Frost D.R. (2013) Amphibian Species of the World V 5.6 (American Museum of Natural History).

- *Thorius pennatulus* Cope, 1869, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 21: 111. Sintipos: Originalmente USNM 6341 (7 especímenes), ahora perdidos; USNM 111017 designado neotipo por Taylor, 1941, Univ. Kansas Sci. Bull., 27: 107; Malnate, 1971, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 123: 348, consideró ANSP 1269 como un sintipo sobreviviente, poniendo la designación del neotipo en duda. Localidad tipo: "Orizaba, Mexico"; probablemente cerca de la ciudad de Orizaba, Veracruz, México, de acuerdo con Taylor y Smith, 1945, Proc. U.S. Natl. Mus., 95: 534; Taylor, 1940 "1939", Univ. Kansas Sci. Bull., 26: 414. Ubicado en la Lista Oficial de Nombres Específicos en Zoología por Opinión 1605, Anónimo, 1990, Bull. Zool. Nomencl., 47: 168.
- *Thorius pennatribus* Anonymous, 1869, Am. Nat., 3: 222. (El autor fue Cope, evidentemente.) Tipos no establecidos; ANSP 1269 considerado como "cotipo" por Fowler y Dunn, 1917, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 69: 21. Localidad tipo no establecida. Dada como "Orizaba, Mexico" por Fowler y Dunn, 1917, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 69: 21. Esta publicación anónima (actualmente Cope, de acuerdo con Cope, 1869, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 21: 111) citó "formalmente" una descripción subsecuente con diferente nombre.
- *Spelerpes minimus* Wiedersheim, 1877, Morphol. Jahrb., 3: 544. Sintipos: No establecidos o que se conozca que existen. Localidad tipo: No establecida; dada como "Veracruz", México, por Brame, 1972, Checklist Living & Fossil Salamand. World (Unpubl. MS): 302. Sinónimo tentativo propuesto por Dunn, 1926, Salamanders Fam. Plethodontidae: 374.
- *Thorius pinnatulus* Sumichrast, 1882, Naturaleza, Ser. 2, 1: 79. Ortografía incorrecta.
- *Thorius pennatribus* Fowler and Dunn, 1917, Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 69: 21.
- *Oedipus pennatulus* Dunn, 1922, Proc. Biol. Soc. Washington, 35: 5.
- *Thorius pennatulus* Taylor, 1941, Univ. Kansas Sci. Bull., 27: 107. Hanken y Wake, 1998, Copeia, 1998: 312-345.
- *Thorius pennatulus pennatulus* Shannon y Werler, 1955, Trans. Kansas Acad. Sci., 58: 364.

NOMBRES COMUNES (Numeral 5.7.2)

- Salamandra pigmea veracruzana. Nombre común indicado por Liner y Casas-Andreu (2008).
- Veracruz Pigmy Salamander (*Thorius pennatulus*). Inglés. Nombre designado en ese idioma por Frank y Ramus (1995).
- Volcan Orizaba Pigmy Salamander (*Thorius pennatulus pennatulus*). Inglés. Nombre designado por Liner (1994) en ese idioma pero ya no se usa actualmente.



Ejemplar de *Thorius pennatulus* registrado en bosque de niebla, en el centro de Veracruz.

3. MOTIVO DE LA PROPUESTA (Numeral 5.7.2)

Este taxón aparece en la lista de especies silvestres de la NOM-059-SEMARNAT-2010 como *Sujeta a protección especial* y el resultado de la evaluación del MER la asigna como *En peligro de extinción*. El puntaje total obtenido fue de 14 puntos, derivado de la suma 4 + 3 + 3 + 4, correspondiente a los criterios A, B, C y D, respectivamente.

4. MER

CRITERIO A. AMPLITUD DE LA DISTRIBUCIÓN DEL TAXÓN EN MÉXICO

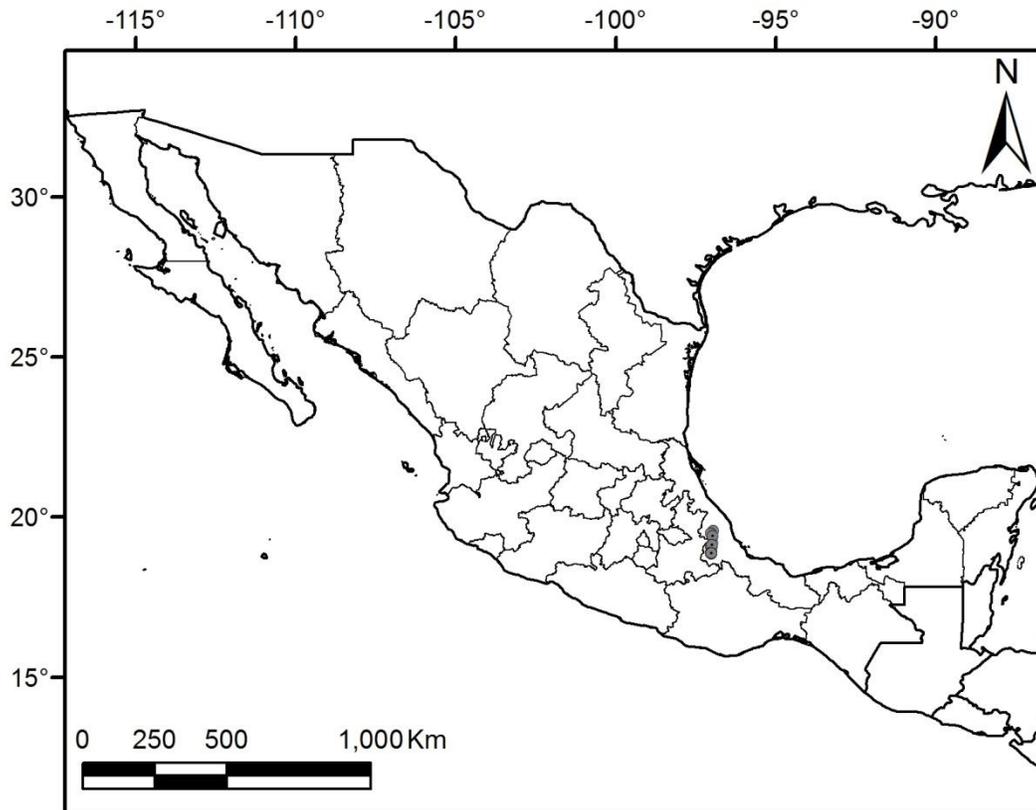
DESCRIPCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN

El ámbito de distribución de *T. pennatulus*, especie endémica de México, se circunscribe a las montañas del centro de Veracruz. La presente descripción se hace con base en los registros históricos depositados en colecciones, la literatura especializada (Hanken y Wake 1998; Raffaelli 2007; Sandoval-Comte et al. 2012) y los registros generados en el proyecto HK006. Todas las localidades con registros se ubican en una franja altitudinal entre los 800 y casi 2000 msnm, la cual corre paralela a la vertiente orientada hacia el Golfo de México, entre los paralelos 19.6° y 18.8 ° N aproximadamente. Su distribución espacial puede considerarse restringida y fragmentada.

MÉTODO DE ELABORACIÓN DEL MAPA

En el mapa se ilustran aquellas localidades con registros de *Thorius pennatulus* depositados en colecciones científicas, de literatura especializada y los generados en el proyecto HK006 "Situación actual de ocho especies de anfibios en categoría de riesgo en Veracruz". Se incluyen registros tanto históricos como actuales para mostrar la distribución conocida de la especie. Todos los

registros, con coordenadas geográficas, están depositados en la base de datos del Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad, en la CONABIO.

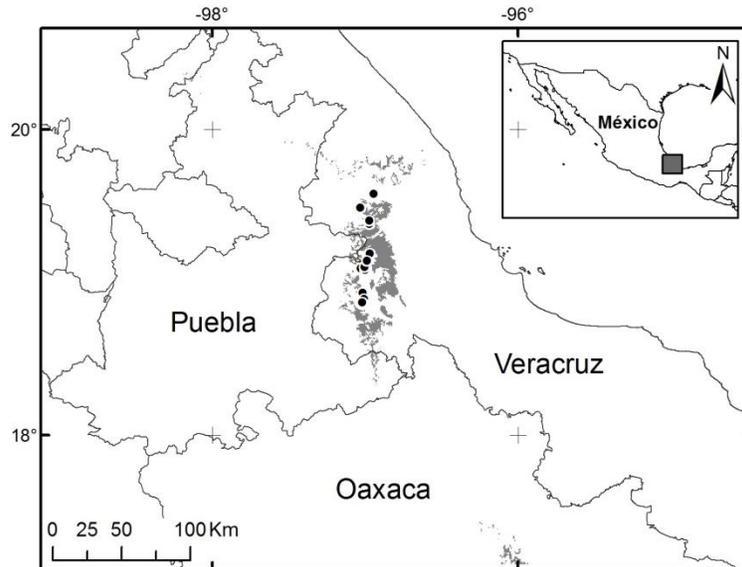


Ámbito general de distribución de *Thorius pennatulus*. Los círculos grises ilustran las localidades con registros. (Numeral 5.7.3)

EVALUACIÓN DEL TAMAÑO RELATIVO DE LA DISTRIBUCIÓN

El conocimiento sobre la ubicación de las localidades donde se ha registrado a la especie permitió elaborar un polígono aproximado del área de extensión de la presencia, aunque es pertinente señalar que la especie no necesariamente ocupa toda el área estimada. Para generar dicho polígono, inicialmente se elaboró un modelo de distribución potencial actual, con base en la aproximación teórica-metodológica de idoneidad de hábitat o modelo de nicho, en el cual se usaron todas las localidades de colecta conocidas y se relacionaron con las variables bioclimáticas de WorldClim (Hijmans et al. 2010). El modelo fue generado con el programa MAXENT versión 3.3.3a (Phillips et al. 2009) seleccionando el valor mínimo de presencia sugerido por el programa. Posteriormente, el modelo inicial se recortó usando mapas de vegetación de la región (Castillo-Campos et al. 2011; INEGI 2005) 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 el programa ArcView 3.2 (ESRI 1998).

Finalmente, el área de distribución potencial actual de *T. pennatulus* se estimó en aproximadamente 1713 km², lo que representa alrededor del 0.09 % del territorio de México. Por lo tanto, atendiendo el criterio A del MER se le consideró una especie con distribución muy restringida, lo cual corresponde a 4 puntos.



Detalle del ámbito general de distribución de *Thorius pennatulus*. Se ilustran las localidades con registros (círculos negros) y la distribución potencial actual (área gris).

CRITERIO B. ESTADO DEL HÁBITAT CON RESPECTO AL DESARROLLO NATURAL DEL TAXÓN

ANTECEDENTES (TIPO DE HÁBITAT QUE LA ESPECIE OCUPA) (Numeral 5.7.4, a)

Los climas con los que se asocia la presencia de *Thorius pennatulus* son semicálido húmedo con lluvias todo el año y semicálido húmedo con lluvias entre verano e invierno. Esta información se deriva de la relación entre las localidades donde se ha registrado a la especie y la carta climática de México, basada en el sistema de clasificación climática de Köppen, modificado por García (García y CONABIO 1998). El tipo de vegetación donde se ha registrado al taxón es bosque de niebla o bosque mesófilo de montaña y al parecer agrosistemas como cafetales con sombra entre los cuales se cultivan plantas de plátano. *Thorius pennatulus* es una especie de hábitos terrestres que se puede encontrar preferentemente entre la hojarasca del bosque, aunque también bajo rocas, sobre musgo o debajo de hojarasca de árboles de plátano (Hanken y Wake 1998; Sandoval-Comte et al. 2012).

ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DEL HÁBITAT (Numeral 5.7.4, a)

La mayor parte del área de bosque donde la especie se distribuye ha enfrentado una severa transformación, principalmente por conversión hacia campos de cultivo, minería (en los alrededores de Cuautlapan, en el extremo sur de su distribución) o asentamientos humanos (Castillo-Campos et al. 2011). Actualmente, existen algunos fragmentos de bosque en la región que persisten en cañadas y en algunas reservas naturales, de carácter estatal, municipal, ejidal, o particular. Por otro lado, en varios sitios donde históricamente se han registrado poblaciones de la especie, no se encontraron individuos pese a reiteradas búsquedas entre 2010 y 2012. Un factor estocástico que pudiese afectar a la especie son los huracanes, comunes en la región, los cuales pueden afectar la dinámica de ríos de respuesta rápida, como los que existen en la zona montañosa donde la especie está presente.

EVALUACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DEL HÁBITAT CON RESPECTO A LAS NECESIDADES NATURALES DEL TAXÓN (Numeral 5.7.4, a)

En todos los fragmentos de bosque donde se detectó a la especie entre 2010 y 2011 (Proyecto HK006) había pocas señales de disturbio como tala y desechos sólidos (aunque escasos). El hecho de encontrar individuos de *T. pennatulus* actualmente sólo en fragmentos de bosque con disturbio moderado y muy pocos individuos en el pasado en sitios con árboles de plátano (Hanken y Wake 1998), sugiere que hay poca resiliencia por parte de la especie ante el disturbio. En ese sentido, el estado actual del hábitat de esta salamandra con relación a sus requerimientos podría considerarse como muy limitante. En consecuencia, la calificación asignada en el criterio B del MER fue de 3 puntos.

CRITERIO C. VULNERABILIDAD BIOLÓGICA INTRÍNSECA DEL TAXÓN

ANTECEDENTES DE LA ESPECIE (HISTORIA DE VIDA) (Numeral 5.7.4, a)

Thorius pennatulus es una salamandra diminuta, con poca vagilidad, de hábitos terrestres que preferentemente se le encuentra entre la hojarasca del bosque (Hanken y Wake 1998; Sandoval-Comte et al. 2012). La especie pertenece a un grupo de caudados que carecen de pulmones, por lo que su respiración es cutánea y bucofaríngea, lo cual implica que la piel debe estar lo suficientemente húmeda para permitir el intercambio gaseoso (Wake y Lynch 1976; Wake 1987). Asimismo, su modo reproductivo es mediante desarrollo directo, la etapa larvaria no pasa por una fase acuática de vida libre y los juveniles eclosionan con apariencia semejante a los adultos. Aunque en el pasado esta especie era considerado como abundante (Raffaelli 2007), actualmente pese a poco más de 670 horas-persona de búsqueda en 22 localidades de la región, sólo se detectaron 13 individuos (Sandoval-Comte et al. 2012).

ANÁLISIS DIAGNÓSTICO DE LA ESPECIE Y DESCRIPCIÓN DE CÓMO SE OBTUVO DICHA DIAGNOSIS (Numeral 5.7.4, a)

Hace poco más de una década se alertaba ya sobre la tendencia decreciente de las poblaciones de esta y otras especies de salamandras de la región (Parra-Olea et al. 1999; Rafaelli 2007; Stuart et al. 2008; Rovito et al. 2009; Sandoval-Comte et al. 2012). La diagnosis del estado del taxón que aquí se presenta considera la información de los autores antes mencionados y se complementa con la revisión de la descripción original de la especie, el análisis de los registros históricos, la visita a algunos sitios históricos de colecta, la verificación de su presencia o ausencia actual en dichos sitios, y en algunas nuevas localidades, así como en la evaluación en campo de las condiciones del hábitat.

EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD (Numeral 5.7.4, c)

La transformación antropogénica de los bosques donde la especie habita implica cambios en las condiciones que regulan o están asociadas con el desarrollo, sobrevivencia y posiblemente la reproducción de los individuos de la especie. Dado su carácter exotérmico, que este grupo de salamandras tienen respiración vía cutánea y bucofaríngea (Wake y Lynch 1976; Wake 1987) y que su modo reproductivo es por desarrollo directo (los huevos no están inmersos en el agua), los incrementos en la temperatura atmosférica y las reducciones en la humedad relativa del ambiente, como consecuencia de la apertura del bosque podrían inducir a los individuos a estrés fisiológico, afectando algún proceso como la termorregulación, el intercambio gaseoso o desecando las puestas. Asimismo, su reducida vagilidad implica una capacidad muy limitada para desplazarse a lo largo del paisaje en busca de espacios o ambientes apropiados, principalmente cuando su hábitat está siendo transformado severamente.

Con base en los elementos anteriores, la vulnerabilidad intrínseca de esta especie fue considerada alta, lo cual implica una asignación de 3 puntos en el criterio C del MER.

CRITERIO D. IMPACTO DE LA ACTIVIDAD HUMANA SOBRE EL TAXÓN

FACTORES DE RIESGO REALES Y POTENCIALES CON IMPORTANCIA RELATIVA DE CADA UNO DE ELLOS (Numeral 5.7.4, c)

La pérdida del hábitat puede ser considerada la principal amenaza para *T. pennatulus*. La conversión del bosque generalmente es con fines agropecuarios y en menor medida para infraestructura, asentamientos humanos y minería. Asimismo, el hongo patógeno *Batrachochytrium dendrobatidis* u hongo quitridio puede considerarse también otra amenaza real para la especie, pues se ha confirmado que ejemplares de esta especie colectados en la década de 1970 portaban ya el patógeno (Cheng et al. 2011).

ANÁLISIS PRONÓSTICO DE LA TENDENCIA ACTUALIZADA DE LA ESPECIE (Numeral 5.7.4, d)

Al comparar la gran cantidad de registros históricos de esta especie con los pocos registros que se han detectado en los últimos años, es posible suponer que ha habido una disminución drástica de

sus poblaciones. En caso de que los factores que ponen en riesgo a esta salamandra continúen con la misma tendencia actual, las pocas poblaciones que habitan en la región podrían disminuir aún más su tamaño o incluso desaparecer. Asimismo, es posible pronosticar una reducción drástica de la variabilidad genética. En esta salamandra ya se ha registrado al hongo quitridio desde hace cuatro décadas y la susceptibilidad a este y otros patógenos podría incrementarse dado el estrés fisiológico que al que se someten animales altamente sensible, cómo esta especie, ante la alteración del hábitat original.

Tomando como base los elementos anteriores, la muy baja abundancia encontrada durante el desarrollo del proyecto HK006 en pocos fragmentos de bosque, así como el no encontrar individuos en localidades históricas y los riesgos reales afrontados por la especie, el impacto puede considerarse alto, por lo que corresponde asignarle 3 puntos en el criterio D del MER.

VALOR ASIGNADO TOTAL DEL MER

Con base en la suma de los valores asignados en cada criterio: A=4, B=3, C=3 y D=4, el resultado total es de 14 puntos, lo cual corresponde a la categoría "En peligro de extinción" de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010.

5. RELEVANCIA DE LA ESPECIE (Numeral 5.7.4, b)

Desde un punto de vista evolutivo, la especie es una de las más pequeñas del mundo y en general todo el género al que pertenece, han enfrentado un proceso de miniaturización que amerita estudiarse con mayor profundidad. La percepción de esta salamandra por parte de las personas y en general la percepción sobre las salamandras en la región, es negativa. Existe la falsa creencia de que dichos animales pueden introducirse en los órganos sexuales femeninos, lo cual genera que tales anfibios sean exterminados de manera inmediata.

6. CONSECUENCIAS DE LA PROPUESTA Y MEDIDAS DE SEGUIMIENTO (RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA ESPECIE) (Numeral 5.7.4, e, h)

La especie no está presente en ningún área natural protegida federal, pero si en reservas ya sea de carácter estatal, municipal, ejidal o privadas. Fuera de este contexto, no existen acciones regulatorias vigentes directamente relacionadas con la problemática identificada de la especie. Es imprescindible apoyar el buen funcionamiento de dichas reservas, así como proteger de manera efectiva el conjunto de fragmentos de bosque que aún persisten en la región. Sería recomendable conectar los fragmentos de la región con corredores ribereños, cafetales con sombra o incluso con bosques restaurados. Con ello, En este sentido, se promovería la permanencia de las poblaciones en los pocos fragmentos de bosque que existen en la región y se facilitaría la conectividad entre poblaciones. Debido a que en esta especie ya se ha reportado la infección por parte del quitridio, es necesario evaluar la prevalencia en las poblaciones actuales y de ser posible, su impacto real. La divulgación sobre la fauna de anfibios existente en la región, su problemática actual y su singularidad a nivel nacional y mundial, podría ayudar a que los habitantes de la zona conozcan y valoren la riqueza de anfibios con la que coexisten. Asimismo, es necesario hacer un seguimiento

temporal del tamaño y distribución de las poblaciones conocidas en su ámbito geográfico, así como buscar otras poblaciones en sitios con ambientes similares (distribución potencial actual) que aún no han sido explorados o no suficientemente, lo cual redundaría en un mejor conocimiento sobre el taxón y en mayores oportunidades para su conservación.

F. Análisis de costos (Numeral 5.7.4, f)

1) **Costos directos: \$57,500.00 pesos**

2) **Costos indirectos:** costos derivados de acciones regulatorias relacionadas con la norma pero que se establecen en otros ordenamientos.

a) Para conocer los costos indirectos de incluir a una especie en la NOM un investigador se toma aproximadamente 20 minutos. Si el sueldo promedio mensual de un investigador es de 20,000 pesos, el costo de cumplir con este requisito está dado por: $20,000/20 \text{ días}/8 \text{ horas}/60 \text{ minutos} \times 20 \text{ minutos} = 41.66 \text{ pesos}$

b) Para conocer los beneficios derivados de incluir a una especie en la NOM un investigador se toma aproximadamente 30 minutos. Si el sueldo promedio mensual de un investigador es de 20,000 pesos, el costo de cumplir con este requisito está dado por: $20,000/20 \text{ días}/8 \text{ horas}/60 \text{ minutos} \times 30 \text{ minutos} = 62.50 \text{ pesos}$

3) **Costo total: \$57,604.16 pesos**

G. Análisis de beneficios (Numeral 5.7.4, g)

Aunque es difícil calcular el valor de una especie, enlistamos aquí la importancia, y por lo tanto el valor, que la misma juega en el ecosistema y para el hombre.

Valores de no uso

La especie tiene un valor importante desde el punto de vista evolutivo por tratarse de un grupo ampliamente diverso y que presenta un proceso de minaturización que amerita un mayor estudio. Más aún, esta especie está en gran riesgo de extinción.

c) Evidencia del valor de la especie

Christle et al. (2006) analizaron el valor de cada componente de la biodiversidad y encontraron que la sociedad valora más la protección de especies raras o amenazadas que aquellas familiares o carismáticas. En el caso de México, y de manera especial a las especies que se encuentran o ingresan a la NOM-059-SEMARNAT-2010, este valor añadido está respaldado por la aplicación del Método de Evaluación de Riesgo.

A partir de un análisis de transferencia de beneficios de los resultados publicados por Christle et al. (2006), se deriva que la sociedad mexicana en su conjunto le asignaría un valor de entre 2151 y 3974 millones de pesos por año a la protección de las especies que se daría mediante el buen funcionamiento de la NOM, con su listado y su mecanismo de actualización, así como la aplicación de la regulación asociada.

Por otro lado, un metaanálisis publicado por Nunes y van den Bergh (2001) encontró en Estados Unidos que el valor de las especies individuales va desde los \$5 a los \$126 dólares por hogar por año y la de múltiples especies va de los \$5 y \$194 dólares. Esto implica que el beneficio estimado de la protección de cada especie de la NOM, con su listado y su mecanismo de actualización, así como la aplicación de la regulación asociada, tienen un valor esperado de 1239 millones de pesos por año por especie, con un mínimo de 86 y un máximo de 4615 después de realizar un análisis de transferencia.

En resumen, además de los beneficios de uso indirecto que se mencionaron, la protección de la salamandra pigmea veracruzana tiene un beneficio en promedio de 1230 millones de pesos por año, más un valor social percibido de entre 2151 y 3974 millones de pesos.

7. RECONOCIMIENTOS

El proyecto HK006 fue financiado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

8. BIBLIOGRAFÍA (Numeral 5.7.4, i)

- Castillo-Campos G., S. Avendaño y M.E. Medina. 2011. Flora y vegetación. En: La Biodiversidad den 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.
- Cheng T.L., Rovito S.M., Wake D.B. & Vredenburg V.T. 2011. Coincident mass extirpation of neotropical amphibians with the emergence of the infectious fungal pathogen *Batrachochytrium dendrobatidis*. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 108: 9502-9507.
- Christie, M., N. Hanley, et al. 2006. Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological economics*, 58: 304-317.
- ESRI. 1998. ArcView GIS Version 3.2 Environmental Systems Research Institute, New York, USA.
- Frank, N. y E. Ramus . 1995. Complete Guide to Scientific and Common Names of Amphibians and Reptiles of the World [Pottsville, Pennsylvania]: N. G. Publishing Inc.
- Frost, D.R. 2013. Amphibian Species of the World: an Online Reference. Ver. 5.6 (09/Ene/2013). Base de datos disponible en <http://research.amnh.org/herpetology/amphibia/index.html>. American Museum of Natural History, Nueva York, EEUU.
- García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. 'Climas' (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1:1000000. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>
- Hanken J y Wake D.B. 1998. Biology of tiny animals: Systematics of the minute salamanders (Thorius: Plethodontidae) from Veracruz and Puebla, Mexico, with descriptions of five new species. *Copeia* 2: 312–345.
- Hijmans RJ, Cameron SE, Parra JL Worldclim Available: <http://biogeo.berkeley.edu/worldclim/worldclim.htm>, Version 1.4. Consultado en agosto 2010.
- INEGI. 2005. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación, Escala 1:250,000, Serie III, Continuo Nacional.
- Liner, E. A. 1994. Scientific and common names for the amphibians and reptiles of Mexico in English and Spanish. *Herpetological Circular* 23: v + 113.
- Liner, E. A. y G. Casas-Andreu. 2008. Standard Spanish, English and scientific names of the amphibians and reptiles of Mexico. *Herpetological Circular* 38: 1-162.
- Nunes, P. A. and J. C. van den Bergh. 2001. Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? *Ecological economics*, 39: 203-222.
- Parra-Olea, G., García-París, M. y Wake, D.B. 1999. Status of some populations of Mexican salamanders. *Revista de Biología Tropical*, 47: 217-223.
- Phillips, S.J., Dudík, M. y Schapire, R.E. 2009. Maximum Entropy Modeling of Species Geographic Distributions version 3.3.3a Disponible en <http://www.cs.princeton.edu/schapire/maxent/>
- Raffaëlli, J. 2007. *Les Urodèles du monde*. France: Penclen édition. 377 p.
- Rovito SM, Parra-Olea G, Vasquez-Almazan CR, Papenfuss TJ, y Wake DB. 2009. Dramatic declines in Neotropical salamander populations are an important part of the global amphibian crisis. *Proceedings of the National Academy of Science of the USA*, 106:3231-3236.
- Sandoval-Comte, A. et al. 2012. In search of critically endangered species: the current situation of two tiny salamander species in the Neotropical mountains of Mexico. *PLoS ONE*, 7(4): e34023e.
- Stuart, S.N., Hoffmann, M., Chanson, J.S., Cox, N.A., Berridge, R.J., Ramani, P., y Young, B.E. 2008. *Threatened Amphibians of the World*. Lynx Edicions, with IUCN - The World Conservation Union, Conservation International and NatureServe, Barcelona. 758pp.
- Van Rooij, P. et. al. 2011. Detection of *Batrachochytrium dendrobatidis* in Mexican Bolitoglossine Salamanders Using an Optimal Sampling Protocol. *EcoHealth* 8, 237–243.
- Wake D.B. 1987. Adaptive Radiation of Salamanders in Middle American Cloud Forests. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 74: 242-264.
- Wake D.B. y Lynch J.F. 1976. The distribution, ecology, and evolutionary history of plethodontid salamanders in tropical America. *Bull Amer Mus Nat Hist LA*, 25: 1–65.

9. RESUMEN (Numeral 5.7.4, j)

La evaluación de *Thorius pennatulus* mediante el MER y con la evidencia disponible, le otorga un valor de **14 puntos**. Esto implica que la especie confronta riesgo de extinción y que la categoría que le corresponde es *En peligro de extinción*. En este sentido, se sugiere cambiarla de la categoría *Sujeta a protección especial*, que es en la que actualmente se encuentra, a la que aquí se menciona. La situación actual de esta especie de caudados parece ser mucho más crítica que la inicialmente estimada.

Criterio A=4. Distribuida de manera muy restringida. El área de distribución potencial actual de *Thorius pennatulus*, de acuerdo con los métodos usados, es de aproximadamente 1713 km², lo que representa alrededor del 0.09 % del territorio de México.

Criterio B= 3. Estado del hábitat hostil o muy limitante. La mayor parte del área de bosque donde la especie se distribuye ha enfrentado una severa transformación, principalmente por conversión hacia campos de cultivo, minería o asentamientos humanos. Existen algunos fragmentos de bosque en la región que persisten en cañadas y en algunas reservas naturales. Por otro lado, en varios sitios donde históricamente se han registrado poblaciones de la especie, no se encontraron individuos pese a reiteradas búsquedas entre 2010 y 2012. El hecho de encontrar individuos de *T. pennatulus* actualmente sólo en fragmentos de bosque con disturbio moderado sugiere que hay poca resiliencia por parte de la especie ante el disturbio.

Criterio C= 3. Vulnerabilidad alta. *Thorius pennatulus* es una salamandra diminuta, con poca vagilidad, de hábitos terrestres que preferentemente se le encuentra entre la hojarasca del bosque. La especie carece de pulmones, por lo que su respiración es cutánea y bucofaringea, lo cual implica que la piel debe estar lo suficientemente húmeda para permitir el intercambio gaseoso. El aumento en la temperatura y la pérdida de la humedad ambiental pueden ejercer un efecto negativo sobre la fisiología de la especie. Su reducida vagilidad es una gran limitación para buscar ambientes apropiados cuando su hábitat está siendo transformado severamente.

Criterio D= 4. Impacto alto. Al comparar la gran cantidad de registros históricos de esta especie con los pocos registros que se han detectado en los últimos años, es posible suponer que ha habido una disminución drástica de las poblaciones de esta especie. En caso de que los factores que ponen en riesgo a esta salamandra continúen con la misma tendencia actual, las pocas poblaciones que habitan en la región podrían disminuir aún más su tamaño o incluso desaparecer.

Es imprescindible proteger los pocos fragmentos de bosque donde se le ha detectado. Sería recomendable conectar los fragmentos de la región con corredores ribereños, cafetales con sombra o incluso con bosques restaurados. Asimismo, es necesario hacer un seguimiento temporal de las pocas poblaciones detectadas y tratar de localizar más, en espacios ambientalmente similares a las localidades que albergan dichas poblaciones. Debido a que en esta especie ya se ha reportado la infección por parte del quitridio, es necesario evaluar la prevalencia en las poblaciones actuales y de ser posible, su impacto real.